TRAUMA, CIRURGIA E MEDICINA INTENSIVA

EDIÇÃO VI

Capítulo 16

AVANÇOS NA PROPEDÊUTICA E NAS INTERVENÇÕES CIRÚRGICAS EM PACIENTES POLITRAUMATIZADOS EM EMERGÊNCIA

CAMILA LUCACHINSKI[1]
CAROLINE MARTINS DE MORAES[1]
DARA ROBERTA PATERNOLLI BIATOBOCK[1]
ELOISA BAUM[1]
FERNANDA MININI WECHINEWSKY[1]
JAQUELINE SMENTICOVSKI[1]
KAMILLA SILVEIRA LOPES[1]
LUANA ONIESKO MORSCH[1]
MAIRA AMORIM SILVEIRA E SANTOS[2]
MARIA EDUARDA TAVARES MENDES[1]

[1]Discente – Medicina da Universidade do Contestado do Campus Mafra
[2]Docente – Curso de Medicina da Universidade do Contestado do Campus Mafra

Palavras-chave: *Traumatismos Múltiplos; Cirurgia de Urgência; Tomada de Decisão.*

DOI 10.59290/978-65-6029-239-0.16

EDITORA PASTEUR

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o manejo do paciente politraumatizado passou por transformações significativas, impulsionadas pelo aprimoramento das tecnologias diagnósticas, pela introdução de estratégias cirúrgicas eficazes e protocolos seguros de tratamento conservador. A abordagem sistematizada preconizada pelo *Advanced Trauma Life Support (*ATLS), ainda hoje referência global, orienta o atendimento inicial baseado em prioridades fisiológicas, consolidando a importância da avaliação rápida e contínua como base para decisões clínicas e cirúrgicas em ambientes de alta complexidade (ACS, 2018).

Entre os avanços relevantes, destaca-se o uso da tomografia computadorizada de corpo inteiro (*pan-scan*) como ferramenta essencial na identificação precoce e mais sensível para lesões ocultas, contribuindo para a definição de condutas cirúrgicas imediatas. Estudos apontam que a utilização do *pan-scan* reduz significativamente a mortalidade e o tempo de permanência hospitalar, favorecendo a tomada de decisão cirúrgica baseada em achados objetivos e abrangentes (FATHI *et al*., 2024; ORDOÑEZ *et al*., 2021).

Paralelamente, a cirurgia de controle de danos (CCD) consolidou-se como um paradigma no tratamento de pacientes com instabilidade hemodinâmica severa. Essa estratégia, que fragmenta o tratamento cirúrgico em etapas, busca interromper a tríade letal do trauma - coagulopatia, hipotermia e acidose, permitindo estabilização fisiológica antes da reconstrução definitiva. Diversas revisões destacam sua eficácia em contextos de emergência, sobretudo em lesões abdominais extensas, com significativa redução da mortalidade (DUPS TALAH *et al*., 2023; ABRANTES *et al*., 2012).

Além disso, os índices prognósticos baseados em sinais fisiológicos simples, como o índice de choque (*shock index*), vêm ganhando destaque como ferramentas auxiliares na predição da necessidade de intervenção cirúrgica e risco de morte. Estudos recentes validam sua aplicação em contextos hospitalares e pré-hospitalares, destacando sua sensibilidade como marcador de descompensação hemodinâmica precoce (CARSETTI *et al*., 2023; CRAWFORD *et al*., 2021).

Com o avanço das tecnologias digitais, a inteligência artificial (IA) tem se integrado progressivamente à propedêutica cirúrgica, oferecendo suporte à decisão clínica por meio de modelos preditivos de mortalidade e complexidade. Algoritmos de *machine learning*, como o XGBoost e o *Random Forest*, já demonstram desempenho superior aos métodos tradicionais na triagem de pacientes com trauma grave, auxiliando a estratificação de risco e a priorização cirúrgica (HE *et al*., 2023; YU *et al*., 2024).

Contudo, a incorporação da IA à prática cirúrgica exige cuidados éticos e técnicos. As limitações quanto à transparência dos algoritmos, segurança dos dados e a necessidade de validação externa reforçam a importância do julgamento clínico e da multidisciplinaridade como pilares fundamentais na tomada de decisões (LOFTUS *et al*., 2020; ZARGHAMI, 2024).

Neste contexto, destaca-se a relevância do desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas à propedêutica e às decisões cirúrgicas em trauma. Tais investigações são fundamentais para validar novas tecnologias, aprimorar modelos de predição e consolidar protocolos clínicos baseados em evidências. A produção científica qualificada contribui não apenas para o avanço do conhecimento técnico-científico, mas também para a construção de práticas mais seguras, custo-efetivas e centradas no paciente.

Diante disso, este estudo tem como objetivo revisar os avanços recentes no manejo cirúrgico de pacientes politraumatizados, com destaque para intervenções de emergência, técnicas minimamente invasivas e uso de protocolos baseados em evidências.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com o objetivo de identificar, analisar e sintetizar os principais avanços na propedêutica do paciente politraumatizado, com ênfase nas decisões e intervenções cirúrgicas em contextos de emergência. A pesquisa foi conduzida no mês de abril de 2025, com levantamento bibliográfico realizado nas bases de dados PubMed, *Scopus*, *Web of Science*, SciELO, Embase e Google *Scholar*.

Foram utilizados os seguintes descritores, combinados entre si por meio de operadores booleanos: "politraumatizado" *OR* "trauma múltiplo*"* AND "tomografia computadorizada" *OR* "*pan-scan*" *AND* "cirurgia de controle de danos" *OR* "*damage control surgery" AND* "índice de choque" *OR* "*shock index*" AND "inteligência artificial" *OR* "*artificial intelligence*" *AND* "decisão cirúr*gica" OR "surgical decision-making" AND "u*ltrassonografia no trauma" *OR "eFAST*".

A busca inicial resultou em 142 artigos. Após a leitura dos títulos e resumos, e a remoção de duplicatas, os estudos foram submetidos aos critérios de seleção. Os critérios de inclusão foram: publicações nos idiomas português, inglês e espanhol, entre os anos de 2010 e 2024, que abordassem diretamente as temáticas propostas, disponíveis na íntegra e que se enquadrassem nos tipos: estudos observacionais, revisões sistemáticas, revisões narrativas, ensaios clínicos, meta-análises e diretrizes clínicas. Foram excluídos os estudos duplicados, resumos não acompanhados de texto completo, editoriais, e os que não tratavam diretamente da temática do estudo.

Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 38 artigos foram selecionados para leitura completa, dos quais 25 compuseram a amostra final da presente revisão. Posteriormente, foram incorporados dois documentos complementares de reconhecida relevância na prática clínica: o manual *Advanced Trauma Life Support* (ATLS), publicado pelo American *College of Surgeons*, e uma diretriz clínica nacional atualizada sobre o atendimento ao paciente politraumatizado. Esses materiais foram utilizados para suplementar e contextualizar as evidências extraídas dos artigos, assegurando maior robustez e aplicabilidade às análises. A análise foi conduzida por meio de leitura crítica e análise de conteúdo, permitindo a organização dos achados em seis eixos temáticos:

1.Avaliação Sistematizada Direcionada à Cirurgia;
2.Ultrassonografia à Beira-Leito (*eFAST*) como Guia para Indicação Cirúrgica;
3.Tomografia *Pan-scan* e Planejamento Cirúrgico;
4.Cirurgia de Controle de Danos: Aplicação Baseada na Propedêutica;
5.Novos Marcadores de Instabilidade e Necessidade Cirúrgica;
6.Inteligência Artificial e Decisão Cirúrgica Assistida.

A categorização foi feita com base em diretrizes atualizadas, especialmente aquelas provenientes do *Advanced Trauma Life Support* (ATLS) e documentos técnicos de referência internacional, visando assegurar o rigor científico e a aplicabilidade clínica dos resultados. A categorização foi feita com base em diretrizes atualizadas, especialmente aquelas provenientes do *Advanced Trauma Life Support*

(ATLS) e documentos técnicos de referência internacional, visando assegurar o rigor científico e a aplicabilidade clínica dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação Sistematizada Direcionada à Cirurgia

A utilização do protocolo *Advanced Trauma Life Support* (ATLS) como abordagem inicial ao paciente politraumatizado é essencial para garantir a padronização do atendimento, a identificação precoce de lesões potencialmente fatais e a priorização de intervenções salvadoras. Desenvolvido pelo *American College of Surgeons*, o ATLS propõe uma abordagem sistemática baseada na cronologia previsível de morte por trauma, assegurando que a maior ameaça à vida seja tratada primeiro, mesmo diante de múltiplas lesões (ACS, 2018). Tal abordagem é particularmente relevante nas primeiras horas após o trauma, conhecidas como "hora de ouro", período em que intervenções oportunas influenciam diretamente na sobrevida do paciente (COELHO *et al*., 2014).

A avaliação sistematizada do ATLS segue a sequência ABCDE, priorizando a estabilização rápida e o diagnóstico de condições críticas. De acordo com o protocolo brasileiro, essa abordagem deve ocorrer nos primeiros 2 a 5 minutos após a chegada do paciente, abrangendo desde o manejo das vias aéreas até a exposição total para detecção de lesões ocultas. A atualização mais recente introduziu o “X” ao início do protocolo, enfatizando o controle prioritário de hemorragias exsanguinantes. O controle das vias aéreas com proteção cervical (A) pode exigir intervenções imediatas, como a cricotireoidostomia em casos de trauma facial extenso (ACS, 2018; HSL, 2022).

Na etapa B (*Breathing*), são priorizadas condições como pneumotórax hipertensivo ou aberto, que podem exigir toracostomia imediata. A avaliação clínica é prioritária e não deve ser retardada por exames complementares. O uso do curativo de três pontas no pneumotórax aberto e a punção torácica descompressiva ou de alívio no segundo espaço intercostal no hipertensivo são intervenções fundamentais e muitas vezes definem a sobrevida do paciente (HSL, 2022).

A circulação (C) com controle de hemorragias externas e identificação de sinais de choque também pode indicar a necessidade de cirurgia imediata. Hemorragias intra-abdominais, fraturas pélvicas instáveis ou sangramentos arteriais em extremidades justificam a adoção precoce de medidas como laparotomia exploradora ou controle de danos (*damage control surgery*) (GOMES *et al*., 2023). A classificação do choque, segundo a perda estimada de sangue e alterações hemodinâmicas, auxilia na definição da necessidade de transfusões e intervenção cirúrgica (HSL, 2022).

A avaliação neurológica (D), por meio da Escala de Coma de Glasgow e exame pupilar, permite identificar pacientes que necessitam de abordagem cirúrgica emergencial ou uso de soluções hiperosmolares, como nos casos de hematomas intracranianos com deterioração do nível de consciência (ACS, 2018). Um escore de Glasgow ≤ 8, associado a sinais clínicos e exames de imagem, indica frequentemente a necessidade de descompressão cirúrgica.

Na etapa E (*Exposure*), o paciente deve ser totalmente exposto para detecção de outras lesões que também podem requerer abordagem cirúrgica, como fraturas expostas, amputações traumáticas e lesões abdominais penetrantes (HSL, 2022). É importante manter o controle térmico para evitar hipotermia, que pode agravar a coagulopatia e contribuir para a tríade letal no trauma (hipotermia, acidose e coagulopatia). Por fim, a reavaliação seriada é

indispensável na condução do paciente politraumatizado. Como demonstrado por Coelho *et al*. (2014), a aplicação rigorosa do protocolo ATLS e a reavaliação constante permitiram a identificação precoce de sangramento significativo em um paciente com amputação traumática, o que direcionou corretamente a indicação cirúrgica. Assim, a avaliação sistematizada direcionada à cirurgia não apenas organiza o raciocínio clínico, mas salva vidas ao garantir decisões oportunas baseadas em critérios objetivos.

Ultrassonografia à Beira-Leito (*eFAST)* como Guia para Indicação Cirúrgica

A incorporação da ultrassonografia point-of-care (POCUS), especialmente com o protocolo estendido *eFAST (extended Focused Assessment with Sonography for Trauma),* tem se consolidado como uma das principais inovações no atendimento inicial ao paciente politraumatizado. Essa ferramenta diagnóstica à beira do leito é capaz de identificar, de forma rápida e precisa, coleções de líquido livre em cavidades pleural, peritoneal e pericárdica, além de pneumotórax não detectados clinicamente (BATISTA *et al*., 2024).

De acordo com o ATLS – *Advanced Trauma Life Support*, o uso da ultrassonografia durante a fase de avaliação primária deve ser considerado sempre que houver suspeita de sangramento interno, especialmente em pacientes com instabilidade hemodinâmica (ACS, 2018). O exame *eFAST* é utilizado durante a etapa “C” do ABCDE, complementando a avaliação da circulação, pois contribui para a detecção de hemoperitônio, hemotórax, tamponamento cardíaco e pneumotórax hipertensivo, sendo essencial na decisão cirúrgica precoce.

Um dos grandes diferenciais do protocolo *eFAST* em relação à *FAST* tradicional é a inclusão das janelas torácicas para diagnóstico de pneumotórax, o que torna o exame ainda mais relevante em contextos de trauma toracoabdominal. O exame pode ser realizado em até 3 minutos por operadores experientes, sem interromper o protocolo de atendimento inicial, e sua alta especificidade (acima de 95%) o torna extremamente confiável em casos positivos (DEBENETTI, 2021).

Conforme estudo de Batista *et al*. (2024), o uso do *eFAST* melhora significativamente o prognóstico de pacientes politraumatizados, contribuindo para a redução do tempo até a intervenção definitiva. O exame é portátil, de baixo custo, não emite radiação e permite repetição seriada, o que o torna superior, em muitos casos, ao lavado peritoneal diagnóstico (LPD) e até mesmo à tomografia computadorizada em cenários de instabilidade. Apesar disso, sua sensibilidade é moderada, exigindo correlação clínica e, quando possível, exames complementares.

O ATLS reforça a importância do uso de tecnologias de imagem rápidas, como a USG, para melhorar o tempo de resposta e as decisões clínicas em trauma (ACS, 2018). O *eFAST*, nesse contexto, é destacado como uma ferramenta que deve ser integrada à avaliação primária, principalmente em vítimas de trauma toracoabdominal fechado com sinais de hipovolemia. Sua aplicação precoce pode modificar a conduta, evitando atrasos em indicações cirúrgicas emergenciais.

Apesar das inúmeras vantagens, o uso do *eFAST* ainda enfrenta desafios relacionados à formação técnica, custo de equipamentos e padronização de protocolos em algumas regiões do Brasil (BATISTA *et al*., 2024). A disseminação de programas de capacitação, como os sugeridos por Cruvinel, Marcondes e Ribeiro (2019), e a incorporação da ultrassonografia à formação médica desde a graduação podem contribuir para ampliar o acesso e a acurácia do uso dessa ferramenta no contexto do trauma.

Tomografia *Pan-scan* e Planejamento Cirúrgico

A tomografia computadorizada de corpo inteiro (*pan-scan* ou WBCT) emergiu nas últimas décadas como uma ferramenta fundamental na abordagem inicial de pacientes politraumatizados, estáveis hemodinamicamente, permitindo diagnósticos rápidos e abrangentes, com impacto direto na definição do plano terapêutico. Sua incorporação nos centros de trauma visa acelerar o reconhecimento de lesões ocultas e facilitar decisões críticas, sobretudo em situações de trauma fechado com múltiplas possibilidades lesivas (ORDOÑEZ *et al*., 2020).

Estudos recentes demonstram que o uso precoce da *pan-scan* pode contribuir significativamente para a redução da mortalidade em até 20% nos primeiros 30 dias após o trauma, mesmo em pacientes hemodinamicamente instáveis (FATHI *et al*., 2024). A ampla abrangência anatômica da WBCT permite avaliar simultaneamente o encéfalo, face, coluna, tórax, abdome e pelve em uma única aquisição, agilizando a triagem de lesões potencialmente fatais que não seriam facilmente detectadas em exames físicos ou protocolos seletivos de imagem.

Uma das principais vantagens da tomografia de corpo inteiro é sua capacidade de modificar condutas clínicas e cirúrgicas. Segundo a meta-análise conduzida por Fathi *et al*. (2024), a WBCT foi responsável por alterar a conduta terapêutica em até 34% dos casos avaliados, seja pela indicação imediata de cirurgia, pelo redirecionamento do foco de intervenção ou pela decisão de manejo conservador. Assim, a *pan-scan* atua como um ponto de inflexão entre avaliação diagnóstica e planejamento cirúrgico.

Além disso, a WBCT permite a identificação de lesões complexas que orientam o planejamento cirúrgico em múltiplas especialidades, como neurocirurgia, cirurgia torácica e ortopedia. A Diretriz Estadual do Espírito Santo para atendimento ao politraumatizado recomenda sua realização como exame de escolha na avaliação secundária, principalmente em pacientes instáveis sem fonte hemorrágica evidente (SEA - ES, 2018). Sua utilização sistemática fortalece a integração entre diagnóstico e definição da linha terapêutica.

Outro aspecto relevante é a redução no tempo total de permanência na sala de trauma. Em centros que adotam a WBCT como protocolo padrão, o tempo médio entre admissão e finalização dos exames é inferior a 30 minutos (ORDOÑEZ *et al*., 2020), permitindo uma tomada de decisão mais rápida e segura. Embora o risco de exposição à radiação seja uma preocupação, estudos indicam que os benefícios clínicos superam os potenciais efeitos adversos, especialmente em pacientes com risco de morte iminente (TOQUETON *et al*., 2022).

Por fim, apesar das evidências favoráveis, ainda há controvérsias quanto ao uso universal da *pan-scan*, especialmente em ambientes com poucos recursos. No entanto, sua implementação progressiva, associada a protocolos bem definidos e capacitação das equipes, tem potencial para otimizar o planejamento cirúrgico, reduzir procedimentos desnecessários e salvar vidas, consolidando a WBCT como uma ferramenta imprescindível no arsenal diagnóstico do trauma (FATHI *et al*., 2024; ESPIRITO SANTO, 2018).

Cirurgia de Controle de Danos: Aplicação Baseada na Propedêutica

A Cirurgia de Controle de Danos (CCD) representa um avanço significativo na abordagem do paciente politraumatizado, especialmente quando há instabilidade fisiológica extrema. Desenvolvida com base em princípios navais, a CCD visa preservar a vida ao interromper o ciclo da chamada tríade letal — composta por hipotermia, coagulopatia e acidose metabólica — priorizando a estabilização do paciente antes de

um reparo anatômico definitivo. A propedêutica clínica e laboratorial inicial, nesse contexto, é essencial para identificar rapidamente sinais de deterioração sistêmica e indicar a necessidade da abordagem em etapas (MÓL *et al*., 2024).

O procedimento tradicionalmente se estrutura em três fases: (1) controle rápido da hemorragia e contaminação; (2) reanimação intensiva com correção de distúrbios metabólicos; e (3) tratamento cirúrgico definitivo. Essa organização é sustentada pela propedêutica direcionada, incluindo exames como gasometria arterial (pH < 7,2), temperatura (< 35°C), contagem de plaquetas, tempo de protrombina, lactato (> 4 mmol/L) e sinais clínicos de instabilidade hemodinâmica (CARDOSO JÚNIOR, 2014). A laparotomia abreviada, com tamponamento e laparostomia, é o exemplo clássico da primeira fase.

Diversos estudos apontam que a identificação precoce dos candidatos ideais à CCD é fator determinante de sucesso. De acordo com Talah *et al*. (2023), pacientes com lesões múltiplas, sangramento ativo e parâmetros laboratoriais alterados (hipotermia, acidose e coagulopatia) têm maior benefício com esse tipo de abordagem. A avaliação contínua e o julgamento clínico - baseados em propedêutica detalhada - são cruciais para diferenciar pacientes elegíveis dos que podem ser manejados com cirurgia definitiva precoce.

A evidência atual sugere que cerca de 10% dos pacientes traumatizados graves requerem CCD, e sua correta aplicação pode reduzir a mortalidade de 58% para cerca de 10% (SILVA JÚNIOR *et al*., 2022). No entanto, sua adoção deve ser criteriosa, pois envolve custos elevados, tempo prolongado de internação em UTI e risco de complicações como sepse intra-abdominal e fístulas (NEVES *et al*., 2012). A propedêutica orientada por protocolos como o "*Rotational Thromboelastometry* (ROTEM)" também tem sido incorporada para refinar as indicações, evitando abordagens inadequadas.

Em cenários ortopédicos, a *Damage Control Orthopaedics* (DCO) segue os mesmos princípios, sendo indicada para pacientes com fraturas múltiplas e instabilidade fisiológica. O uso inicial de fixadores externos minimamente invasivos, seguido da estabilização clínica e cirurgia definitiva posterior, mostrou redução de complicações como a síndrome da angústia respiratória aguda (ARDS) e falência múltipla de órgãos (VOLPIN *et al*., 2021). Esses dados reforçam a importância da propedêutica integrada e multidisciplinar.

Estudos como o de Ton *et al*. (2020) mostram que o uso precoce da CCD, guiado por dados clínicos e laboratoriais objetivos, pode interromper a progressão da resposta inflamatória sistêmica e melhorar o prognóstico. Isso inclui o uso de ressuscitação com hemoderivados, hipotensão permissiva e aquecimento ativo do paciente, estratégias que devem ser iniciadas ainda na fase pré-operatória com base na avaliação propedêutica imediata. A diferenciação entre cirurgia definitiva precoce e CCD depende fortemente da interpretação dessas variáveis.

Por fim, a CCD é um recurso valioso quando bem indicado, mas sua aplicabilidade está diretamente relacionada à precisão da avaliação propedêutica inicial. Deixar de reconhecer a necessidade do procedimento pode levar à exaustão metabólica e óbito, enquanto sua indicação inadequada pode expor o paciente a riscos desnecessários (DUPS TALAH *et al*., 2023). Assim, a propedêutica dirigida à identificação de parâmetros fisiopatológicos críticos constitui a base da decisão cirúrgica racional na abordagem do politraumatizado instável.

Novos Marcadores de Instabilidade e Necessidade Cirúrgica

Nos últimos anos, houve um crescente interesse na incorporação de marcadores fisiológicos objetivos que superem as limitações dos sinais vitais isolados na identificação precoce de pacientes em risco de deterioração hemodinâmica e necessidade cirúrgica imediata. Nesse contexto, o *Shock index* (SI), calculado pela razão entre a frequência cardíaca e a pressão arterial sistólica, desponta como uma ferramenta simples, reprodutível e sensível à hipovolemia oculta, mesmo na ausência de hipotensão evidente (CRAWFORD *et al*., 2021).

O estudo multicêntrico de Crawford *et al*. (2021), realizado em um centro urbano da África do Sul, identificou o SI ≥ 0,74 como ponto de corte com poder discriminativo significativo para a necessidade de intervenção cirúrgica emergencial, com área sob a curva (AUC) de 0,60 ($p < 0,0001$). Valores acima de 0,9 foram associados a mortalidade aumentada, mesmo em pacientes inicialmente normotensos. Esses achados confirmam que o SI é mais sensível do que a pressão arterial sistólica isolada para predizer instabilidade circulatória oculta.

Corroborando esses dados, a revisão sistemática e meta-análise conduzida por Carsetti *et al*. (2023) mostrou que o SI apresenta acurácia significativa na previsão da necessidade de transfusão maciça em pacientes com trauma, com sensibilidade de 68% e especificidade de 84% (AUC = 0,85). Já em relação à mortalidade, a acurácia é mais modesta (AUC = 0,553), reforçando que o SI é mais útil como marcador de necessidade de intervenção do que de desfecho final.

Outro avanço relevante é o uso do Delta *Shock index* (ΔSI), que considera a variação do SI entre diferentes momentos do atendimento, especialmente o pré-hospitalar e o hospitalar. Segundo estudos, uma elevação de 0,1 no ΔSI entre o atendimento pré-hospitalar e a chegada ao hospital aumentou em até 36,9% a chance de transfusão e em 33,4% a necessidade de UTI em pacientes oriundos de regiões rurais com longos tempos de transporte (BARDES *et al*., 2023).

Já no ambiente intra-hospitalar, o estudo de Leonardi *et al*. (2022), com pacientes submetidos à cirurgia de controle de danos, mostrou que hipotensão inicial, hiperlactatemia (>5,8 mmol/L), acidose metabólica (pH < 7,19) e coagulopatia (TP > 53 s) foram fortemente associados à mortalidade precoce. Esses parâmetros laboratoriais se destacam como marcadores adicionais de instabilidade fisiológica que devem ser integrados ao processo decisório.

Importante notar que o uso de escores compostos, como o *Injury Severity Score* (ISS), ainda tem valor prognóstico. Crawford *et al*. (2021) identificaram que um ISS ≥ 9 aumentou em mais de 10 vezes a chance de necessidade cirúrgica emergencial (OR = 10,87; IC 95%: 8,05–14,69), embora a sensibilidade tenha sido baixa (17,2%). Isso destaca o papel complementar entre marcadores fisiológicos e anatômicos.

Por fim, a combinação de SI, ΔSI e dados laboratoriais precoces parece representar o futuro na estratificação de risco em pacientes politraumatizados. A tendência atual é o desenvolvimento de algoritmos preditivos baseados em inteligência artificial que integrem esses marcadores para decisões clínicas automatizadas, especialmente em centros de trauma com grande volume e necessidade de priorização de recursos (CARSETTI *et al*., 2023; LEONARDI *et al*., 2022).

Inteligência Artificial e Decisão Cirúrgica Assistida

A inteligência artificial (IA) está revolucionando a prática cirúrgica ao oferecer suporte à tomada de decisão em tempo real, com base em

grandes volumes de dados clínicos. Essa transformação se mostra especialmente útil no cenário do trauma, onde decisões urgentes, complexas e de alto risco são tomadas sob pressão. Conforme enfatizado por Loftus *et al*. (2020), a IA pode superar as limitações dos sistemas tradicionais de apoio à decisão, que dependem de entrada manual de dados e apresentam baixa acurácia, ao integrar dados eletrônicos em tempo real e gerar recomendações personalizadas para o paciente.

Durante o planejamento cirúrgico, algoritmos de machine learning são utilizados para prever riscos operatórios, complicações e mortalidade com base em dados clínicos prévios, imagens, exames laboratoriais e parâmetros fisiológicos. Zarghami (2024) destaca que a IA permite análises aprofundadas de prontuários eletrônicos e exames de imagem, fornecendo recomendações cirúrgicas personalizadas que otimizam o preparo pré-operatório e a seleção do melhor procedimento.

Modelos de aprendizado de máquina supervisionado, como redes neurais e florestas aleatórias, têm sido aplicados com sucesso para prever a mortalidade precoce (em até 72 horas) em politraumatizados, com acurácia superior a 90% em validações externas. O estudo de Yu *et al*. (2024) demonstrou que modelos baseados em XGBoost superaram significativamente escores tradicionais como ISS e GCS, ao incorporar variáveis fisiológicas e diagnósticos médicos simultaneamente.

A tomada de decisão intraoperatória também pode ser aprimorada com IA. Sistemas baseados em visão computacional são capazes de identificar estruturas anatômicas críticas em tempo real, orientar incisões e antecipar eventos adversos durante cirurgias complexas. Ferreres (2024) relata que sistemas com *deep learning* e integração com navegação por imagem já estão sendo utilizados em cirurgias minimamente invasivas, como hepatectomias laparoscópicas guiadas por IA.

Além disso, técnicas como *reinforcement learning* vêm sendo exploradas para recomendar intervenções específicas baseadas em cenários clínicos que se modificam ao longo do tempo. Loftus *et al*. (2020) citam exemplos de algoritmos capazes de recomendar estratégias otimizadas de ressuscitação volêmica e administração de vasopressores em pacientes sépticos, com resultados superiores às condutas clínicas tradicionais.

Contudo, a integração da IA na decisão cirúrgica requer atenção especial a questões éticas, interpretabilidade e governança de dados. Ferreres (2024) alerta para o risco de viés algorítmico, opacidade dos modelos (black-box) e ausência de responsabilidade claramente definida em caso de erro. Ele ressalta que, mesmo com sistemas autônomos, a decisão final e a responsabilidade ética permanecem com o cirurgião humano.

Por fim, o futuro da decisão cirúrgica assistida parece caminhar para uma sinergia entre a experiência clínica e a inteligência artificial, com o uso de sistemas adaptativos que evoluem continuamente conforme novas informações são incorporadas. He *et al*. (2023) demonstram que modelos preditivos baseados em IA podem oferecer vantagens significativas na triagem inicial de pacientes politraumatizados, permitindo alocação racional de recursos e priorização cirúrgica baseada em risco individual.

Discussão

Os avanços na propedêutica do paciente politraumatizado refletem uma transformação significativa nas últimas décadas, sobretudo no que se refere às decisões cirúrgicas em contextos de emergência. A avaliação sistematizada, conforme orientações do *Advanced Trauma Life Support* (ATLS), mantém-se como base

sólida para o reconhecimento precoce de lesões potencialmente fatais. Essa abordagem sequencial e protocolar tem se mostrado fundamental para direcionar decisões cirúrgicas rápidas, reduzindo atrasos críticos e estruturando o raciocínio clínico mesmo em ambientes de alta complexidade e grande demanda assistencial (ACS, 2018). A presença do cirurgião desde o início da avaliação primária, articulando-se com a equipe multidisciplinar, tem contribuído significativamente para otimizar a indicação de intervenções e diminuir a morbimortalidade nos centros de trauma.

Dentro dessa lógica de avaliação precoce, destaca-se a incorporação da ultrassonografia à beira-leito, sobretudo por meio do protocolo *eFAST*, como ferramenta ágil, segura e de baixo custo. A literatura revisada indica que essa tecnologia permite identificar, de forma imediata, líquido livre em cavidades, pneumotórax, hemotórax e tamponamento cardíaco - achados determinantes para a indicação de procedimentos cirúrgicos urgentes, como laparotomia e toracotomia. Além disso, sua aplicabilidade em pacientes instáveis, que não podem ser deslocados com segurança, reforça seu valor propedêutico como extensão do exame físico, especialmente em unidades com recursos limitados (BATISTA *et al*., 2024; DEBENETTI, 2021).

Nos casos em que o paciente apresenta estabilidade hemodinâmica, a tomografia computadorizada de corpo inteiro (*pan-scan*) emerge como uma das mais relevantes inovações diagnósticas. A análise dos estudos demonstra que sua aplicação sistemática permite a detecção de lesões ocultas e a reavaliação de condutas inicialmente propostas, aumentando a precisão diagnóstica e orientando de forma mais eficaz o planejamento cirúrgico. O *pan-scan* também se associa à redução de tempo de internação e mortalidade quando realizado precocemente em protocolos bem estabelecidos, embora sua indicação deva sempre considerar o risco de instabilidade durante o transporte do paciente (FATHI *et al*., 2024; ORDOÑEZ *et al*., 2021).

No campo terapêutico, a cirurgia de controle de danos (CCD) consolida-se como uma resposta cirúrgica eficaz frente à fisiopatologia aguda do trauma grave. Estudos analisados ressaltam que essa abordagem fragmentada - priorizando a contenção da hemorragia, a limitação da contaminação e o resgate fisiológico antes da reparação definitiva - oferece maior sobrevida a pacientes que anteriormente teriam prognóstico reservado. A tríade letal do trauma (coagulopatia, hipotermia e acidose) é diretamente combatida por essa estratégia, cujo sucesso depende da integração entre avaliação inicial precisa, logística cirúrgica e suporte intensivo pós-operatório (DUPS TALAH *et al*., 2023; ABRANTES *et al*., 2012; CARDOSO JÚNIOR, 2014).

Complementarmente, a incorporação de marcadores fisiológicos simples, como o índice de choque, revela-se uma ferramenta valiosa para estimar precocemente a gravidade clínica e indicar a necessidade de intervenção cirúrgica. Estudos mostram que esse índice, derivado da relação entre frequência cardíaca e pressão arterial sistólica, apresenta correlação significativa com desfechos negativos, como necessidade de transfusão maciça, admissão em UTI e óbito. Sua aplicação tanto em ambientes intra quanto pré-hospitalares, associada a outros parâmetros como lactato e déficit de base, permite uma estratificação rápida e eficaz dos pacientes com maior risco (CARSETTI *et al*., 2023; CRAWFORD *et al*., 2021).

Por fim, observa-se o crescimento exponencial do uso da inteligência artificial (IA) como aliada na tomada de decisão cirúrgica em trauma. Modelos de machine learning, como o XGBoost e o *Random Fores*t, vêm sendo vali-

dados em diferentes centros e demonstram desempenho superior aos escores tradicionais, como o ISS e o GCS, especialmente na predição de mortalidade precoce e complexidade do caso. A capacidade de processar grandes volumes de dados clínicos em tempo real possibilita decisões mais personalizadas e baseadas em múltiplos parâmetros, o que pode revolucionar a dinâmica das salas de trauma. No entanto, ainda persistem desafios relacionados à transparência algorítmica, segurança dos dados e integração efetiva nos fluxos clínicos, sendo necessário que a IA atue como suporte - e não substituição - ao julgamento clínico (HE *et al*., 2023; YU *et al*., 2024; LOFTUS *et al*., 2020; ZARGHAMI, 2024).

Portanto, a presente revisão evidencia que os avanços propedêuticos no manejo do paciente politraumatizado, especialmente aqueles voltados à decisão e intervenção cirúrgica em emergência, caminham na direção da precisão diagnóstica, da personalização terapêutica e da integração entre saber técnico, tecnologia e trabalho em equipe. A continuidade da pesquisa e da validação dessas estratégias em diferentes realidades assistenciais será fundamental para garantir equidade, eficácia e segurança na condução dos casos de trauma.

CONCLUSÃO

A evolução da propedêutica no atendimento ao paciente politraumatizado tem refletido um esforço contínuo da comunidade científica e clínica em promover intervenções mais rápidas, seguras e baseadas em evidências. Tecnologias como a tomografia computadorizada de corpo inteiro (*pan-scan*) e a ultrassonografia à beira-leito (*eFAST*) ampliaram a capacidade diagnóstica imediata, permitindo decisões cirúrgicas mais assertivas e melhorando os desfechos clínicos. Simultaneamente, a sistematização da avaliação inicial, conforme os protocolos do ATLS, tem contribuído para uma abordagem mais padronizada, eficiente e coordenada entre as equipes multiprofissionais.

No campo terapêutico, destaca-se a consolidação da cirurgia de controle de danos como uma estratégia indispensável diante da instabilidade hemodinâmica grave, atuando como ponte entre a sobrevida imediata e a reparação definitiva. O uso de marcadores clínicos objetivos, como o índice de choque, e o suporte crescente da inteligência artificial na estratificação de risco e na tomada de decisão cirúrgica demonstram o potencial da integração entre tecnologia e julgamento clínico na condução de casos complexos em trauma. Estes avanços sinalizam uma nova era na cirurgia de emergência, caracterizada por intervenções mais individualizadas, guiadas por dados em tempo real e sustentadas por modelos preditivos robustos.

Dessa forma, este estudo evidencia que o progresso na propedêutica e nas decisões cirúrgicas em trauma não depende apenas de recursos tecnológicos, mas também da qualificação das equipes, da atualização constante de protocolos e da incorporação crítica da ciência à prática clínica. O investimento em pesquisas aplicadas e na construção de diretrizes nacionais e internacionais continua sendo essencial para garantir que os benefícios dessas inovações cheguem de forma equânime e eficaz a todos os pacientes, sobretudo em cenários de urgência e emergência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN COLLEGE OF SURGEONS. Advanced Trauma Life Support: ATLS—Student Course Manual. 10. ed. Chicago: American College of Surgeons, 2018.

BARDES, JM. *et al*. Prehospital Shock index Predicts Outcomes After Prolonged Transport: A Multicenter Rural Study. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, v. 94, n. 4, p. 525–531, 2023. DOI: https://doi.org/10.1097/-TA.0000000000003868.

BATISTA, KKR. *et al*. O impacto do uso do E-FAST e FAST no prognóstico de pacientes politraumatizados. Revista Foco, edição especial, p. 01–10, 2024. DOI: https://doi.org/10.54751/revistafoco.ed.esp-025

CARDOSO JÚNIOR, A. Damage control: a light at the end of the tunnel. Revista Médica de Minas Gerais, [S.L.], v. 24, n. 4, p. 501-508, jan. 2014. GN1 Genesis Network. DOI: http://dx.doi.org/10.5935/2238-3182.20140142.

CARSETTI, A. *et al*. Shock index as predictor of massive transfusion and mortality in patients with trauma: a systematic review and meta-analysis. Critical Care, v. 27, n. 85, 2023. DOI: https://doi.org/10.1186/s13054-023-04386-w.

COELHO, BQ. *et al*. Importância da Reavaliação Primária Seriada na Condução do Politraumatizado – Relato de Caso e Revisão da Literatura. Revista de Medicina, São Paulo, v. 93, n. 4, p. 159-164, 12 ago. 2014.

CRAWFORD, R.; KRUGER, D.; MOENG, M. Shock index as a prognosticator for emergent surgical intervention and mortality in trauma patients in Johannesburg: a retrospective cohort study. Annals of Medicine and Surgery, v. 69, p. 102710, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.102710.

CRUVINEL, J.; MARCONDES, VRV.; RIBEIRO, MAF. Assessing how emergency and trauma ultrasonography is taught to medical students. Einstein (São Paulo), [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-7, 1 fev. 2019. Sociedade Beneficente Israelita Brasileira Hospital Albert Einstein. DOI: http://dx.doi.org/10.31744/einstein_journal/2019ao4469; http://dx.doi.org/%0A10.31744/einstein_journal/2019AO4469.

DEBENETTI, MM. O Uso do Ultrassom por Meio do Protocolo FAST na Avaliação Primária do Trauma: Uma Revisão Não Sistemática da Literatura. Revista da AMRIGS, Porto Alegre, v. 65, n. 4, p. 665–669, out.-dez. 2021.

DUPS TALAH, BA. *et al*. Cirurgia de Controle de Danos no Cenário do Trauma: Finalidade, Indicações e Elegibilidade dos Pacientes. Revista Eletrônica Acervo Científico, v. 45, 2023. DOI: https://doi.org/10.25248/REAC.e13323.2023.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado da Saúde. Atendimento de urgência ao paciente vítima de trauma: diretrizes clínicas. Vitória: Secretaria de Estado da Saúde do Espírito Santo, 2018.

FATHI, M. *et al*. Diagnostic utility of whole-body computed tomography/pan-scan in trauma: a systematic review and meta-analysis study. Emergency Radiology, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10140-024-02213-5.

FERRERES, AR. Ethical Aspects of Artificial Intelligence in General Surgical Practice. Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões, v. 51, 2024. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20243762EDIT01-en.

GOMES, NKC. *et al*. Abordagem inicial no paciente politraumatizado. Brazilian Journal of Health Review, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 20912–20923, set/out. 2023. DOI: https://doi.org/10.34119/bjhrv6n5-121.

HE, W.; FU, X.; CHEN, S. Advancing polytrauma care: developing and validating machine learning models for early mortality prediction. Journal of Translational Medicine, v. 21, p. 664, 2023. DOI: https://doi.org/10.1186/s12967-023-04487-8.

LEONARDI, L. *et al*. Fatores Preditivos de Mortalidade na Cirurgia de Controle de Danos no Trauma Abdominal. Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões, v. 49, e20223390, 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20223390.

LOFTUS, TJ. *et al*. Artificial intelligence and surgical decision-making. JAMA Surgery, v. 155, n. 2, p. 148–158, 2020. 158. DOI: https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.4917.

MÓL, AC. *et al*. Cirurgia de Controle de Danos: Uma Abordagem No Tratamento De Traumatizados. Revista Foco, Edição Especial, e5539, p. 01–10, 2024. DOI: https://doi.org/10.54751/revistafoco.ed.esp-008.

NEVES, BHA. *et al*. Cirurgia Para Controle de Danos: Breve Revisão. Revista Médica de Minas Gerais, v. 22, supl. 5, p. S14-S17, 2012. DOI: https://dx.doi.org/10.5935/2238-3182.20160041.

ORDOÑEZ, C. *et al*. Implementation of a new Single-Pass Whole-Body Computed Tomography Protocol: is it safe, effective and efficient in patients with severe trauma? Colombia Médica, v. 51, n. 1, 2021. DOI: http://doi.org/1-0.25100/cm.v51i1.4224.

RODRIGUES, T. *et al*. Tomografia de corpo todo no trauma e seus desfechos na mortalidade: uma revisão sistemática. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 8, n. 11, p. 72970–72985, nov. 2022. DOI: https://doi.org/10.34117/-bjdv8n11-146.

SILVA JÚNIOR, WT. *et al*. Cirurgia de Controle de Danos: Aspectos Fisiopatológicos, Indicações e Prognóstico. Revista Eletrônica Acervo Científico, v. 16, e5570, 2020. DOI: https://doi.org/10.25248/reac.e5570.2020

TON, L. *et al*. Vantagens da Cirurgia do Controle de Danos Comparada aos Métodos Tradicionais de Abordagem ao Paciente Politraumatizado. Revista Eletrônica Acervo Científico, [S.L.], v. 16, p. 1-7, 17 dez. 2020. Revista Eletronica Acervo Saúde. DOI: http://dx.doi.org/10.25248/reac.e5570.2020.

TOQUETON, TR. *et al*. Tomografia de corpo todo no trauma e seus desfechos na mortalidade: uma revisão sistemática. Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 8, n. 11, p. 72970-72985, 11 nov. 2022. South Florida Publishing LLC. DOI: http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n11-146.

VOLPIN, G. *et al*. Damage control orthopaedics in polytraumatized patients – current concepts. Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma, v. 12, p. 72–82, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.10.018

YU, M. *et al*. Predicting the complexity and mortality of polytrauma patients with machine learning models. Scientific Reports, v. 14, n. 8302, 2024. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-024-58830-0.

ZARGHAMI, A. Role of Artificial Intelligence in Surgical Decision-Making: A Comprehensive Review. Galen Medical Journal, v. 13, e3332, 2024. DOI: https://doi.org/10.31661/gmj.v13i.3332.