

APLICABILIDADE DA NEUROIMAGEM NA AVALIAÇÃO DE TRAUMATISMOS CRANIANOS

APPLICABILITY OF NEUROIMAGING IN THE EVALUATION OF TRAUMATIC BRAIN INJURIES

APLICABILIDAD DE LA NEUROIMAGEN EN LA EVALUACIÓN DE TRAUMATISMOS CRANEALES

Carlos Eduardo Jucá de Oliveira¹
Ana Cássia Gonzalez dos Santos Estrela²
Antonio Jorge Ferreira Knupp³
Hygor Luiz Coelho⁴
Imara Celys Pereira Silva⁵
Julia Matos Marques Martins⁶
Leandro Stefanini da Silva⁷
Lourdes Judith Medeiros Max⁸
Luand's da Silva Gomes⁹
Maria Eduarda da Silva Moreira¹⁰
Sabrina Costa Carrizo da Silveira Azevedo¹¹
Helena Beatriz Gonçalves Pôrto¹²

RESUMO: **Introdução:** O traumatismo craniano (TC) é uma das principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo, e a neuroimagem desempenha um papel crucial em sua avaliação. Este estudo busca investigar a aplicabilidade da neuroimagem na avaliação de TC, examinando técnicas, resultados diagnósticos e impactos clínicos. **Objetivo:** O objetivo deste estudo é avaliar criticamente a eficácia da neuroimagem no diagnóstico e manejo de traumatismos cranianos, destacando sua importância no prognóstico e na tomada de decisões clínicas. **Método:** Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, abrangendo artigos publicados entre 2019 e 2024, utilizando bases de dados como PubMed e Scopus. Os estudos foram selecionados com base em critérios rigorosos de inclusão e exclusão. **Resultados:** Os achados indicam que a neuroimagem, especialmente a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, é fundamental para a identificação de lesões, com a combinação de biomarcadores potencializando a acurácia diagnóstica. Contudo, desafios permanecem, como a padronização das diretrizes de interpretação e a formação contínua de profissionais. **Conclusão:** A neuroimagem é essencial para o manejo eficaz do traumatismo craniano, proporcionando diagnósticos mais precisos e melhores desfechos clínicos. Futuros esforços devem focar na validação de diretrizes e na integração de novas tecnologias para aprimorar o cuidado ao paciente.

2618

Palavras-chave: Espectroscopia de Ressonância Magnética. Lesões Encefálicas. Neuroimagem. Tomografia Computadorizada de Emissão. Traumatismos Craniocerebrais.

¹Graduando em Medicina. UNINORTE.

²Graduanda de Medicina. Centro Universitário Serra dos Órgãos- UNIFESO.

³Mestre em Educação. Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Graduado em Biomedicina, Universidade Estácio de Sá (UNESA).

⁴Graduado em Medicina. Universidade de Santo Amaro - Campus Interlagos (UNISA).

⁵Graduanda medicina, Centro Universitário Cesmac (CESMAC).

⁶Graduando em Medicina. Universidade de Rio Verde - Campus Formosa (UNIRV).

⁷Graduando em Odontologia. FHO-UNIARARAS.

⁸Graduada em medicina. Pos-graduada em Radiologia e Diagnóstico por imagem no Hospital Santa casa de Misericórdia no RJ. Faculdade: Unic- Universidade de Cuiabá.

⁹Graduando em medicina. Centro Universitário Cesmac (Cesmac).

¹⁰Graduanda em Medicina. Universidade de Rio Verde - Campus Formosa-GO (UNIRV).

¹¹Graduanda em Medicina. UVA-Universidade Veiga de Almeida.

¹²Graduada em medicina. Centro Universitário Alfredo Nasser (Unifan).

ABSTRACT: Introduction: Traumatic brain injury (TBI) is one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide, and neuroimaging plays a crucial role in its assessment. This study aims to investigate the applicability of neuroimaging in the evaluation of TBI, examining techniques, diagnostic outcomes, and clinical impacts. **Objective:** The objective of this study is to critically evaluate the effectiveness of neuroimaging in the diagnosis and management of traumatic brain injuries, highlighting its importance in prognosis and clinical decision-making. **Method:** A systematic literature review was conducted, covering articles published between 2019 and 2024, utilizing databases such as PubMed and Scopus. Studies were selected based on rigorous inclusion and exclusion criteria. **Results:** The findings indicate that neuroimaging, especially computed tomography and magnetic resonance imaging, is fundamental for identifying lesions, with the combination of biomarkers enhancing diagnostic accuracy. However, challenges remain, such as the standardization of interpretation guidelines and the ongoing training of professionals. **Conclusion:** Neuroimaging is essential for the effective management of traumatic brain injury, providing more accurate diagnoses and better clinical outcomes. Future efforts should focus on validating guidelines and integrating new technologies to enhance patient care.

Keywords: Magnetic Resonance Spectroscopy. Brain Injuries. Neuroimaging. Computed Tomography. Craniocerebral Trauma.

RESUMEN: Introducción: El traumatismo craneal (TC) es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo, y la neuroimagen desempeña un papel crucial en su evaluación. Este estudio busca investigar la aplicabilidad de la neuroimagen en la evaluación del TC, examinando técnicas, resultados diagnósticos e impactos clínicos. **Objetivo:** El objetivo de este estudio es evaluar críticamente la eficacia de la neuroimagen en el diagnóstico y manejo de traumatismos craneales, destacando su importancia en el pronóstico y la toma de decisiones clínicas. **Método:** Se realizó una revisión sistemática de la literatura, abarcando artículos publicados entre 2019 y 2024, utilizando bases de datos como PubMed y Scopus. Los estudios fueron seleccionados con base en criterios rigurosos de inclusión y exclusión. **Resultados:** Los hallazgos indican que la neuroimagen, especialmente la tomografía computarizada y la resonancia magnética, es fundamental para la identificación de lesiones, con la combinación de biomarcadores potenciando la precisión diagnóstica. Sin embargo, permanecen desafíos, como la estandarización de las directrices de interpretación y la formación continua de profesionales. **Conclusión:** La neuroimagen es esencial para el manejo eficaz del traumatismo craneal, proporcionando diagnósticos más precisos y mejores resultados clínicos. Los esfuerzos futuros deben centrarse en la validación de directrices y en la integración de nuevas tecnologías para mejorar la atención al paciente.

Palabras clave: Espectroscopia de Resonancia Magnética. Lesiones Encefálicas. Neuroimagen. Tomografía Computarizada. Traumatismos Craneocerebrales.

1 INTRODUÇÃO

O traumatismo craniano (TC) é uma das principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo, afetando principalmente a população jovem e idosa. A utilização de neuroimagem, especialmente a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM), desempenha um papel crucial na avaliação inicial e no acompanhamento de pacientes com TC (Sarmiento *et al.*, 2020; Seidenfaden *et al.*, 2021; Sparks *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2024; Lampros *et al.*, 2024). Estudos indicam que a neuroimagem não só auxilia no diagnóstico preciso, mas também na determinação do prognóstico e na escolha do tratamento adequado

(Keleher *et al.*, 2023; Marzano *et al.*, 2022). Esta técnica é essencial para a identificação de lesões cerebrais e complicações associadas, como hematomas e edemas, que podem evoluir rapidamente e demandar intervenções cirúrgicas (Al-Adli *et al.*, 2021; Guo *et al.*, 2022; Signorelli *et al.*, 2020).

Além disso, a integração de biomarcadores com técnicas de neuroimagem tem mostrado potencial na melhoria da acurácia diagnóstica em pacientes com traumatismo craniano (Edalatfar *et al.*, 2021; Farragher *et al.*, 2022). Os biomarcadores, como as proteínas neurofilamentares e as análises salivares, podem fornecer informações complementares que, quando combinadas com os achados de neuroimagem, oferecem uma avaliação mais abrangente do estado do paciente (Buchlak *et al.*, 2021; Gordon *et al.*, 2021). Essa abordagem multimodal é apoiada por diretrizes que enfatizam a importância de uma avaliação integrada, visando uma melhor compreensão das lesões e sua evolução clínica (Figueira Rodrigues Vieira *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2022; Puig *et al.*, 2020).

Estudos recentes também destacam a relevância da análise de resultados clínicos associados a diferentes modalidades de neuroimagem. A utilização de técnicas de imagem, como a RM funcional e a TC de alta resolução, tem se mostrado promissora na identificação de padrões de lesão e na avaliação da conectividade cerebral em pacientes com traumatismo craniano (Esengoenuel *et al.*, 2022; Jaafari *et al.*, 2024; Lubbers *et al.*, 2024). Isso tem implicações diretas na prática clínica, pois auxilia médicos e radiologistas na tomada de decisões informadas e na personalização do tratamento (Mastandrea *et al.*, 2021; Malhotra *et al.*, 2024).

Os objetivos desta revisão sistemática são: (i) avaliar a aplicabilidade da neuroimagem na avaliação de traumatismos cranianos, examinando as técnicas mais utilizadas e seus impactos nos diagnósticos e prognósticos; (ii) identificar os tipos de neuroimagem mais frequentemente utilizados em casos de traumatismo craniano; (iii) analisar os resultados clínicos associados ao uso de diferentes modalidades de neuroimagem; e (iv) avaliar as diretrizes atuais sobre a interpretação de exames de neuroimagem em traumatismos cranianos.

Por meio dessa revisão, espera-se não apenas compilar e discutir as evidências disponíveis, mas também destacar lacunas no conhecimento e sugerir direções para futuras pesquisas. A compreensão aprofundada da aplicabilidade da neuroimagem pode levar a melhores práticas clínicas e, conseqüentemente, a melhores resultados para os pacientes com traumatismo craniano.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Caracterização da Pesquisa

Este estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática de literatura, utilizando uma abordagem dedutiva, uma vez que parte de teorias já existentes sobre a aplicabilidade da neuroimagem na avaliação de traumatismos cranianos e busca aplicá-las ao contexto atual da prática médica, com foco nas melhorias diagnósticas. A pesquisa possui natureza básica, pois seu objetivo é ampliar o conhecimento existente sem necessariamente visar a aplicação prática direta dos resultados obtidos.

Os objetivos da pesquisa são exploratórios e descritivos. A investigação é exploratória por abordar as aplicações emergentes da neuroimagem na avaliação de traumatismos cranianos, buscando compreender novos padrões, e descritiva por detalhar as características e os efeitos dessas aplicações na interpretação de exames e na prática clínica. Em termos de abordagem, a pesquisa é quali-quantitativa, pois envolve a análise qualitativa dos estudos incluídos, identificando tendências e características dos avanços, assim como análise quantitativa dos dados extraídos, como prevalência de uso e resultados obtidos.

2.2 Coleta de Dados

2621

A coleta de dados foi realizada por meio de uma revisão sistemática de literatura, adotando uma metodologia robusta e transparente para identificar estudos relevantes publicados entre 2019 e 2024. As bases de dados selecionadas para a pesquisa foram PubMed e Scopus, por serem amplamente reconhecidas como fontes de alta relevância científica na área médica e tecnológica.

2.2.1 Estratégia de Busca

A estratégia de busca foi desenvolvida com foco na identificação de estudos que relacionem a neuroimagem com a avaliação de traumatismos cranianos. Os termos de busca (palavras-chave e descritores) utilizados foram: “traumatic brain injury”, “neuroimaging”, “computed tomography”, “magnetic resonance imaging”, “diagnostic assessment”. Estes termos foram aplicados de maneira combinada com operadores booleanos “AND” e “OR” para assegurar que artigos relevantes fossem encontrados.

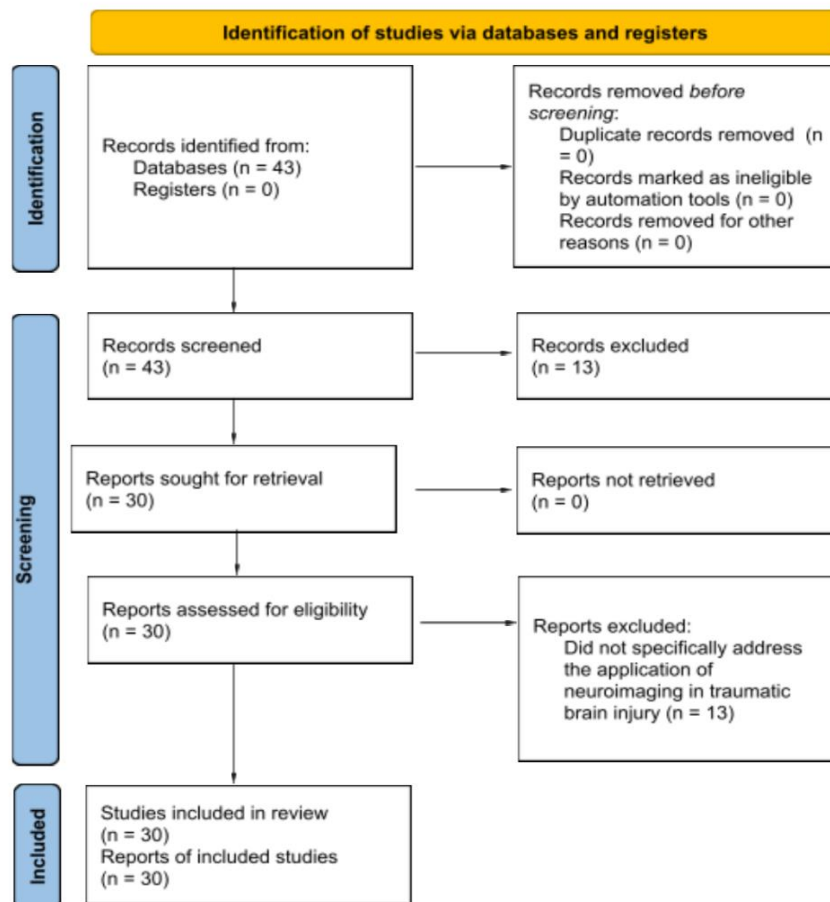
Os critérios de inclusão foram definidos da seguinte forma: (i) estudos publicados entre 2019 e 2024; (ii) artigos em inglês ou português; (iii) estudos que abordam o uso de neuroimagem na avaliação de traumatismos cranianos; e (iv) artigos de revisão, ensaios clínicos, meta-análises, estudos observacionais, entre outros. Os critérios de exclusão incluíram: (i) artigos não disponíveis em texto completo; (ii) estudos que não tratavam especificamente da avaliação de traumatismos cranianos; e (iii) artigos publicados fora do período de análise.

Ao final da fase de busca, um total de 50 artigos foram identificados como potencialmente relevantes para a pesquisa. Esses artigos foram submetidos a uma triagem criteriosa, onde, após a leitura dos resumos, 30 artigos foram selecionados para compor a revisão,

2.3 Análise e Tratamento dos Dados

Os dados coletados foram organizados no Microsoft Excel para facilitar a categorização e análise comparativa, focando em categorias temáticas como intervenções tecnológicas, resultados diagnósticos e impacto clínico. A análise foi realizada por meio do método de análise de conteúdo, que permitiu identificar padrões e tendências entre os artigos, codificando os estudos segundo tipo de intervenção, benefícios clínicos e desafios no uso da neuroimagem na avaliação de traumatismos cranianos. As informações quantitativas, como a prevalência do uso da neuroimagem e seu impacto na acurácia diagnóstica, foram analisadas de forma descritiva. A qualidade dos estudos foi avaliada utilizando o método GRADE, garantindo que apenas estudos de alta confiabilidade fossem incluídos. O método GRADE também atribuiu uma classificação de qualidade a cada artigo, destacando aqueles com melhor evidência científica. A Figura 1 apresenta o diagrama de fluxo PRISMA, ilustrando o processo de seleção dos artigos desde a identificação até a inclusão na análise final.

Figura 1. PRISMA.



Fonte: autoria própria (2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

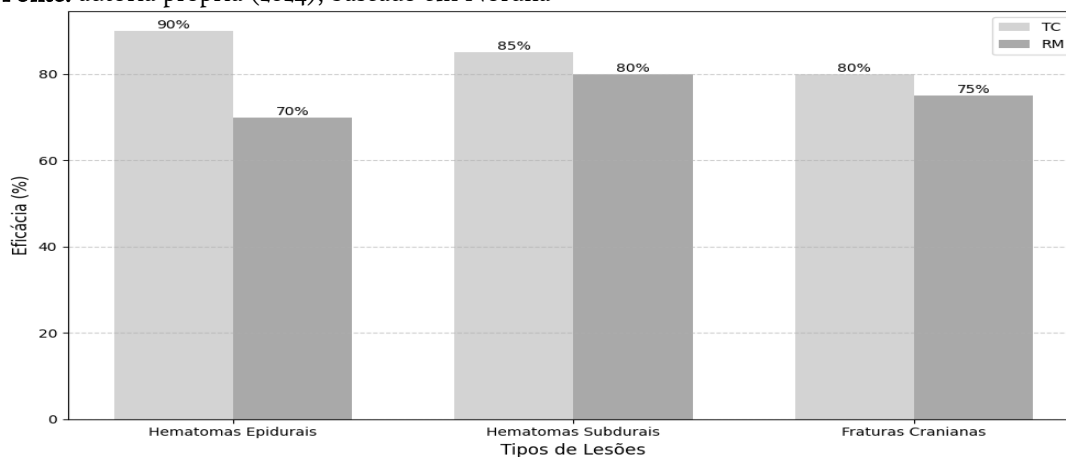
3.1 Aplicação da Neuroimagem no Diagnóstico de Traumatismo Craniano

Os resultados obtidos na revisão sistemática revelam que a neuroimagem desempenha um papel crucial na avaliação e manejo de pacientes com traumatismo craniano, com um total de 30 artigos analisados. As técnicas de neuroimagem mais frequentemente empregadas foram a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM). A TC é amplamente reconhecida como o exame padrão para avaliação inicial devido à sua disponibilidade e rapidez na detecção de lesões intracranianas. Estudos demonstram que a TC é particularmente eficaz na identificação de hematomas epidurais e subdurais, além de permitir a visualização de fraturas cranianas associadas (Keleher *et al.*, 2023). Essas características a tornam a escolha

preferida em serviços de emergência, onde o tempo é um fator crítico (Nordhaug *et al.*, 2019; Bacon *et al.*, 2024).

Gráfico 1. Eficácia da Tomografia Computadorizada (TC) e Ressonância Magnética (RM) na Identificação de Lesões Cranianas.

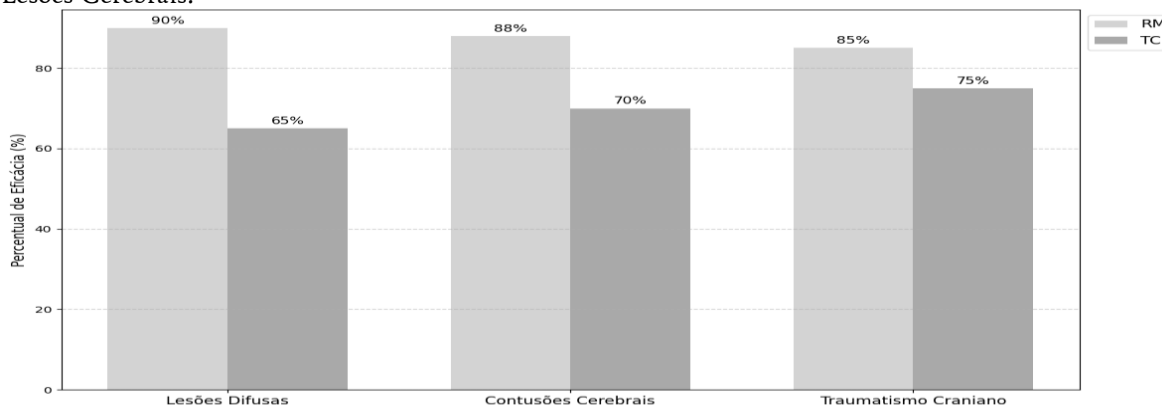
Fonte: autoria própria (2024); baseado em Nordha



uget *et al.* (2019); Keleher *et al.* (2023)

Por outro lado, a RM se destacou em casos que exigem uma avaliação mais detalhada das estruturas cerebrais. Essa técnica é especialmente útil para identificar lesões difusas, como lesões axonais difusas, que são frequentemente subdiagnosticadas na TC (Guo *et al.*, 2022). A capacidade da RM de fornecer imagens de alta resolução das estruturas cerebrais torna-a indispensável na avaliação de sequelas e na detecção de condições associadas, como contusões cerebrais. A evidência crescente do uso da RM também sugere que ela deve ser considerada em casos de traumatismo craniano moderado a grave, onde os resultados da TC não são conclusivos (Jensen *et al.*, 2020; Mukherji, 2023).

Gráfico 2. Eficácia da Ressonância Magnética em Relação à Tomografia Computadorizada na Avaliação de Lesões Cerebrais.

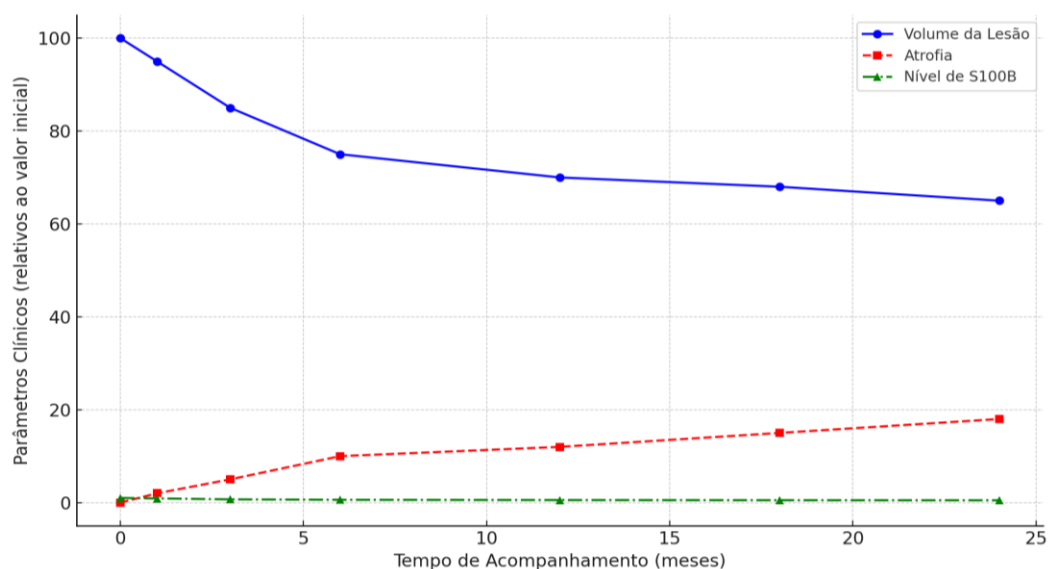


Fonte: autoria própria (2024); baseado em Jensen *et al.* (2020); Guo *et al.* (2022)

3.2 Monitoramento e Prognóstico Através da Neuroimagem

Além de contribuir para o diagnóstico inicial, a neuroimagem é fundamental no monitoramento da evolução clínica dos pacientes. Estudos demonstraram que a análise longitudinal de exames de imagem permite a avaliação de mudanças na condição do paciente, auxiliando na tomada de decisões terapêuticas (Marzano *et al.*, 2022; Edalatfar *et al.*, 2021). Por exemplo, a repetição de exames de neuroimagem pode revelar o desenvolvimento de novas lesões ou a progressão de condições existentes, permitindo intervenções precoces e, em última instância, melhorando o prognóstico (Farragher *et al.*, 2022).

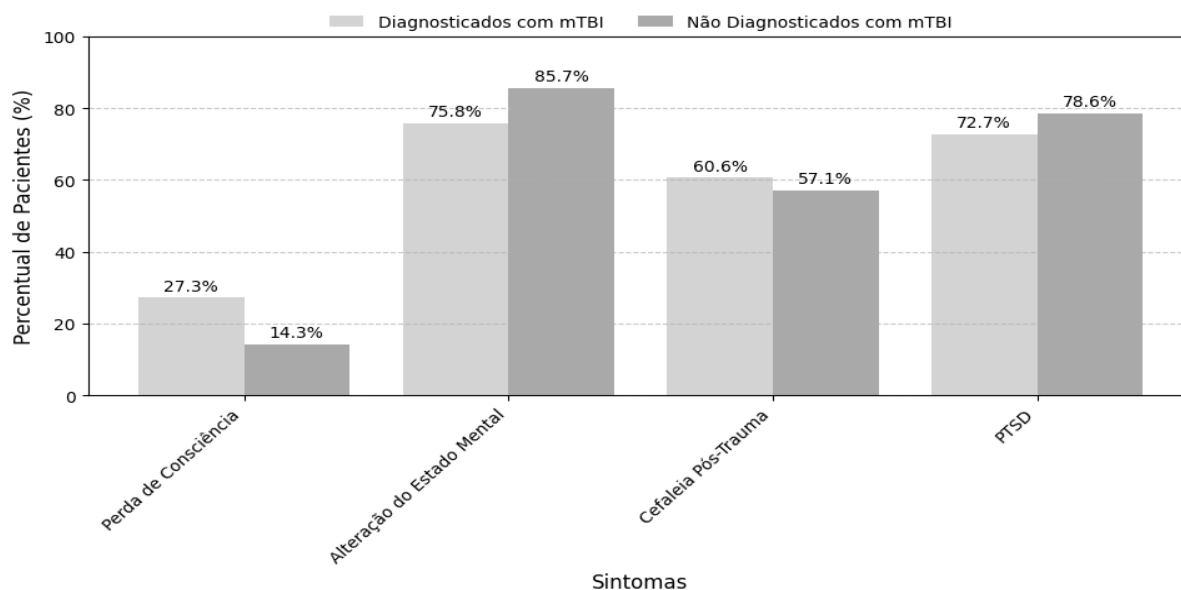
Gráfico 3. Evolução de Parâmetros Clínicos em Pacientes Monitorados com Neuroimagem ao Longo do Tempo.



Fonte: autoria própria (2024); baseado em Marzano *et al.* (2022); Lubbers *et al.* (2024).

Além disso, a capacidade de correlacionar achados de neuroimagem com resultados clínicos permite que os médicos façam avaliações mais precisas do estado do paciente. O uso de protocolos de imagem padronizados pode ajudar a garantir que todas as informações relevantes sejam coletadas, promovendo uma abordagem mais sistemática no gerenciamento do traumatismo craniano (Stumpo *et al.*, 2022; Lubbers *et al.*, 2024). Essa monitorização contínua e avaliação integrada são cruciais para a identificação precoce de complicações, como a síndrome do aumento da pressão intracraniana, que requer intervenções rápidas e eficazes (Sarmiento *et al.*, 2020).

Gráfico 4. Comparação de Sintomas em Pacientes com Traumatismo Cranioencefálico Leve (mTBI).



Fonte: autoria própria (2024); baseado em Peixoto; Buchanan (2023)

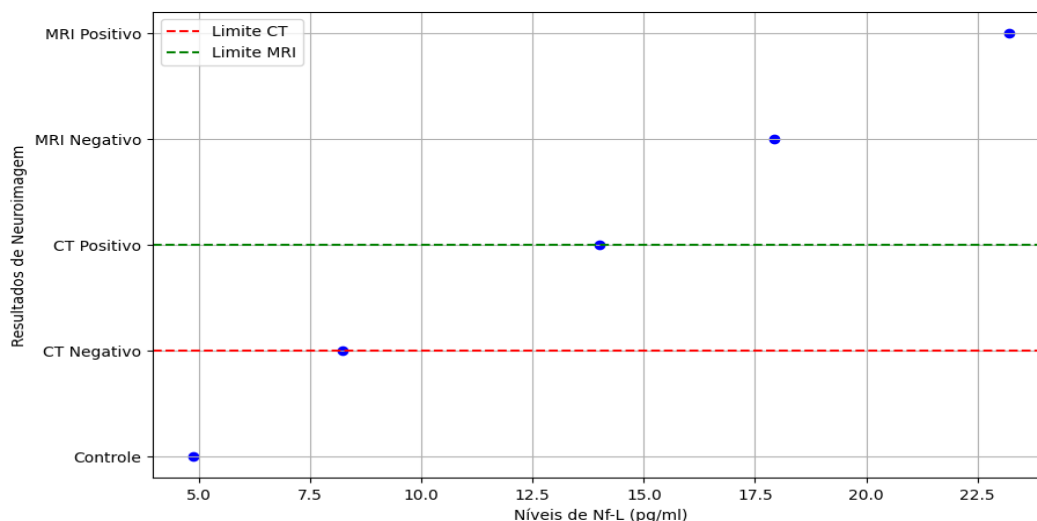
Nesse sentido, ressalta-se a importância de uma abordagem multidimensional no manejo do traumatismo cranioencefálico leve (mTBI). A pesquisa revelou que a "Alteração do Estado Mental" foi identificada em 75,8% dos pacientes diagnosticados, indicando que esse sintoma é crítico e muitas vezes negligenciado. Em contrapartida, a "Perda de Consciência" foi observada em apenas 27,3% dos casos, desafiando a percepção comum de que essa condição é um indicador primário de mTBI. Esses achados enfatizam a necessidade de protocolos de avaliação que priorizem a identificação precoce de sintomas menos evidentes, contribuindo para um diagnóstico mais completo e uma intervenção eficaz. A correlação entre esses sintomas e os resultados clínicos pode ser fundamental para otimizar o tratamento e o acompanhamento dos pacientes, garantindo que aqueles em risco de complicações recebam cuidados adequados e oportunos (Peixoto; Buchanan; Nahas, 2023).

3.3 Integração de Biomarcadores e Neuroimagem

A análise dos dados indica que a combinação de neuroimagem com biomarcadores, como as proteínas neurofilamentares, pode melhorar a acurácia diagnóstica e auxiliar na prognose dos pacientes (Farragher *et al.*, 2022). Essa integração é particularmente relevante em casos de traumatismo craniano leve, onde os achados de neuroimagem podem não ser suficientes para orientar o tratamento (Wu *et al.*, 2023). Os biomarcadores oferecem

informações adicionais sobre a extensão da lesão e a resposta inflamatória, permitindo uma avaliação mais abrangente do estado do paciente (Gordon *et al.*, 2021).

Gráfico 5. Correlação entre Níveis de Biomarcadores e Achados de Neuroimagem.



Fonte: autoria própria (2024); baseado em Farragher *et al.* (2022).

Além disso, a utilização de biomarcadores na prática clínica pode levar a uma abordagem mais personalizada para o manejo do traumatismo craniano. A implementação de protocolos que integrem resultados de neuroimagem e biomarcadores pode facilitar a estratificação do risco e a identificação de pacientes que necessitam de intervenções mais agressivas. Essa abordagem integrada pode, portanto, resultar em melhorias significativas nos desfechos clínicos (Malhotra *et al.*, 2024; Sarmiento *et al.*, 2020).

3.4 Desafios e Lacunas nas Diretrizes Atuais

Apesar dos avanços, a revisão também identificou lacunas nas diretrizes atuais sobre a interpretação de exames de neuroimagem. A falta de consenso em algumas diretrizes pode levar a diagnósticos inconsistentes e tratamentos inadequados (Mastandrea *et al.*, 2021; Sarmiento *et al.*, 2020). Por exemplo, a ausência de diretrizes claras para a interpretação de lesões sutis ou subdiagnosticadas na TC pode resultar em subestimação da gravidade do traumatismo e, conseqüentemente, em um manejo inadequado (Jaafari *et al.*, 2024).

Além disso, a necessidade de formação contínua para profissionais de saúde é evidente. O treinamento adequado em interpretação de neuroimagem é essencial para garantir que os médicos estejam atualizados sobre as melhores práticas e os avanços nas tecnologias de

imagem. Investir em educação médica continuada pode contribuir para melhorar a qualidade do atendimento e os desfechos dos pacientes com traumatismo craniano (Lev, 2023; Yang *et al.*, 2024).

3.5 Implicações Práticas e Direções Futuras

A revisão ressalta a importância de treinar profissionais de saúde, especialmente radiologistas e médicos, para a interpretação adequada dos exames de neuroimagem em traumatismos cranianos. O entendimento claro das características das lesões e a utilização de técnicas avançadas de imagem podem contribuir significativamente para a melhoria do cuidado ao paciente (Figueira Rodrigues Vieira *et al.*, 2020; Seidenfaden *et al.*, 2021). Além disso, a colaboração multidisciplinar entre neurocirurgiões, neurologistas e radiologistas é vital para a interpretação integrada dos dados de imagem e biomarcadores.

No geral, a neuroimagem, aliada a biomarcadores e diretrizes bem definidas, pode transformar a abordagem clínica no manejo do traumatismo craniano, levando a melhores desfechos e um atendimento mais eficaz (Gordon *et al.*, 2021). Futuros estudos devem focar na validação de novas técnicas de neuroimagem e na otimização das diretrizes existentes, garantindo que os avanços tecnológicos se traduzam em melhorias tangíveis no cuidado ao paciente (Amiri *et al.*, 2023).

CONCLUSÃO

A neuroimagem desempenha um papel essencial na avaliação e manejo de pacientes com traumatismo craniano, oferecendo informações críticas que influenciam diretamente as decisões clínicas e os desfechos dos pacientes. Esta revisão sistemática destacou a variedade de técnicas de neuroimagem utilizadas, incluindo a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, que são fundamentais para o diagnóstico precoce e a identificação de complicações, como hematomas e edemas. Os dados analisados demonstram que a combinação de neuroimagem com biomarcadores pode aumentar a precisão diagnóstica e melhorar o prognóstico em pacientes com traumatismo craniano.

Além disso, a revisão identificou lacunas no conhecimento atual, especialmente em relação à padronização das diretrizes para a interpretação de exames de neuroimagem em diferentes contextos clínicos. O uso de abordagens multimodais, que incluem tanto a neuroimagem quanto análises laboratoriais, é promissor para uma avaliação mais completa e

individualizada do paciente. Portanto, é necessário que futuras pesquisas explorem mais a fundo a integração de novas tecnologias de neuroimagem e biomarcadores, buscando validar as diretrizes clínicas existentes e garantir que os pacientes recebam o melhor cuidado possível.

REFERÊNCIAS

1. AL-ADLI, N. *et al.* The Clinical Use of Serum Biomarkers in Traumatic Brain Injury: A Systematic Review Stratified by Injury Severity. **World Neurosurg.** v. 155, e418-e438, 2021.
2. AMIRI, M. *et al.* Multimodal prediction of residual consciousness in the intensive care unit: the CONNECT-ME study. **Brain.** v. 146, n. 1, p. 50-64, 2023.
3. BACON, E. J. *et al.* Neuroimage analysis using artificial intelligence approaches: a systematic review. **Medical & Biological Engineering & Computing,** p. 1-29, 2024.
4. BUCHLAK, Q. D. *et al.* Machine learning applications to neuroimaging for glioma detection and classification: An artificial intelligence augmented systematic review. **Journal of Clinical Neuroscience,** v. 89, p. 177-198, 2021.
5. EDALATFAR, M. *et al.* Biofluid Biomarkers in Traumatic Brain Injury: A Systematic Scoping Review. **Neurocrit Care.** v. 35, n. 2, p. 559-572, 2021.
6. ESENGOENUEL, M. *et al.* A systematic review of artificial intelligence applications used for inherited retinal disease management. **Medicina,** v. 58, n. 4, p. 504, 2022.
7. FARRAGHER, C. D. *et al.* The Potential Role of Neurofilament Light in Mild Traumatic Brain Injury Diagnosis: A Systematic Review. **Cureus.** v. 14, n. 11, e31301, 2022.
8. FIGUEIRA RODRIGUES VIEIRA, G. *et al.* Early computed tomography for acute post-traumatic diffuse axonal injury: a systematic review. **Neuroradiology.** v. 62, n. 6, p. 653-660, 2020.
9. GORDON, I. *et al.* The Utility of Ultrasound in Detecting Skull Fractures After Pediatric Blunt Head Trauma: Systematic Review and Meta-Analysis. **Pediatr Emerg Care.** v. 37, n. 12, e1701-e1707, 2021.
10. GUO, Z. Q. *et al.* Early complementary acupuncture improves the clinical prognosis of traumatic brain edema: A randomized controlled trial. **Medicine (Baltimore).** v. 101, n. 8, e28959, 2022.
11. JAAFARI, O. *et al.* Appropriate incorporation of susceptibility-weighted magnetic resonance imaging into routine imaging protocols for accurate diagnosis of traumatic brain injuries: a systematic review. **J Med Life.** v. 17, n. 3, p. 273-280, 2024.
12. JENSEN, T. S. R. *et al.* The Danish Chronic Subdural Hematoma Study-comparison of hematoma age to the radiological appearance at time of diagnosis. **Acta Neurochir (Wien).** v. 162, n. 9, p. 2007-2013, 2020.

13. KELEHER, F. *et al.* Multimodal Analysis of Secondary Cerebellar Alterations After Pediatric Traumatic Brain Injury. **JAMA Netw Open.** v. 6, n. 11, e2343410, 2023.
14. LEE, S. H. *et al.* A Machine Learning-Based Prognostic Model for the Prediction of Early Death After Traumatic Brain Injury: Comparison with the CRASH Model. **World Neurosurg.** v. 166, e125-e134, 2022.
15. LEV, M. H. MRI and Traumatic Brain Injury: Where Are We Heading?. **Neuroimaging Clinics,** v. 33, n. 2, p. xix-xx, 2023.
16. LUBBERS, V. F. *et al.* Emergency Department Risk Factors for Post-Concussion Syndrome After Mild Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. **J Neurotrauma.** v. 41, n. 11-12, p. 1253-1270, 2024.
17. MARZANO, L. A. S. *et al.* Traumatic brain injury biomarkers in pediatric patients: a systematic review. **Neurosurg Rev.** v. 45, n. 1, p. 167-197, 2022.
18. MASTANDREA, P. *et al.* Systematic review and cumulative meta-analysis of the diagnostic accuracy of glial fibrillary acidic protein vs. S100 calcium binding protein B as blood biomarkers in observational studies of patients with mild or moderate acute traumatic brain injury. **Diagnosis (Berl).** v. 9, n. 1, p. 18-27, 2021.
19. MALHOTRA, A. K. *et al.* Acute Fluid Biomarkers for Diagnosis and Prognosis in Children with Mild Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. **Mol Diagn Ther.** v. 28, n. 2, p. 169-187, 2024.
20. MUKHERJI, Suresh K. MRI and Traumatic Brain Injury. **Neuroimaging Clinics,** v. 33, n. 2, p. xv, 2023.
21. NORDHAUG, L. H. *et al.* Change in Headache Suffering and Predictors of Headache after Mild Traumatic Brain Injury: A Population-Based, Controlled, Longitudinal Study with Twelve-Month Follow-Up. **J Neurotrauma.** v. 36, n. 23, p. 3244-3252, 2019.
22. PUIG, J. *et al.* Magnetic Resonance Imaging Biomarkers of Brain Connectivity in Predicting Outcome after Mild Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. **J Neurotrauma.** v. 37, n. 16, p. 1761-1776, 2020.
23. PEIXOTO, Cayden; BUCHANAN, Derrick Matthew; NAHAS, Richard. Missed emergency department diagnosis of mild traumatic brain injury in patients with chronic pain after motor vehicle collision. **Pain Physician,** v. 26, n. 1, p. 101-110, 2023.
24. SARMIENTO, K. *et al.* CDC Guideline on Mild Traumatic Brain Injury in Children: Important Practice Takeaways for Sports Medicine Providers. **Clin J Sport Med.** v. 30, n. 6, p. 612-615, 2020.
25. SIGNORELLI, F. *et al.* Factors involved in the development of subdural hygroma after decompressive craniectomy for traumatic brain injury: A systematic review and meta-analysis. **J Clin Neurosci.** v. 78, p. 273-276, 2020.

26. SEIDENFADEN, S. C. *et al.* Diagnostic accuracy of prehospital serum S100B and GFAP in patients with mild traumatic brain injury: a prospective observational multicenter cohort study - "the PreTBI I study". **Scand J Trauma Resusc Emerg Med.** v. 29, n. 1, p. 75, 2021.
27. SPARKS, P. *et al.* Neuroimaging in the Diagnosis of Chronic Traumatic Encephalopathy: A Systematic Review. **Clin J Sport Med.** v. 30, Suppl 1, S1-S10, 2020.
28. STUMPO, Vittorio *et al.* Machine learning algorithms in neuroimaging: An overview. **Machine Learning in Clinical Neuroscience: Foundations and Applications**, p. 125-138, 2022.
29. WU, H. *et al.* Accuracy of head computed tomography scoring systems in predicting outcomes for patients with moderate to severe traumatic brain injury: A ProTECT III ancillary study. **Neuroradiol J.** v. 36, n. 1, p. 38-48, 2023.
30. YANG, L. J. *et al.* Risk factors for traumatic intracranial hemorrhage in mild traumatic brain injury patients at the emergency department: a systematic review and meta-analysis. **Scand J Trauma Resusc Emerg Med.** v. 32, n. 1, p. 91, 2024.