

TRAUMA, CIRURGIA E MEDICINA INTENSIVA

EDIÇÃO XII

Capítulo 30

MANEJO TRAUMATISMO CRANIOENCEFÁLICO NA EMERGÊNCIA: ABORDAGEM E ESTRATÉGIAS TERAPÊUTICAS

ARIELE DE SENNA POLTOZI¹
ANNA CLARA RIES WINCK¹
LUANA SCHMIDT RIEDER¹
LUISA PICCOLO FUMACO SNEL¹

¹Discente - Medicina da Universidade Luterana do Brasil.

Palavras-chave: Traumatismo Cranioencefálico; Lesão Cerebral Traumática; Atendimento de Emergência.

DOI

10.59290/6277600246

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

O traumatismo cranioencefálico (TCE) representa uma das principais causas de morbimortalidade no mundo, configurando importante problema de saúde pública devido à elevada incidência, ao potencial incapacitante e aos altos custos sociais e hospitalares associados. Caracteriza-se como qualquer agressão traumática capaz de provocar lesão anatômica ou comprometimento funcional do couro cabeludo, crânio, meninges ou encéfalo. As principais causas de TCE incluem acidentes automobilísticos, quedas, agressões físicas, acidentes esportivos e traumas relacionados à violência urbana, acometendo principalmente indivíduos jovens e economicamente ativos. Além da elevada mortalidade, muitos pacientes sobreviventes evoluem com sequelas neurológicas permanentes, comprometendo significativamente a qualidade de vida e gerando impactos importantes para os sistemas de saúde e previdência social (BRASIL, 2022; MAAS *et al.*, 2017).

A abordagem do paciente com traumatismo cranioencefálico envolve diversos aspectos fisiológicos, anatômicos e clínicos, exigindo reconhecimento rápido das lesões potencialmente fatais e intervenção precoce para prevenção de danos cerebrais secundários. A fisiopatologia do TCE é complexa e dinâmica, envolvendo mecanismos de lesão primária, decorrente do impacto mecânico inicial, e lesão secundária, relacionada a processos inflamatórios, metabólicos, vasculares e bioquímicos que amplificam o dano neuronal. Alterações como edema cerebral, hipóxia, hipotensão, excitotoxicidade glutamatérgica, disfunção mitocondrial e hipertensão intracraniana contribuem diretamente para piora do prognóstico neurológico (MENON *et al.*, 2010; CARNEY *et al.*, 2017).

Dessa forma, o atendimento inicial na emergência possui papel fundamental na redução da mortalidade e na minimização das sequelas neurológicas. Protocolos sistematizados, como o *Advanced Trauma Life Support* (ATLS), priorizam estabilização hemodinâmica, manutenção adequada da oxigenação cerebral, controle da pressão intracraniana e identificação precoce de lesões neurocirúrgicas. A utilização da Escala de Coma de Glasgow, associada à avaliação pupilar, exame neurológico detalhado e exames de imagem, especialmente a tomografia computadorizada de crânio, permite classificação da gravidade do trauma e direcionamento das condutas terapêuticas mais adequadas (BADJATIA *et al.*, 2015; KOCHANNEK *et al.*, 2019).

Outrossim, os avanços na neuroimagem, monitorização neurológica e terapia intensiva têm contribuído significativamente para o aprimoramento do manejo do paciente com TCE. Estratégias terapêuticas modernas envolvendo osmoterapia, sedação neuroprotetora, monitorização da pressão intracraniana, controle rigoroso da perfusão cerebral e intervenções neurocirúrgicas precoces têm demonstrado impacto importante na redução de complicações e melhora do prognóstico funcional desses pacientes. Entretanto, o manejo do traumatismo cranioencefálico ainda representa grande desafio clínico devido à heterogeneidade das lesões e à necessidade de abordagem multidisciplinar rápida e eficiente.

O objetivo deste estudo foi revisar e discutir os principais aspectos relacionados ao manejo do paciente com traumatismo cranioencefálico na emergência, abordando fundamentos fisiopatológicos, avaliação clínica inicial, métodos diagnósticos e estratégias terapêuticas atualizadas, enfatizando a prevenção das lesões secundárias e a otimização do prognóstico neurológico.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura realizada no período de janeiro de 2020 a maio de 2026, por meio de pesquisas nas bases de dados PubMed, SciELO, LILACS, MEDLINE e UpToDate, com o objetivo de reunir evidências científicas atualizadas acerca do manejo do paciente com traumatismo cranioencefálico na emergência. A busca bibliográfica foi direcionada para estudos relacionados à fisiopatologia do traumatismo cranioencefálico, avaliação inicial do paciente politraumatizado, métodos diagnósticos, monitorização neurológica e estratégias terapêuticas clínicas e neurocirúrgicas.

Foram utilizados os seguintes descritores em português e inglês, combinados por operadores booleanos *AND* e *OR*: “traumatismo cranioencefálico”, “*traumatic brain injury*”, “*emergency management*”, “*intracranial hypertension*”, “*brain trauma*”, “*neurocritical care*”, “*Glasgow Coma Scale*”, “*neurosurgery*” e “*critical care*”. Foram incluídos artigos publicados nos idiomas português, inglês e espanhol, disponíveis na íntegra, priorizando revisões sistemáticas, metanálises, diretrizes nacionais e internacionais, consensos clínicos e estudos observacionais relevantes relacionados ao manejo do TCE em serviços de emergência e terapia intensiva.

Os critérios de inclusão contemplaram estudos publicados nos últimos dez anos que abordassem aspectos epidemiológicos, fisiopatológicos, diagnósticos e terapêuticos do traumatismo cranioencefálico em pacientes adultos. Também foram incluídas diretrizes clássicas e publicações consideradas fundamentais para compreensão do tema, mesmo quando publicadas anteriormente ao período estabelecido. Os critérios de exclusão envolveram artigos duplicados, trabalhos disponibilizados apenas na

forma de resumo, estudos com metodologia insuficientemente descrita e publicações que não apresentavam relação direta com a proposta temática deste capítulo.

Após aplicação dos critérios de seleção, os estudos foram submetidos à leitura minuciosa e análise crítica, permitindo a organização dos dados em categorias temáticas relacionadas às bases anatômicas e fisiológicas do encéfalo, fisiopatologia das lesões cerebrais traumáticas, avaliação inicial do paciente com TCE, métodos diagnósticos, manejo terapêutico na emergência, monitorização neurointensiva, complicações neurológicas e perspectivas terapêuticas emergentes. Os resultados foram apresentados de forma descritiva e integrativa, com fundamentação em evidências científicas atualizadas e aplicação prática voltada ao contexto da emergência e da terapia intensiva neurológica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Epidemiologia e Impacto do Traumatismo Cranioencefálico

O traumatismo cranioencefálico (TCE) representa uma das principais causas de mortalidade e incapacidade em pacientes traumatizados em todo o mundo, afetando aproximadamente 70 milhões de pessoas anualmente. O TCE pode ser classificado em leve, moderado e grave de acordo com a Escala de Coma de Glasgow (ECG), sendo o TCE grave definido por $ECG \leq 8$. Aproximadamente 90% dos casos que chegam aos serviços de emergência envolvem o nível TCE, porém uma proporção significativa desses pacientes desenvolve sintomas periódicos meses ou anos após o trauma inicial (RAY *et al.*, 2024).

Fisiopatologia e Lesão Cerebral Secundária

A lesão cerebral traumática inicia-se com um insulto mecânico primário, seguido por uma

série de eventos fisiopatológicos que caracterizam a lesão secundária, incluindo edema cerebral, elevação da pressão intracraniana (PIC) e isquemia cerebral. A compreensão da doutrina de Monro-Kellie é fundamental para o manejo do TCE grave: o crânio é um compartimento rígido de volume fixo contendo três componentes - parênquima cerebral, sangue e líquido cefalorraquidiano (LCR). Qualquer aumento em um desses componentes deve ser compensado pela redução dos demais, caso contrário ocorre elevação do PIC (RAKHIT *et al.*, 2021).

A pressão de perfusão cerebral (PPC), calculada pela diferença entre a pressão arterial média (PAM) e a PIC ($PPC = PAM - PIC$), funciona como um marcador substituto do fluxo sanguíneo cerebral (FSC). A manutenção adequada do PPC é essencial para prevenir a isquemia cerebral secundária e pode ser alcançada através da otimização do PAM (com fluidos e vasopressores) e/ou redução do PIC (RAKHIT *et al.*, 2021).

Manejo Pré-Hospitalar

O atendimento pré-hospitalar do traumatismo cranioencefálico (TCE) grave deve seguir os princípios do *Advanced Trauma Life Support* (ATLS), com foco primordial na prevenção da lesão cerebral secundária por meio da manutenção adequada da oxigenação e da perfusão cerebral. Estudos demonstram que a estabilização precoce dos parâmetros fisiológicos ainda no local do trauma, realizada por anestesistas, médicos emergencistas ou paramédicos treinados, está associada a melhores desfechos clínicos (HOSSAIN *et al.*, 2023).

O manejo inicial do paciente com TCE deve seguir rigorosamente a abordagem sistematizada ABCDE (*Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure*), que prioriza a identificação e correção imediata de condições potencialmente fatais. Essa estratégia visa garantir que

a prevenção da lesão cerebral secundária seja iniciada desde os primeiros momentos do atendimento.

Via Aérea (*Airway*) com Proteção da Coluna Cervical

A avaliação inicial da via aérea deve assumir a presença de lesão cervical até prova em contrário, mantendo-se a estabilização cervical em posição neutra durante todo o atendimento. Sinais de comprometimento da via aérea incluem estridor, roncos, uso de musculatura acessória e redução do nível de consciência. Manobras básicas, como elevação da mandíbula (*jaw thrust*) e aspiração de secreções, podem ser realizadas enquanto se avalia a necessidade de estabelecimento de via aérea definitiva.

Respiração e Ventilação (*Breathing*)

Após garantir a permeabilidade da via aérea, deve-se avaliar a adequação da ventilação por meio da frequência respiratória, expansibilidade torácica, ausculta pulmonar e oximetria de pulso. Lesões torácicas associadas, como pneumotórax hipertensivo e hemotórax maciço, devem ser prontamente identificadas e tratadas, uma vez que comprometem diretamente a oxigenação cerebral. Recomenda-se a administração precoce de oxigênio suplementar para manutenção da saturação periférica de oxigênio ($SpO_2 \geq 94\%$).

Circulação e Controle de Hemorragias (*Circulation*)

A hipotensão arterial em pacientes com TCE raramente é causada por lesão cerebral isolada, exceto em estágios terminais, devendo motivar a investigação imediata de fontes hemorrágicas extracranianas, incluindo tórax, abdome, pelve e fraturas de ossos longos. O acesso venoso calibroso deve ser obtido precoce-

mente, associado à coleta de exames laboratoriais e monitorização hemodinâmica contínua. Em pacientes com TCE grave, a monitorização invasiva da pressão arterial por meio de linha arterial é recomendada.

Avaliação Neurológica (*Disability*)

A avaliação neurológica inicial baseia-se principalmente na Escala de Coma de Glasgow (ECG) e no exame pupilar. A ECG avalia abertura ocular, resposta verbal e resposta motora, com pontuação total variando de 3 a 15 pontos. Pacientes com $ECG \leq 8$ são classificados como portadores de TCE grave e geralmente necessitam de via aérea definitiva. O exame pupilar deve avaliar tamanho, simetria e reatividade à luz, sendo anisocoria ou midríase arregada sinais sugestivos de hipertensão intracraniana e possível herniação cerebral iminente.

Exposição e Controle Térmico (*Exposure*)

O paciente deve ser completamente exposto para identificação de lesões associadas, mantendo-se simultaneamente medidas para prevenção da hipotermia, como utilização de cobertores térmicos e aquecimento de fluidos intravenosos. A manutenção da normotermia é essencial, uma vez que a hipotermia agrava a coagulopatia e pode contribuir para piores desfechos clínicos.

Embora exista consenso quanto à importância da abordagem sistematizada e da prevenção de lesões cerebrais secundárias, observa-se significativa variabilidade nos protocolos pré-hospitalares adotados internacionalmente. Uma análise dos protocolos estaduais dos Estados Unidos demonstrou que 78,6% recomendavam hiperventilação no atendimento ao TCE, porém apenas 77,3% restringiam essa intervenção aos casos com sinais de herniação cerebral aguda. Em relação às metas hemodinâmicas, 42,9%

dos estados adotavam pressão arterial sistólica mínima de 90 mmHg, enquanto 21,4% não estabeleciam metas específicas para pacientes com TCE (CHUCK *et al.*, 2021).

O atendimento pré-hospitalar do TCE grave deve seguir os princípios do *Advanced Trauma Life Support* (ATLS), com foco primordial na prevenção de lesões cerebrais secundárias através da manutenção da saturação de oxigênio e pressão arterial dentro de metas terapêuticas. Estudos demonstram que a estabilização dos parâmetros fisiológicos no local do trauma por anestesistas, médicos emergencistas ou paramédicos treinados resulta em melhores estudos clínicos (HOSSAIN *et al.*, 2023).

Entretanto, existe variação geográfica significativa nos protocolos de atendimento pré-hospitalar para TCE nos Estados Unidos e em outros países. Análises de protocolos estaduais americanos revelaram que, embora 78,6% recomendassem hiperventilação, apenas 77,3% restringiam seu uso a sinais de hérnia cerebral aguda. Quanto às metas de pressão arterial, 42,9% dos estados estabelecem pressão arterial sistólica (PAS) mínima de 90 mmHg, enquanto 21,4% não fornecem metas específicas para TCE (CHUCK *et al.*, 2021).

Avaliação Inicial no Departamento de Emergência

O manejo no departamento de emergência prioriza controle de via aérea, estabilização da pressão arterial, imobilização da coluna vertebral e correção de coagulopatia. A decisão de realizar tomografia computadorizada (TC) de crânios em pacientes com TCE baseia-se em critérios validados, sendo os critérios canadenses e os critérios de Nova Orleans os mais amplamente utilizados. Ambos apresentam sensibilidade de 100% para identificação de lesões que ocorrerão evacuação cirúrgica, porém com especificidades específicas (76,3% vs 12,1%,

respectivamente) (LEVIN & DIAZ-ARRASTIA, 2015).

Técnicas não invasivas podem auxiliar na detecção de hipertensão intracraniana, incluindo medida do diâmetro da bainha do nervo óptico, pupilometria e Doppler transcraniano. A identificação de pacientes com maior risco de hipertensão intracraniana é crucial e baseia-se em sinais clínicos (redução do nível de consciência, anormalidades pupilares) e radiológicos (hemorragia, edema, hérnia, atualização das cisternas basais) (ZOERLE *et al.*, 2024).

Monitorização da Pressão Intracraniana

As diretrizes da Brain Trauma Foundation (4ª edição) recomendam monitoramento do PIC em pacientes comatosos ($ECG \leq 8$) com evidência de lesão estrutural cerebral no TC inicial, pois evidências sugerem que o tratamento guiado pelo PIC pode reduzir a mortalidade precoce (STOCCHETTI *et al.*, 2017).

O padrão-ouro para medida do PIC é a derivação ventricular externa (DVE) conectada a um transdutor de pressão externo, que possui valor tanto diagnóstico quanto terapêutico ao permitir a condução de LCR. Alternativamente, pode ser utilizado o transdutor intraparenquimatoso. O limite mais comumente aceito para tratamento da PIC é 20 mmHg, embora as diretrizes mais recentes sugiram 22 mmHg. Evidências sugerem que pacientes mais idosos (≥ 55 anos) e mulheres podem apresentar limiares críticos de PIC mais baixos (18 mmHg vs 22 mmHg) para predição de desenvolvimento desfavorável (STOCCHETTI *et al.*, 2017).

Tratamento de Hipertensão Intracraniana

O tratamento da hipertensão intracraniana segue uma abordagem escalonada (*tier approach*), iniciando com medidas preventivas básicas (tier 0) e progredindo para intervenções de

maior risco conforme necessário. As estratégias de primeira linha incluem elevação da cabeça, normotermia, sedação, ventilação mecânica otimizada e drenagem de LCR (STOCCHETTI *et al.*, 2017).

Quando a PIC permanece elevada ($> 20-22$ mmHg por mais de 5 minutos) após correção de fatores agravantes (hipóxia, hipercapnia, hipotensão arterial, febre, hiponatremia), iniciam-se terapias ativas de primeira linha: tração de LCR (quando DVE disponível), terapia hiperosmolar (manitol ou solução salina hipertônica) e hipocapnia moderada ($PaCO_2$ 30-35 mmHg) (STOCCHETTI *et al.*, 2017).

Para hipertensão intracraniana refratária, terapias de segunda linha incluem hipotermia terapêutica, supressão metabólica com sedação profunda, craniectomia descompressiva e hipocapnia agressiva, porém essas intervenções apresentam potenciais efeitos adversos (STOCCHETTI *et al.*, 2017).

Terapias Específicas e Controvérsias

Ácido tranexâmico (TXA): Um grande ensaio clínico recomendado foi aprovado para redução da mortalidade por todas as causas em 24 horas quando o TXA é administrado precocemente em pacientes com TCE. Entretanto, apenas Delaware foi identificado como estado americano que permite uso de TXA em TCE isolado com $ECG \leq 12$ no ambiente pré-hospitalar (CHUCK *et al.*, 2021).

Hipotermia terapêutica: Não foi demonstrada melhora nos avanços neurológicos, e a manutenção da normotermia permanece como estratégia ótima de manejo (WILES, 2022).

Profilaxia de convulsões: O levetiracetam parece ser tão eficaz quanto a fenitoína para profilaxia de convulsões precoces, porém a dose ótima permanece incerta (WILES, 2022).

Terapia hiperosmolar: Não há evidência clara de benefício de um agente específico sobre outro (manitol vs solução salina hipertônica) em termos de mortalidade ou recuperação neurológica. Rhode Island foi o único estado americano identificado que incluía solução salina hipertônica 3% em seus protocolos pré-hospitalares (CHUCK *et al.*, 2021).

Craniectomia descompressiva: Os estudos RESCUEicp e DECRA refinaram as recomendações para craniectomia descompressiva, indicando que craniectomias amplas melhoram a mortalidade em casos de hipertensão intracraniana refratária tardia, porém a intervenção precoce não demonstra benefícios claros (RAPP *et al.*, 2025).

Traqueostomia precoce: Realizada em menos de 7 dias após o trauma, está associada à redução da incidência de pneumonia associada à ventilação mecânica e à duração da ventilação mecânica, permanência na terapia intensiva e hospitalização (WILES, 2022).

Desafios Atuais no Manejo do Traumatismo Cranioencefálico

Apesar dos avanços observados nas últimas décadas, o manejo do traumatismo cranioencefálico (TCE) permanece um desafio significativo para os serviços de emergência e terapia intensiva. A heterogeneidade das lesões cerebrais traumáticas dificulta a padronização das condutas terapêuticas, uma vez que pacientes com características clínicas semelhantes podem apresentar evoluções distintas. Além disso, a tomada de decisão frequentemente ocorre em um cenário de instabilidade hemodinâmica e risco elevado de deterioração neurológica, exigindo intervenções rápidas e precisas.

Outro aspecto relevante refere-se à disponibilidade desigual de recursos especializados. Embora diretrizes internacionais recomendem

monitorização invasiva da pressão intracraniana, monitorização multimodal cerebral e acesso precoce à neurocirurgia, tais recursos ainda não estão amplamente disponíveis em muitos centros de países de média e baixa renda. Dessa forma, a avaliação clínica seriada, a tomografia computadorizada e a aplicação rigorosa dos protocolos de atendimento ao trauma continuam desempenhando papel fundamental na condução desses pacientes.

Adicionalmente, persistem desafios relacionados à identificação precoce dos indivíduos com maior risco de lesão cerebral secundária, reforçando a necessidade de estratégias diagnósticas mais sensíveis e de abordagens terapêuticas individualizadas.

Perspectivas Futuras e Medicina de Precisão no Neurotrauma

Os avanços recentes na neurociência, na neuroimagem e na terapia intensiva têm impulsionado uma transformação significativa no manejo do traumatismo cranioencefálico (TCE). Atualmente, reconhece-se que o TCE não constitui uma entidade única, mas sim um conjunto heterogêneo de lesões com mecanismos fisiopatológicos distintos, respostas biológicas variáveis e prognósticos individuais. Nesse contexto, emerge o conceito de medicina de precisão no neurotrauma, cujo objetivo é adaptar as estratégias diagnósticas e terapêuticas às características específicas de cada paciente, otimizando os desfechos clínicos e funcionais.

Uma das áreas mais promissoras envolve a utilização de biomarcadores séricos de lesão neuronal. Diversas proteínas liberadas após o dano cerebral vêm sendo investigadas como ferramentas diagnósticas e prognósticas. Entre elas destacam-se a glial *fibrillary acidic protein* (GFAP), marcador de lesão astrocitária; a *ubiquitin carboxyl-terminal hydrolase L1* (UCH-

L1), relacionada ao dano neuronal agudo; a proteína S100B, amplamente estudada em pacientes com TCE leve; e os neurofilamentos de cadeia leve (NfL), associados à lesão axonal difusa e à evolução funcional de longo prazo. A incorporação desses biomarcadores à prática clínica poderá auxiliar na identificação precoce de pacientes com maior risco de deterioração neurológica, além de contribuir para decisões relacionadas à necessidade de exames complementares, monitorização intensiva e prognóstico.

Paralelamente, a inteligência artificial (IA) tem assumido papel crescente na avaliação do paciente neurotraumatizado. Algoritmos baseados em aprendizado de máquina e *deep learning* vêm demonstrando elevada capacidade na análise automatizada de exames de tomografia computadorizada e ressonância magnética, permitindo identificação rápida de hemorragias intracranianas, edema cerebral, fraturas craniais, desvio da linha média e sinais de herniação cerebral. Além do auxílio diagnóstico, modelos preditivos alimentados por dados clínicos, laboratoriais e radiológicos têm sido utilizados para estimar risco de mortalidade, necessidade de intervenção neurocirúrgica e probabilidade de recuperação funcional. Essas ferramentas possuem potencial para acelerar a tomada de decisões em ambientes de emergência e reduzir a variabilidade entre avaliadores.

Outro avanço relevante é o desenvolvimento da neuromonitorização multimodal, considerada uma das principais estratégias da medicina de precisão aplicada ao neurotrauma. Diferentemente da monitorização convencional baseada exclusivamente na pressão intracraniana (PIC), a abordagem multimodal integra múltiplos parâmetros fisiológicos capazes de fornecer uma visão mais abrangente do funcionamento cerebral em tempo real. Entre os métodos disponíveis destacam-se a monitorização

da pressão intracraniana, a pressão de oxigênio tecidual cerebral (PbtO₂), a microdialise cerebral, o Doppler transcraniano, a espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) e o eletroencefalograma contínuo.

A monitorização da PbtO₂ permite detectar episódios de hipóxia cerebral mesmo quando a pressão de perfusão cerebral encontra-se aparentemente adequada. A microdialise cerebral fornece informações sobre metabolismo energético neuronal por meio da análise de metabólitos como glicose, lactato, piruvato e glutamato. O Doppler transcraniano possibilita avaliação dinâmica do fluxo sanguíneo cerebral e dos mecanismos de autorregulação vascular, enquanto o eletroencefalograma contínuo auxilia na identificação de crises epilépticas subclínicas frequentemente subdiagnosticadas em pacientes críticos. A integração dessas informações permite intervenções terapêuticas mais individualizadas e direcionadas às alterações fisiopatológicas predominantes em cada paciente.

Além disso, avanços nas áreas de genômica, proteômica e metabolômica poderão futuramente contribuir para uma estratificação ainda mais precisa dos pacientes com TCE, permitindo identificar indivíduos mais suscetíveis ao desenvolvimento de edema cerebral, hipertensão intracraniana, neuroinflamação persistente e déficits cognitivos tardios. Dessa forma, espera-se que o futuro do neurotrauma seja marcado pela integração entre biomarcadores moleculares, monitorização fisiológica avançada, neuroimagem de alta resolução e inteligência artificial.

Embora muitos desses recursos ainda estejam restritos a centros especializados, sua incorporação progressiva à prática clínica tem potencial para transformar significativamente o manejo do traumatismo cranioencefálico. A consolidação dessas tecnologias poderá proporcionar diagnósticos mais precoces, terapias

mais individualizadas e melhores desfechos neurológicos, representando um importante avanço na busca por uma abordagem verdadeiramente personalizada do paciente neurocrítico.

CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou que o traumatismo cranioencefálico permanece como uma das principais causas de morbimortalidade em escala mundial, exigindo abordagem rápida, sistematizada e multidisciplinar desde o atendimento pré-hospitalar até os cuidados neurointensivos especializados. A revisão da literatura demonstrou que a prevenção das lesões cerebrais secundárias constitui o principal objetivo terapêutico na fase aguda, sendo fundamental a manutenção adequada da oxigenação, da perfusão cerebral e do controle da pressão intracraniana. Observou-se ainda que a utilização de protocolos estruturados, como a abordagem ABCDE e as recomendações da *Brain Trauma Foundation*, contribui significativamente para a redução da mortalidade e das sequelas neurológicas associadas ao TCE. Além disso, foram identificados avanços importantes relacionados

à monitorização multimodal cerebral, aos biomarcadores séricos de lesão neuronal e à aplicação da inteligência artificial na análise de neuroimagens e na predição prognóstica. Essas ferramentas apresentam potencial para aprimorar a identificação precoce de pacientes com maior risco de deterioração neurológica, permitindo intervenções mais individualizadas e alinhadas aos princípios da medicina de precisão. Entretanto, sua aplicação ainda é limitada por fatores relacionados à disponibilidade tecnológica, custos operacionais e necessidade de validação em diferentes contextos clínicos. Dessa forma, conclui-se que o manejo do paciente com traumatismo cranioencefálico deve estar fundamentado em evidências científicas atualizadas e na integração entre diferentes áreas do conhecimento, visando otimizar os desfechos clínicos e funcionais. Por fim, novos estudos prospectivos e multicêntricos são necessários para avaliar o impacto das tecnologias emergentes, especialmente da neuromonitorização multimodal, dos biomarcadores moleculares e dos sistemas de inteligência artificial, na redução da mortalidade, na recuperação neurológica e na qualidade de vida dos pacientes acometidos por lesões cerebrais traumáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BADJATIA, N.; CARNEY, N.; CROCCO, T. J. *et al.* Guidelines for Prehospital Management of Traumatic Brain Injury. *Prehospital Emergency Care*, v. 12, n. s. 1, p. S1-S52, 2008. DOI: 10.1080/10903120701732052.
- CARNEY, N.; TOTTEN, A. M.; O'REILLY, C. *et al.* Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury. *Neurosurgery*, v. 80, n. 1, p. 6-15, 2017. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001432
- CHUCK, C. C.; MARTIN, T. J.; KALAGARA, R. *et al.* Emergency Medical Services Protocols for Traumatic Brain Injury in the United States: A Call for Standardization. *Injury*, v. 52, n. 5, p. 1145-1150, 2021. DOI: 10.1016/j.injury.2021.02.050.
- HAWRYLUK, G. W. J.; RUBIANO, A. M.; TOTTEN, A. M. *et al.* Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury: 2020 Update of the Decompressive Craniectomy Recommendations. *Neurosurgery*, v. 87, n. 3, p. 427-434, 2020. DOI: 10.1093/neuros/nyaa278.
- HOSSAIN, I.; ROSTAMI, E.; MARKLUND, N. The Management of Severe Traumatic Brain Injury in the Initial Postinjury Hours: Current Evidence and Controversies. *Current Opinion in Critical Care*, v. 29, n. 6, p. 650-658, 2023. DOI: 10.1097/MCC.0000000000001065.
- LEVIN, H. S. & DIAZ-ARRASTIA, R. R. Diagnosis, Prognosis, and Clinical Management of Mild Traumatic Brain Injury. *Lancet Neurology*, v. 14, n. 5, p. 506-517, 2015. DOI: 10.1016/S1474-4422(15)00002-2.
- MAAS, A. I. R.; MENON, D. K.; ADELSON, P. D. *et al.* Traumatic Brain Injury: Integrated Approaches to Improve Prevention, Clinical Care, and Research. *Lancet Neurology*, v. 16, n. 12, p. 987-1048, 2017. DOI: 10.1016/S1474-4422(17)30371-X.
- MAAS, A. I. R.; MENON, D. K.; MANLEY, G. T. *et al.* Traumatic Brain Injury. *Nature Reviews Disease Primers*, v. 8, n. 1, p. 52, 2022. DOI: 10.1038/s41572-022-00338-7.
- MENON, D. K.; SCHWAB, K.; WRIGHT, D. W. *et al.* Position Statement: Definition of Traumatic Brain Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 91, n. 11, p. 1637-1640, 2010. DOI: 10.1016/j.apmr.2010.05.017.
- MONDELLO, S.; KOBEISSY, F.; MECHREF, Y. *et al.* Clinical Utility of Circulating Biomarkers in Traumatic Brain Injury. *Nature Reviews Neurology*, v. 18, n. 11, p. 633-648, 2022. DOI: 10.1038/s41582-022-00688-8.
- PATERSON, R. W.; TOOMBS, J.; SLATTERY, C. F. *et al.* Biomarkers in Traumatic Brain Injury: Current Evidence and Future Directions. *Nature Reviews Neurology*, v. 20, n. 2, p. 89-104, 2024. DOI: 10.1038/s41582-023-00863-2.
- PEASE, M.; FOREMAN, B.; OKONKWO, D. O. Artificial Intelligence in Traumatic Brain Injury: Opportunities and Challenges. *Neurocritical Care*, v. 40, n. 1, p. 18-32, 2024. DOI: 10.1007/s12028-023-01773-1.
- RAKHIT, S.; NORDNESS, M. F.; LOMBARDO, S. R. *et al.* Management and Challenges of Severe Traumatic Brain Injury. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 42, n. 1, p. 127-144, 2021. DOI: 10.1055/s-0040-1716343.
- RAPP, A.; KOBEISSI, H.; FAHIM, D. K. Updated Review of the Management of and Guidelines for Traumatic Brain Injury. *Journal of Clinical Medicine*, v. 14, n. 19, p. 6796, 2025. DOI: 10.3390/jcm14196796.
- RAY, S.; LUKE, J.; KREITZER, N. Patient-Centered Mild Traumatic Brain Injury Interventions in the Emergency Department. *American Journal of Emergency Medicine*, v. 79, p. 183-191, 2024. DOI: 10.1016/j.ajem.2023.11.012.
- SHAHIM, P.; POLITIS, A.; VAN DER MERWE, A. *et al.* Time Course and Diagnostic Utility of NfL, Tau, GFAP and UCH-L1 in Subacute and Chronic Traumatic Brain Injury. *Nature Communications*, v. 11, n. 1, p. 1819, 2020. DOI: 10.1038/s41467-020-15607-2.
- STOCCHETTI, N.; CARBONARA, M.; CITERIO, G. *et al.* Severe Traumatic Brain Injury: Targeted Management in the Intensive Care Unit. *Lancet Neurology*, v. 16, n. 6, p. 452-464, 2017. DOI: 10.1016/S1474-4422(17)30118-7.
- STOCCHETTI, N.; MAAS, A. I. R.; CHIEREGATO, A. *et al.* Multimodality Monitoring in Traumatic Brain Injury. *Critical Care*, v. 27, n. 1, p. 135, 2023. DOI: 10.1186/s13054-023-04389-6.
- WILES, M. D. Management of Traumatic Brain Injury: A Narrative Review of Current Evidence. *Anaesthesia*, v. 77, n. s. 1, p. 102-112, 2022. DOI: 10.1111/anae.15617.
- ZOERLE, T.; BEQIRI, E.; ÅKERLUND, C. A. I. *et al.* Intracranial Pressure Monitoring in Adult Patients with Traumatic Brain Injury: Challenges and Innovations. *Lancet Neurology*, v. 23, n. 9, p. 938-950, 2024. DOI: 10.1016/S1474-4422(24)00186-9.