

IMPACTOS INVISÍVEIS: DIAGNÓSTICO PRECOCE DA ENCEFALOPATIA TRAUMÁTICA CRÔNICA EM LUTADORES DE ARTES MARCIAIS

INVISIBLE IMPACTS: EARLY DIAGNOSIS OF CHRONIC TRAUMATIC
ENCEPHALOPATHY IN MARTIAL ARTS FIGHTERS

IMPACTOS INVISIBLES: DIAGNÓSTICO PRECOZ DE LA ENCEFALOPATÍA
TRAUMÁTICA CRÓNICA EN LUCHADORES DE ARTES MARCIALES

Brenda Bezerra Valverde¹, Elias Angel Santos Silva², Tauá Alves Melo³, Fernando dos Anjos Schmitz⁴, Luciano de Oliveira Souza Tourinho⁵, Rita de Cássia Silva Tagliaferre⁶, Pedro Costa Campos Filho⁷

DOI: 10.54899/dcs.v22i85.3840

Recibido: 19/11/2025 | Aceptado: 24/11/2025 | Publicación en línea: 11/12/2025.

RESUMO

Introdução. Esportes de combate aumentam o risco de traumas cerebrais, associados desde 1928 à Encefalopatia Traumática Crônica (ETC). Com a expansão dessas modalidades, investigar a ETC em lutadores é essencial para reduzir riscos neurológicos e promover a segurança. Justificativa. A exposição midiática desses esportes reforça a relevância da pesquisa alertando sobre riscos, abordando a complexidade diagnóstica da ETC, orientando condutas e contribuindo no aperfeiçoamento da literatura. Objetivos. Analisar os métodos de diagnóstico precoce e as manifestações iniciais da ETC em lutadores, identificando as manifestações clínicas e exames complementares e propondo um fluxograma para diagnóstico ou suspeita clínica. Metodologia. Consiste em uma revisão sistemática embasada nas diretrizes PRISMA, utilizando a plataforma PubMed para buscar artigos publicados nos últimos 10 anos. A amostra inclui lutadores profissionais de artes marciais acima de 18 anos, e examina características clínicas e exames complementares, como alterações morfofisiológicas, cognitivas, motoras e comportamentais. Resultados e Discussão. Foram identificados exames de Ressonância Magnética (RM), Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) e Imagem de tensor de difusão (DTI) como principais para diagnóstico, apresentando maior relevância na detecção de alterações

¹ Graduada em Fisioterapia, União Metropolitana de Educação e Cultura, Itabuna, Bahia, Brasil.

E-mail: brendabezerravalverde@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2090-8000>

² Graduando em Medicina, Afya Faculdade de Ciências Médicas de Itabuna, Itabuna, Bahia, Brasil.

E-mail: zasployster@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-9526-406X>

³ Doutor em Biologia e Biotecnologia de Microrganismos, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, Brasil. E-mail: tauamelo@yahoo.com.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5122-562X>

⁴ Especialização Fellowship em Neurocirurgia Pediátrica, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: drschmitzpr@icloud.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-4840-9956>

⁵ Pós-Doutor em Direitos Humanos, Universidad de Salamanca, Salamanca, Castilla y León, España.

E-mail: luciano.tourinho@afya.com.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0442-4658>

⁶ Doutora em Linguística/Neolinguística, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil.

E-mail: ritatagliaferre@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7452-8631>

⁷ Doutor em Biologia e Biotecnologia de Microorganismo, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, Brasil. E-mail: pedro.campos@afya.com.br ou pccfilho@uesc.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6099-5634>

morfológicas. Exames neuropsicológicos e biomarcadores, como NfL e GFAP, são úteis para monitorar sintomas cognitivos e comportamentais. Conclusão. O diagnóstico precoce da ETC permanece desafiador. No entanto, uma abordagem multimodal combinando neuroimagem, biomarcadores e testes cognitivos oferece novos caminhos na identificação precoce da condição. Estudos longitudinais e o desenvolvimento de métodos diagnósticos específicos são necessários para prevenir danos irreversíveis e melhorar o manejo da ETC

Palavras-chave: Técnicas de Diagnóstico Neurológico. Transtornos Neurocognitivo. Demência. Biomarcadores. Tauopatias. Traumatismos Craniocerebrais.

ABSTRACT

Introduction. Combat sports increase the risk of brain injuries, which have been associated with Chronic Traumatic Encephalopathy (CTE) since 1928. With the expansion of these modalities, investigating CTE in fighters is essential to reduce neurological risks and promote safety. **Justification.** The media exposure of these sports reinforces the relevance of research by raising awareness of risks, addressing the diagnostic complexity of CTE, guiding clinical management, and contributing to the advancement of the literature. **Objectives.** To analyze early diagnostic methods and the initial manifestations of CTE in fighters, identifying clinical features and complementary examinations, and proposing a flowchart for diagnosis or clinical suspicion. **Methodology.** This study consists of a systematic review based on PRISMA guidelines, using the PubMed platform to search for articles published in the last 10 years. The sample includes professional martial arts fighters over 18 years of age and examines clinical features and complementary examinations, such as morphophysiological, cognitive, motor, and behavioral alterations. **Results and Discussion.** Magnetic Resonance Imaging (MRI), Positron Emission Tomography (PET), and Diffusion Tensor Imaging (DTI) were identified as the main diagnostic tools, with greater relevance in detecting morphological changes. Neuropsychological assessments and biomarkers, such as NfL and GFAP, are useful for monitoring cognitive and behavioral symptoms. **Conclusion.** Early diagnosis of CTE remains challenging. However, a multimodal approach combining neuroimaging, biomarkers, and cognitive testing offers new pathways for early identification of the condition. Longitudinal studies and the development of specific diagnostic methods are necessary to prevent irreversible damage and improve the management of CTE.

Keywords: Neurological Diagnostic Techniques. Neurocognitive Disorders. Dementia. Tauopathy. Craniocerebral Trauma.

RESUMEN

Introducción. Los deportes de combate aumentan el riesgo de traumatismos cerebrales, asociados con la Encefalopatía Traumática Crónica (ETC). Con la expansión de estas modalidades, investigar la ETC en luchadores resulta esencial para reducir riesgos neurológicos y promover la seguridad. **Justificación.** La exposición mediática de estos deportes refuerza la relevancia de la investigación al advertir sobre los riesgos, complejidad diagnóstica y conductas clínicas en la ETC. **Objetivos.** Analizar los métodos de diagnóstico precoz y las manifestaciones iniciales de la ETC en luchadores, identificando las principales manifestaciones clínicas y los exámenes complementarios. **Metodología.** Consiste en una revisión sistemática basada en las directrices PRISMA, utilizando la plataforma PubMed para buscar artículos publicados en los últimos 10

años. La muestra incluye luchadores profesionales de artes marciales mayores de 18 años y examina características clínicas y exámenes complementarios, como alteraciones morfofisiológicas, cognitivas, motoras y conductuales. Resultados y Discusión. Se identificaron la Resonancia Magnética (RM), la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) y la Imagen por Tensor de Difusión (DTI) como las principales herramientas diagnósticas, mostrando mayor relevancia en la detección de alteraciones morfológicas. Las evaluaciones neuropsicológicas y los biomarcadores, resultan útiles para el seguimiento de síntomas cognitivos y conductuales. Conclusión. El diagnóstico precoz de la ETC sigue siendo un desafío. Sin embargo, un enfoque multimodal que combine neuroimagen, biomarcadores y pruebas cognitivas ofrece nuevas vías para la identificación temprana de la condición. Son necesarios estudios longitudinales y el desarrollo de métodos diagnósticos específicos para prevenir daños irreversibles y mejorar el manejo de la ETC.

Palabras clave: Técnicas de Diagnóstico Neurológico. Transtornos Neurocognitivo. Demência. Biomarcadores. Tauopatias. Traumatismos Craniocerebrais.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

As artes marciais nasceram há muitos séculos para atender a necessidade dos guerreiros de estarem preparados fisicamente e tecnicamente para vencer seus combates e sofreram alterações com o passar dos anos, se adequando a realidade de cada sociedade^{1,2}. No contexto atual, as lutas estão muito popularizadas como práticas esportivas e, principalmente, como meio de entretenimento consumido por milhões de pessoas ao redor do mundo, e muitos desses esportes de combate envolvem severos impactos a cabeça dos lutadores, tanto durante os treinos, como também no momento da competição³.

Esses impactos, caso sejam severos ou acumulados durante o tempo, podem apresentar consequências neurológicas aos praticantes. O resultado desses impactos foi objeto de estudo de Martland (1928), o qual observou boxeadores, denominando sua sintomatologia como “punch drunk”⁴.

O termo “Encefalopatia Traumática Crônica” (ETC) foi introduzido por Crichley (1957), contudo teve maior repercussão quando relacionado a achados pós-morte em jogadores profissionais de futebol americano⁵. Atualmente, é reconhecida a relação entre atividades de impactos repetitivos na cabeça e ocorrência de ETC³.

Devido à alta evidência dos esportes de combate na mídia e a crescente adesão à prática

deles pelo público, esse trabalho de revisão bibliográfica se justifica pela necessidade de alertar sobre os potenciais riscos presentes na realização dessas práticas esportivas, evidenciando as lutas com maiores riscos e os sintomas neurológico apresentados por aqueles que sofreram constantes traumas na cabeça, dando ênfase aos lutadores. Tem-se ainda que, mediante a diversidade de exames complementares, porém com pouca especificidade, é difícil o manejo e investigação de pacientes com indícios de ETC, enfatizando a necessidade de maiores publicações a fim de viabilizar um fluxograma para conduta prática adequada a esses pacientes. Por fim, a ETC apresenta manifestações semelhantes a outras patologias, e sua diferenciação constitui um grande desafio, o qual demanda da comunidade acadêmica a produção de novas pesquisas que ampliem o conhecimento acerca da ETC e das demais patologias.

Dessa forma, o presente estudo acerca da demência pugilista tem significativa relevância social ao alertar atletas e o público sobre os riscos neurológicos dos traumas repetitivos, promovendo conscientização e saúde preventiva. Cientificamente, explora a complexidade do diagnóstico precoce da ETC, evidenciando métodos investigativos que podem auxiliar na suspeita diagnóstica. Academicamente, proporciona o enriquecimento literário acerca da doença.

Nesse sentido, este estudo tem como objetivo analisar e relacionar os métodos de diagnóstico precoce com as manifestações iniciais de ETC em lutadores, buscando identificar potenciais indícios que possam contribuir para uma detecção mais eficaz da condição.

REFERENCIAL TEÓRICO

O trauma cranioencefálico (TCE) pode causar danos tanto a curto, como a longo prazo. Os prejuízos foram agrupados em duas classes para facilitar seu estadiamento, levando ao melhor prognóstico e terapêutica a ser aplicada⁶.

O primeiro deles é classificado como “dano à curto prazo”, relacionado ao mecanismo da lesão, sendo necessário saber que o impacto causador pode ser por golpes diretamente cabeça. Contudo, também pode ocorrer por golpes em outras regiões, como: face, pescoço ou mesmo em outros segmentos do corpo de forma que a força resultante seja transmitida à cabeça⁶.

Além da área atingida pelos golpes, existem outros fatores que influenciar na gravidade da lesão, como a frequência, a cinemática da cabeça, a localização do impacto e as consequências da lesão⁶. Ademais, a aceleração ou desaceleração rápida, bem como uma explosão de onda são forças externas que causam tanto dano quanto um impacto direto⁷.

Um dos sinais mais frequentes dessa fase aguda é o episódio de concussão, considerado um dano mais leve quando comparado ao hematoma subdural, que é o acúmulo de sangue na superfície do cérebro, muito associado a quadros que levam a morte do paciente. Outros sintomas relatados são: tontura, náuseas, redução da capacidade de atenção, perda parcial ou total da memória (amnésia) e dor de cabeça. Algumas dessas manifestações podem também acompanhar casos de lesões mais graves, como por exemplo a perda da consciência⁸.

Dessa forma, existem estudos que comprovam que, a curto prazo, os danos causados pelo TCE acontecem quando o impacto causado por forças externas resulta em prejuízos como hematoma, lesão de vasos sanguíneos (hemorragia), diminuição da oferta de sangue (isquemia), deformação do tecido (cisalhamento) ou estiramento de axônios e vasos sanguíneos, bem como em lesão axonal difusa devido ao insulto mecânico⁹.

Apesar do ETC ainda ser um tema pouco conhecido, sabe-se que após o trauma, fisiologicamente, inicia-se um processo de neuroinflamação. Quanto aos “danos a longo prazo”, seus prejuízos ainda estão sendo estudados, contudo, é importante destacar que os trabalhos científicos tem apontado a relação dos sintomas com a fosforilação e deposição da proteína Tau⁸.

Dentre os "danos a longo prazo", seus efeitos podem ser devastadores e tendem a se agravar com o tempo. Os sintomas podem ser divididos em quatro grandes domínios: cognitivo, comportamental, de humor e motor. No domínio cognitivo, as pessoas afetadas costumam apresentar problemas de memória, dificuldades de atenção, disfunção executiva, dificuldades de linguagem e, em estágios avançados, podem desenvolver demência. Isso afeta a capacidade do indivíduo de realizar tarefas do cotidiano e de se comunicar de forma eficaz. No campo comportamental, podem surgir sintomas como violência física e verbal, explosividade, perda de controle, impulsividade, paranoia e comportamentos inadequados, o que leva à alteração significativa da personalidade da pessoa. Já na área do humor, a ETC é caracterizada por depressão, apatia, irritabilidade, ansiedade e, em alguns casos, pensamentos suicidas. As oscilações emocionais e a perda de interesse por atividades que antes traziam prazer também são comuns. Por fim, os sintomas motores podem incluir ataxia (perda de coordenação muscular), tremores, parkinsonismo, rigidez e fraqueza muscular. Essas características motoras podem dificultar a mobilidade do paciente e causar alterações na fala e na expressão facial¹⁰.

METOLOGIA

O estudo é caracterizado como uma revisão sistemática, de acordo com as diretrizes PRISMA. Utilizou-se apenas a base de dados US National Library of Medicine (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) para pesquisa de publicações candidatas.

A inclusão dos estudos foi baseada nos seguintes critérios: (a) artigos originais, revisões sistemáticas, meta-análises ou ensaios clínicos, (b) disponíveis na íntegra, (c) gratuito, (d) abordaram ETC em lutadores profissionais de artes marciais (MMA, boxe, kickboxing e muay thai) maiores de 18 anos. Foram selecionados artigos publicados entre outubro/2013 e outubro/2024 nos idiomas português, inglês e espanhol.

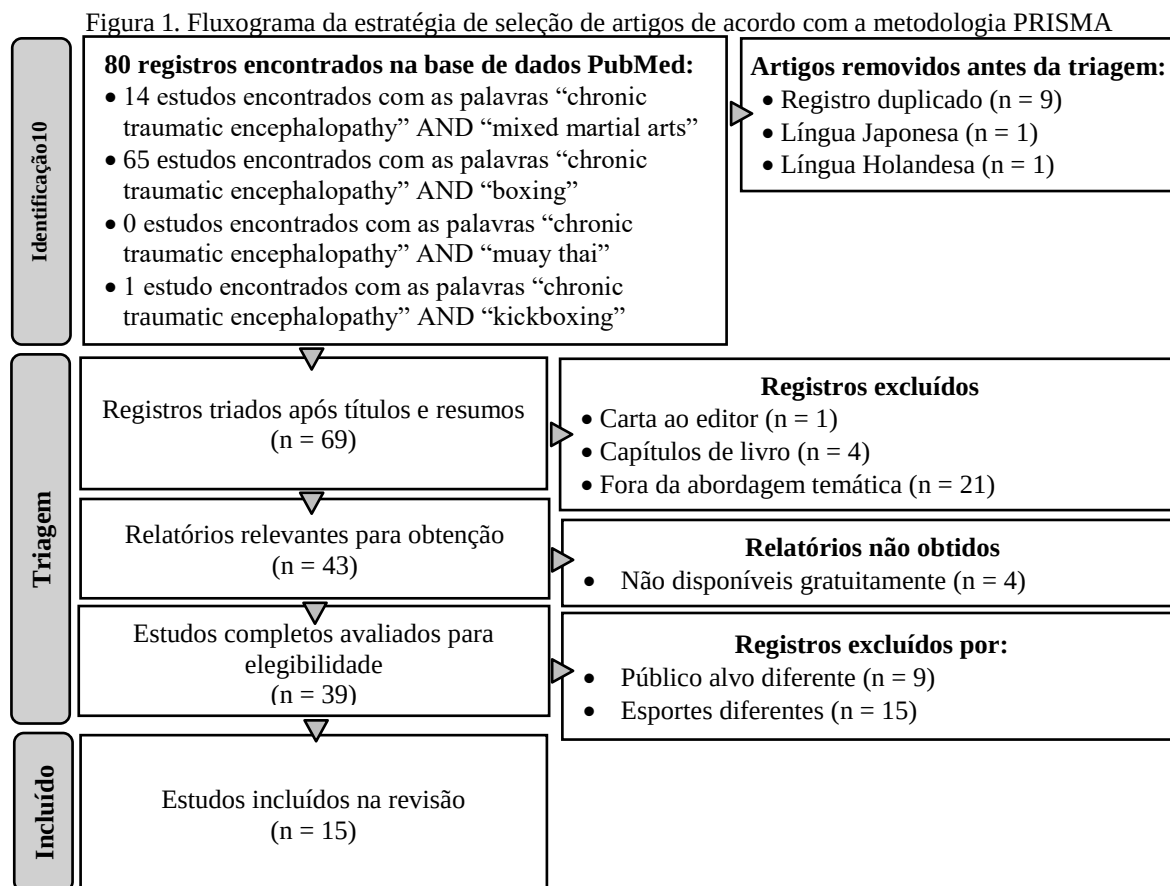
Foram excluídos: (a) duplicados, capítulos de livro, cartas ao editor resumos ou resumos expandidos publicados em conferências, dissertações e teses; (b) artigos não disponíveis na íntegra ou gratuitamente.

Os artigos inicialmente foram triados a partir dos títulos e resumos, com base nos critérios de elegibilidade, por três avaliadores independentes e com experiência. Então, os artigos que cumpriram as condições de elegibilidade foram analisados na íntegra. A estratégia de busca detalhada utilizada nesta revisão sistemática é ilustrada na figura 1.

Como estratégia de busca foram empregados termos para investigação escolhidos segundo Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/MeSH – <https://decs.bvsalud.org/>) da Biblioteca Virtual em Saúde, empregados com o operador booleano AND: “chronic traumatic encephalopathy”, “mixed martial arts”, “boxing”, “muay thai”, “kickboxing”.

Três revisores independentes (BV, EA e TM) avaliaram títulos e resumos de todos os artigos encontrados por meio da estratégia de busca. Os artigos selecionados e os quais ficaram em dúvida foram lidos na íntegra por todos os revisores, de acordo com critérios de elegibilidade e exclusão dos estudos. Discordâncias entre os avaliadores foram resolvidas por consenso.

Após a análise, foram selecionados 18 artigos para compor a presente revisão, e os dados foram extraídos pelos mesmo três avaliadores. Assim, os dados foram tabulados de forma padronizada, no programa Microsoft Excel®. Os dados extraídos foram: Palavras chaves; autores; características clínicas e epidemiológicas; alterações morfofuncionais, alterações comportamentais/emocionais; alterações motoras; alterações cognitivas; e exames complementares utilizados para diagnóstico do TCE. Essas informações extraídas colhidas foram utilizadas para construção dos resultados e discussão.



Fonte: Elaborado pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação dos critérios definidos neste estudo resultou na seleção de 15 artigos, sendo o boxing a modalidade de luta mais investigada, possivelmente por ter sido a primeira a ser associada à patologia, como observado por Martland em 1928, resultando em maior número de estudos. Em seguida, destacam-se o MMA e, em menor número, o kickboxing. Alguns estudos também incluíram o futebol americano em seu escopo, embora sem impacto significativo na análise. Os tipos de estudos selecionados incluíram relato de caso (1), coorte (2), série de casos (1), estudo transversal (2) e revisão de literatura (9). Apesar dos estudos de coorte geralmente oferecerem amostras maiores, algumas revisões de literatura também contribuíram com amostras expressivas, enquanto os estudos de caso e transversais foram os que apresentaram os menores números de pacientes avaliados.

Para uma caracterização detalhada do estudo, cada artigo foi submetido a uma análise subjetiva pelos pesquisadores. Após a coleta individual das informações, foi alcançado um consenso, permitindo o agrupamento dos dados contidos em cada artigo de acordo com o tipo de

alteração. Inicialmente, identificaram-se as alterações morfofuncionais, destacando os achados anatômicos e laboratoriais. Em seguida, foram agrupadas as alterações comportamentais ou emocionais, seguidas das motoras e cognitivas. Vale ressaltar que a descrição das alterações encontradas corresponde aos principais achados de cada artigo, observados por meio de exames ou testes complementares, constituindo o ponto principal deste trabalho.

A análise dos estudos, revelou predomínio de características como atrofia cerebral, redução do volume do tálamo, hipocampo e outras áreas e alterações na substância branca e cinzenta. Já quanto as alterações de comportamento e emoções, foram destacadas em maior frequência depressão, agressividade e impulsividade. Quanto as características motoras, as mais prevalentes foram parkinsonismo, ataxia, disartria e espasticidade. Já as alterações cognitivas ressaltaram de forma mais frequentes comprometimento da memória, disfunção executiva, dificuldades de atenção e demência.

Tais achados, embora significativos, não são suficientes para estabelecer um diagnóstico conclusivo de ETC. No entanto, eles indicam que o paciente já apresenta danos neurológicos que requerem acompanhamento rigoroso e uma investigação contínua para monitorar a progressão dessas lesões. Contudo, esses achados permitem perceber a necessidade de realização de uma investigação detalhada utilizando exames e testes que permita a compreensão do quadro do paciente.

Neste contexto, o presente estudo apresentou os exames e testes que demonstraram alterações quando aplicados em lutadores. A partir dos artigos selecionados, identificaram-se os exames utilizados em cada estudo e a relevância de seus resultados. Cada exame foi classificado como “relevante” ou “não relevante” após análise individual de três pesquisadores e consenso entre eles. Exames que revelaram alterações indicativas de possíveis danos neurológicos foram considerados “relevantes”, enquanto aqueles que não apresentaram alterações foram classificados como “não relevantes”. Assim, nos artigos avaliados, foram empregados 19 exames de imagem, dos quais 13 exibiram achados relevantes nos lutadores.

Ao avaliar os exames mais utilizados, a Ressonância Magnética (RNM) foi o mais frequente, aparecendo em 80% (12) dos estudos analisados. Diferentes variações da técnica, como a RNM volumétrica, funcional, ponderada e por difusão (DTI), foram usadas para identificar lesões e alterações estruturais relacionadas a traumas^{10,12,13,14,15,16,17,18}. O PET (Tomografia por emissão de pósitrons) foi o segundo exame mais frequente, aparecendo em 46,6%(7) dos estudos, utilizado principalmente para avaliar o metabolismo cerebral^{11,15,17,19,20}. O DTI (Imagem de tensor

de difusão) também teve destaque, aparecendo em 33,3% (5) dos artigos, sendo crucial para avaliar as alterações microestruturais no cérebro^{10,15,17,19,20}.

Nesse sentido, é pertinente explorar os principais exames e testes empregados, correlacionando os achados mais frequentes identificados em suas aplicações. Para isso, foi realizada uma análise integrada, destacando essas características com base nos exames mais frequentemente mencionados nos estudos avaliados.

Primeiramente, fica evidente que a RNM é amplamente empregada nos estudos descritos para investigar as alterações cerebrais associadas à encefalopatia ETC. Diversos tipos de RNM foram utilizados, cada um assumindo função específica e contribuição importante para o diagnóstico e monitoramento das lesões cerebrais.

Nesse sentido, destaca-se a RNM estrutural, que foi empregada em vários estudos, se revelando fundamental para avaliar alterações anatômicas no cérebro^{12,13,21}. Achados como reduções volumétricas em regiões específicas, como o tálamo, o hipocampo e o corpo caloso, são comumente associados a traumas repetitivos na cabeça. De acordo com os mesmos autores, a RNM estrutural contribui significativamente para o diagnóstico da ETC ao identificar atrofia que podem estar relacionadas a sintomas cognitivos e comportamentais apresentados pelos pacientes.

Outro tipo de exame citado é a RNM por tensor de difusão (DTI)^{10,15,19}. O DTI é usado para investigar a integridade das fibras de substância branca no cérebro, ajudando a identificar lesões axonais difusas, um tipo de dano cerebral comum em casos de traumatismo craniano repetitivo. A DTI tem se mostrado eficaz em detectar alterações microestruturais, como o aumento da anisotropia fracionada, mesmo em indivíduos que ainda não apresentam sintomas cognitivos evidentes, tornando-a uma ferramenta valiosa no diagnóstico precoce da ETC.

Por sua vez, a ressonância magnética funcional (fRNM), avalia mudanças no fluxo sanguíneo cerebral durante atividades cognitivas, refletindo a atividade neuronal^{11,17}. Embora alguns estudos tenham mostrado achados não relevantes a fRNM tem sido explorada para avaliar disfunções nas redes neurais que podem surgir devido a impactos repetitivos na cabeça¹⁵. No entanto, sua utilidade para o diagnóstico da ETC ainda está em investigação, com mais estudos necessários para confirmar sua aplicabilidade.

Além disso, a espectroscopia por ressonância magnética (MRS) oferece uma avaliação bioquímica não invasiva do cérebro^{11,17}. O MRS detecta alterações nos níveis de metabólitos, como o N-acetilaspártato, que está relacionado à viabilidade neuronal. Reduções nesses

metabólitos podem ser indicativas de perda neuronal, o que é consistente com os achados patológicos da ETC. Assim, a MRS se destaca por oferecer insights metabólicos complementares às alterações estruturais reveladas por outros tipos de RNM.

Outra modalidade de RNM utilizada foi a com imagem ponderada de suscetibilidade (SWI), que constitui uma técnica altamente sensível à presença de micro-hemorragias cerebrais, um achado comum em indivíduos que sofreram múltiplos traumas cranianos¹⁵. Essas hemorragias são marcadoras de lesão vascular cerebral e, em conjunto com outros achados, podem ajudar a confirmar a presença de ETC.

Cabe ressaltar que a combinação de diferentes tipos de ressonância magnética permite uma avaliação abrangente das mudanças cerebrais estruturais, funcionais e bioquímicas associadas à ETC, e por isso, muitos estudos optaram pela utilização da associação dessas modalidades. Assim, as diversas modalidades de RNM, demonstraram-se fundamentais para o diagnóstico precoce, o monitoramento da progressão da doença e o entendimento das correlações entre os danos cerebrais e os sintomas neuropsiquiátricos.

A Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) também é amplamente utilizada na investigação da ETC, especialmente para avaliar o metabolismo cerebral e a presença de marcadores de neurodegeneração²². Vários estudos utilizaram diferentes variações do PET, como o 18F-FDG PET, A β -PET e o Tau-PET, a fim de detectar alterações patológicas no cérebro.

O 18F-FDG PET, por exemplo, foi utilizado por Bang et al. (2016) e demonstrou um comprometimento no metabolismo da glicose em regiões frontais do cérebro, uma área associada ao controle executivo e cognitivo²³. Esses achados são semelhantes aos observados em doenças neurodegenerativas, como a doença de Alzheimer, sugerindo que o PET pode ser útil para detectar alterações metabólicas precoces relacionadas à ETC.

Da mesma forma, o A β -PET, usado por Asken e Rabinovici (2021), foi empregado para identificar a deposição de placas amiloides, que, embora sejam características da doença de Alzheimer, também têm sido investigadas em atletas com histórico de traumatismo craniano repetitivo.

A proteína Tau hiperfosforilada (p-Tau) é um marcador central na ETC, sendo amplamente reconhecida na literatura como base diagnóstica da condição, geralmente identificada post-mortem por meio de agregados da proteína Tau em neurônios e astrócitos. Em condições normais, essa proteína auxilia na estruturação e organização dos microtúbulos nos axônios, desempenhando um papel essencial na estabilidade e transporte intracelular neuronal.

No entanto, após um trauma cerebral, ocorre a hiperfosforilação da Tau, processo que leva à deformação da proteína dentro da célula. Esse fenômeno está associado ao influxo de cálcio mediado pelo glutamato, o que resulta na sua dissociação dos microtúbulos e na aquisição de propriedades neurotóxicas. A distribuição característica dos agregados de p-Tau ao redor dos espaços perivasculares e nas profundezas dos sulcos corticais oferece uma assinatura patológica específica para a ETC. Além disso, a fisiopatologia da Tau no trauma cerebral sugere seu potencial como biomarcador para o diagnóstico precoce da ETC, abrindo perspectivas para intervenções antes que os sintomas neurodegenerativos se manifestem plenamente^{24,25}.

Nesse âmbito, outro tipo de PET que tem ganhado destaque é o Tau-PET, utilizado por Asken e Rabinovici (2021), que mede a deposição de proteínas Tau no cérebro. A presença de Tau é um marcador importante de neurodegeneração e está fortemente associada à ETC em análises post-mortem. No entanto, os estudos indicam que, apesar de ser uma ferramenta promissora, o Tau-PET ainda apresenta limitações em termos de sensibilidade, especialmente nos estágios iniciais da ETC.

A FDDNP-PET, também mencionada nos estudos de Asken e Rabinovici (2021), foi usada para medir a agregação de proteínas anormais, incluindo Tau e amiloide. Embora seja uma técnica útil para identificar agregados patológicos no cérebro, os resultados dos estudos indicam que esse tipo de PET ainda precisa ser validado em larga escala para diagnóstico de ETC.

Em resumo, a PET tem oferecido contribuições significativas para o estudo da ETC, particularmente na detecção de alterações metabólicas e na identificação de depósitos proteicos anormais, como amiloide e Tau. Essas técnicas são especialmente úteis para avaliar processos neurodegenerativos em indivíduos com histórico de traumatismo craniano repetitivo. No entanto, os achados variam de acordo com o tipo de PET utilizado, e muitos estudos, como os de Montenegro et al. (2015) e Bernick et al. (2023), sugerem que, embora o PET seja uma ferramenta promissora, ele ainda não oferece um diagnóstico definitivo e isolado para a ETC. Assim como a RNM, o PET é mais eficaz quando usado em conjunto com outras abordagens diagnósticas, como biomarcadores de fluidos e avaliações clínicas.

Portanto, com base nos estudos analisados, o PET fornece dados cruciais sobre o metabolismo cerebral e a presença de neurodegeneração, mas ainda carece de especificidade suficiente para diagnosticar a ETC de forma isolada. Ele deve ser parte de uma abordagem multimodal que inclua exames de imagem, biomarcadores e avaliações cognitivas para um diagnóstico mais preciso da condição.

No campo da função cognitiva, a investigação é central para avaliar como os traumas impactam o desempenho mental dos indivíduos. Testes cognitivos permitem mensurar habilidades como memória, atenção e velocidade de processamento, evidenciando os achados cognitivos, que podem ser resultantes de lesões cerebrais. Entre os testes mais utilizados, o Teste de Velocidade Psicossocial (VTS) e o Teste de Memória Verbal (TMV - teste de 15 palavras) foram os mais recorrentes, aparecendo em 13,3% (2) dos estudos^{19,20}. Esses testes são fundamentais para avaliar o impacto dos traumas em áreas cognitivas críticas. Outros testes como o CNS Vital Signs¹³, iComet C3 Logix¹³, King-Devick Test¹⁴ e o Teste de Trilhas B (TMT-B) também apareceram, refletindo a diversidade de ferramentas usadas para avaliar os efeitos neurológicos de traumas em atletas^{13,20}.

Assim, com o intuito de avaliar a rapidez com que os indivíduos processam informações e respondem a estímulos, os estudos de Bernick et al. (2023) e Stormezand et al. (2022) mencionam o VTS. Ao analisar atletas com histórico de traumatismo craniano repetitivo, como boxeadores ao longo do tempo, especialmente em profissionais aposentados e lutadores de artes marciais, os achados indicaram um declínio significativo na velocidade²⁰.

Nesse contexto, destacam-se alguns biomarcadores séricos, como a cadeia leve do neurofilamento (NfL), um componente dos neurofilamentos responsáveis pela estrutura e manutenção do diâmetro dos axônios. Em casos de lesão axonal, os neurofilamentos são liberados no interstício e no líquido cefalorraquidiano (LCR), conferindo ao NfL um papel como marcador de dano axonal. Outro marcador relevante é a proteína ácida fibrilar glial (GFAP), um componente estrutural dos astrócitos, cujos níveis elevados no LCR indicam lesões dessas células gliais²⁶.

Dessa forma, o aumento nos níveis de GFAP, um marcador de lesão glial, foi correlacionado com esse declínio na velocidade de processamento, sugerindo que os traumas repetitivos afetam as conexões neurais responsáveis por essa função cognitiva. O VTS, portanto, desempenha um papel importante na identificação precoce de alterações cognitivas em atletas expostos a impactos repetitivos, auxiliando no monitoramento da progressão dos déficits relacionados à ETC.

Por outro âmbito, o TMV, empregado em estudos como Bernick et al. (2023) e Stormezand et al. (2022), avaliam a capacidade de recuperação de informações e a memória de curto prazo dos indivíduos. Esse teste foi especialmente útil para identificar déficits de memória em atletas, como a dificuldade em recordar palavras imediatamente e após um intervalo de tempo.

O declínio na performance nesse teste foi associado a níveis elevados de biomarcadores de lesão cerebral, como o NfL (cadeia leve de neurofilamento) e o GFAP. Esses achados sugerem que as lesões axonais e a neurodegeneração em áreas críticas para a memória, como o hipocampo, podem ser detectadas através da deterioração da capacidade de recuperação verbal.

Ambos os testes são valiosos para o diagnóstico da ETC porque conseguem medir o impacto das lesões repetitivas de maneira funcional, revelando sintomas que podem não ser visíveis nas imagens cerebrais. Embora eles não possam, por si só, diagnosticar a ETC, desempenham um papel crucial na detecção de disfunções cognitivas que são indicativas de lesões cerebrais subjacentes. Além disso, sua utilização longitudinal, como demonstrado nos estudos de Bernick et al. (2023), permite acompanhar a progressão dos déficits cognitivos e correlacioná-los com biomarcadores de lesão cerebral e achados de imagem.

Dessa forma, as avaliações neurocognitivas são ferramentas importantes no arsenal diagnóstico para a ETC, fornecendo uma avaliação funcional das habilidades cognitivas dos atletas. Eles ajudam a identificar os primeiros sinais de declínio cognitivo, permitindo intervenções precoces e ajudando nas investigações com exames de imagem e biomarcadores.

No campo neuropsiquiátrico, a avaliação de comportamentos e sintomas emocionais é essencial para compreender os impactos das lesões cerebrais no bem-estar psicológico dos atletas. Testes comportamentais e de impulsividade são frequentemente usados para avaliar a influência de lesões repetitivas em áreas como o controle emocional e a impulsividade. A Escala de Impulsividade de Barratt (BIS-11) foi a mais comum, sendo citada em 20% (3) dos estudos, usada para mensurar níveis de impulsividade, sintoma comum em pacientes com lesões cerebrais^{13,16,20}. A Escala de Ansiedade e Depressão Hospitalar (HADS) foi citada em 13,3% (2) dos estudos e reflete o impacto emocional das lesões²⁰. Outros testes como o PHQ-9 (Questionário de Saúde do Paciente) apareceram uma vez, indicando a necessidade de avaliar o impacto emocional em conjunto com a função cognitiva e neurológica dos atletas¹³.

A Escala de Impulsividade de Barratt (BIS-11) é amplamente utilizada para avaliar a impulsividade em indivíduos com histórico de traumas cranianos repetitivos, como atletas expostos a impactos subconcussivos. Estudos como os de Banks et al. (2014), Bray et al. (2021) e Bang et al. (2016) revelaram que atletas com ETC frequentemente apresentam níveis elevados de impulsividade, especialmente nas dimensões motora e não planejada. Esse aumento está associado a danos no lobo frontal, responsável pelo controle de impulsos e pela regulação comportamental, como identificado também em exames de neuroimagem, como a RNM e o PET.

A impulsividade elevada detectada pela BIS-11 está correlacionada com comportamentos agressivos e de risco, comuns em indivíduos com ETC. Embora não forneça diagnóstico da doença, a escala é fundamental para identificar precocemente alterações comportamentais significativas, que, em conjunto com exames de imagem e outros testes neuropsiquiátricos, ajudam a compor o diagnóstico e monitoramento da progressão da ETC em atletas.

Visando a aplicabilidade dos conhecimentos reunidos no presente estudo, foi criado o fluxograma 2, que sintetiza as ferramentas de investigação e direcionamento da população em que devem ser aplicadas a fim de evidenciar lesões possivelmente associadas a ETC.

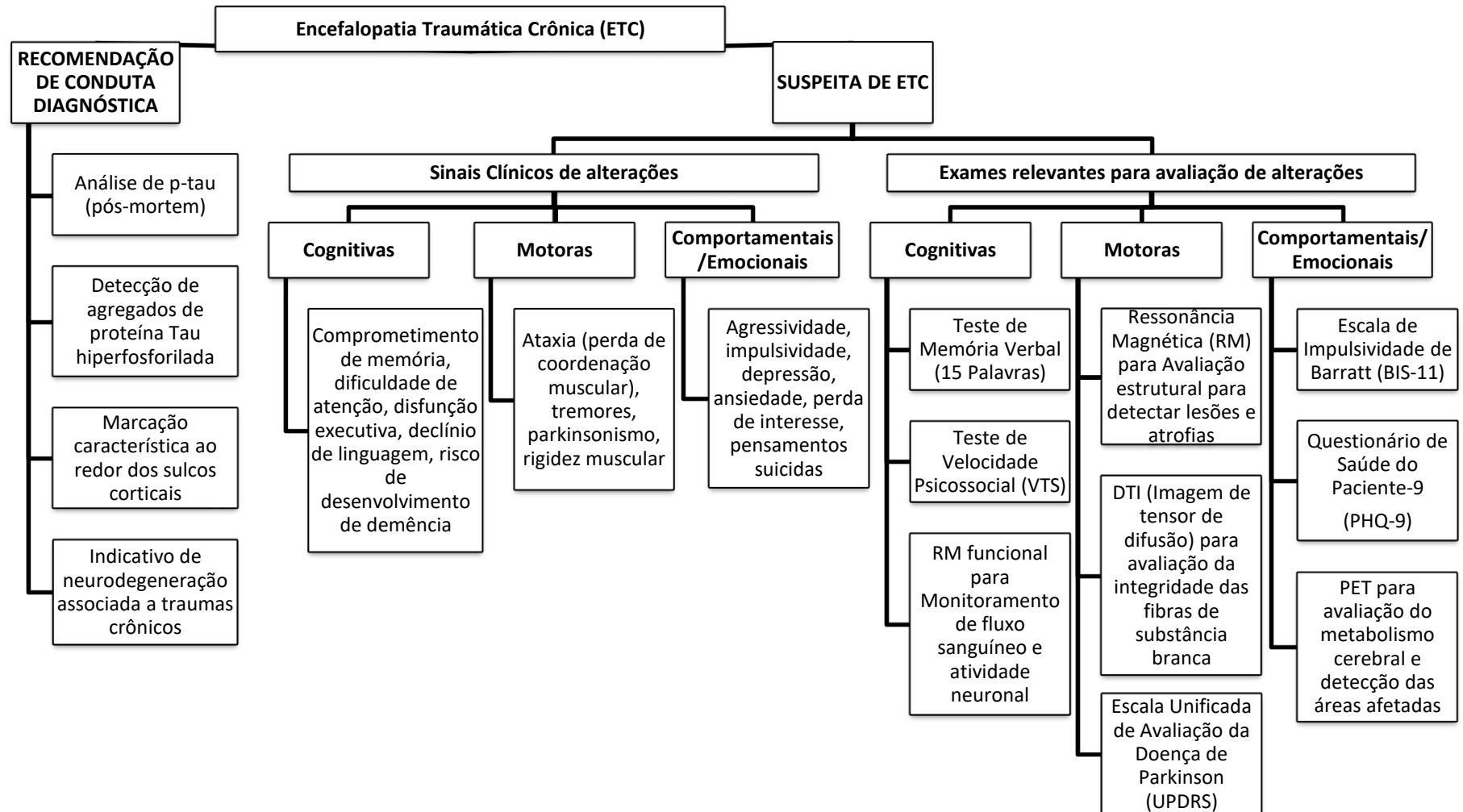
CONCLUSÃO

Apesar do diagnóstico desafiador, a elevada incidência de ETC em lutadores exige uma investigação minuciosa nesses grupos. Nos estudos analisados, a RNM foi o exame mais utilizado, sendo aplicada em 80% dos casos, com diferentes variações, como a volumétrica e a por DTI, oferecendo informações cruciais sobre alterações estruturais e microestruturais no cérebro. A PET, presente em 46,6% dos estudos, demonstrou ser eficaz na detecção de processos neurodegenerativos, como alterações metabólicas e a deposição de proteínas patológicas.

Adicionalmente, testes neuropsicológicos e comportamentais, como o VTS, o Teste de 15 Palavras e a BIS-11, auxiliam na detecção de disfunções cognitivas e comportamentais, complementando os achados dos exames de imagem. Esses testes, ao avaliar o impacto funcional das lesões cerebrais, são essenciais para o monitoramento da progressão da ETC.

Diante disso, é evidente que o diagnóstico da ETC exige uma abordagem multimodal, combinando exames de imagem, biomarcadores e avaliações neuropsicológicas. No entanto, há uma necessidade de mais estudos longitudinais que explorem a correlação entre os achados de imagem, biomarcadores e sintomas clínicos ao longo do tempo. Pesquisas futuras também devem se concentrar no desenvolvimento de métodos diagnósticos mais específicos, capazes de identificar a ETC em estágios iniciais e diferenciar essa condição de outras formas de neurodegeneração. A busca por novas tecnologias e biomarcadores poderá trazer avanços significativos na precisão diagnóstica e no manejo dessa condição debilitante.

Figura 2. Fluxograma para rastreio de possíveis indícios de Encefalopatia Traumática Crônica (ETC).



Fonte: Elaborado pelos autores.

REFERÊNCIAS

1. FETT, C.A.; FETT, W. C. R. Filosofia, ciência e a formação do profissional de artes marciais. Motriz. **Journal of Physical Education**, São Paulo, v.15, p. 173-184, jan/mar 2009.
2. MOREIRA, J. V. de S. et al. História e evolução das artes marciais e da luta: uma revisão narrativa da literatura. **Sete Editora**, São Paulo, v. 1, p. 492-503, jan. 2025.
3. CANTU, R. C.; BERNICK, C. History of chronic traumatic encephalopathy. **Seminars in Neurology**, New York, v. 40, n. 4, p. 306-315, ago. 2020.
4. MARTLAND, H. S. Punch drunk. **Journal of the American Medical Association**, Chicago, v. 91, p. 1103-1107, nov. 1928.
5. CRITCHLEY, M. Medical aspects of boxing, particularly from a neurological standpoint. **British Medical Journal**, London, v. 1, n. 5015, p. 357-362, fev. 1957.
6. McCRORY, P. et al. Consensus statement on concussion in sport: the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 51, p. 838-847, jun. 2017.
7. KULBE, J. R.; HALL, E. D. Chronic traumatic encephalopathy: integration of canonical traumatic brain injury secondary injury mechanisms with tau pathology. **Progress in Neurobiology**, Oxford, v. 158, p. 15-44, nov. 2017.
8. PERRINE, K. et al. The current status of research on chronic traumatic encephalopathy. **World Neurosurgery**, New York, v. 102, p. 533-544, jun. 2017.
9. WEBER, J. T. Altered calcium signaling following traumatic brain injury. **Frontiers in Pharmacology**, Lausanne, v. 3, p. 60, abr. 2012.
10. MONTENIGRO, P. H.; BERNICK, C.; CANTU, R. C. Clinical features of repetitive traumatic brain injury and chronic traumatic encephalopathy. **Brain Pathology, Hoboken**, v. 25, n. 3, p. 304-317, mai. 2015.
11. MONTENIGRO, P. H. et al. Chronic traumatic encephalopathy: historical origins and current perspective. **Annual Review of Clinical Psychology**, Palo Alto, v. 11, p. 309-330, mai. 2015.
12. LIM, L. J. H.; HO, R. C. M.; HO, C. S. H. Dangers of mixed martial arts in the development of chronic traumatic encephalopathy. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 16, n. 2, p. 254, jan. 2019.
13. BRAY, M. J. C. et al. Effect of weight class on regional brain volume, cognition, and other neuropsychiatric outcomes among professional fighters. **Neurotrauma Reports**, New Rochelle, v. 2, n. 1, p. 169-179, mar. 2021.
14. SCHLEGEL, P. et al. Head injury in mixed martial arts: a review of epidemiology,

affected brain structures and risks of cognitive decline. **The Physician and Sportsmedicine**, London, v. 49, n. 2, p. 123-132, fev. 2021.

15. MEZ, J.; STERN, R. A.; MCKEE, A. C. Chronic traumatic encephalopathy: where are we and where are we going? **Current Neurology and Neuroscience Reports**, New York, v. 13, n. 12, p. 407, dez. 2013.

16. BANKS, S. J. et al. Impulsiveness in professional fighters. **The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences**, Arlington, v. 26, n. 1, p. 44-50, jan. 2014.

17. SHETTY, T. et al. Imaging in chronic traumatic encephalopathy and traumatic brain injury. **Sports Health**, Thousand Oaks, v. 8, n. 1, p. 26-36, jan./fev. 2016.

18. DONATO, R. et al. Knock down the brain: a nonlinear analysis of electroencephalography to study the effects of sub-concussion in boxers. **European Journal of Neurology**, Oxford, v. 31, n. 1, p. 1-10, jan. 2024.

19. BERNICK, C. et al. Blood biomarkers and neurodegeneration in individuals exposed to repetitive head impacts. **Alzheimer's Research & Therapy**, London, v. 15, art. 173, nov. 2023.

20. STORMEZAND, G. N. et al. Imaging of neuroinflammation due to repetitive head injury in currently active kickboxers. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**, Berlin, v. 49, p. 3162-3172, dez. 2022.

21. ASKEN, B. M.; RABINOVICI, G. D. Identifying degenerative effects of repetitive head trauma with neuroimaging: a clinically-oriented review. **Acta Neuropathologica Communications**, Berlin, v. 9, art. 96, jul. 2021.

22. LOPES, M. S. et al. Mecanismos patológicos e potenciais terapias para a encefalopatia traumática crônica. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, São Paulo, v. 6, n. 9, p. 2145-2156, set. 2024.

23. BANG, S. A. et al. Neuropsychological, metabolic, and GABAA receptor studies in subjects with repetitive traumatic brain injury. **Journal of Neurotrauma**, New Rochelle, v. 33, n. 6, p. 1005-1014, mar. 2016.

24. MCKEE, A. C. et al. The spectrum of disease in chronic traumatic encephalopathy. **Brain**, Oxford, v. 136, n. 1, p. 43-64, jan. 2013.

25. LESMAN-SEGEV, O. H. et al. Tau PET and multimodal brain imaging in patients at risk for chronic traumatic encephalopathy. **NeuroImage: Clinical**, Amsterdam, v. 24, p. 102025, dez. 2019.

26. DOMINGUES, R. B. et al. O líquido cefalorraquidiano na esclerose múltipla: muito além das bandas. **Einstein**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 100-104, jan./mar. 2017.