



ISSN 2674-8169



Qualis B3
CAPES 2021-2024

Latindex



DOI

Google
Acadêmico

DETECÇÃO DE FRATURAS DO ESQUELETO APENDICULAR PEDIÁTRICO BASEADA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: ESTUDO DE ACURÁCIA DIAGNÓSTICA

Victor Alves Borges Santana¹; João Pedro Martins Pontes¹; Caio Rocha de Oliveira¹; Adriano Alves Pereira Junior¹; Matheus Vinícius Lemes¹; Eduarda Cristina Borges Dorneles¹; Pedro Ribeiro Maciel¹; Maria Clara de Sousa Marcelo¹; Miguel de Faria Teodoro¹; Maria Eduarda Gargion Machado Mendes¹; Pedro Lucas Borges Souza¹; Kelly Cristiene de Freitas Borges¹.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2026v8n8p5-16>

Artigo recebido em 1 de Julho e publicado em 21 de Agosto de 2026

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

RESUMO

Introdução: Fraturas pediátricas figuram entre as principais causas de atendimento em serviços de emergência, sendo frequentemente de difícil diagnóstico devido às particularidades do esqueleto em desenvolvimento. Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) surge como ferramenta promissora para aprimorar a acurácia diagnóstica e auxiliar na interpretação de exames radiográficos. **Objetivos:** Avaliar o desempenho da inteligência artificial na detecção de fraturas do esqueleto apendicular pediátrico, bem como analisar seu impacto como ferramenta de apoio à decisão clínica. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, com busca realizada nas bases PubMed, Embase, Scopus, Web of Science e Cochrane Library, abrangendo o período de 2022 a 2026. Foram incluídos estudos que avaliaram algoritmos de IA aplicados à detecção de fraturas em crianças, com análise de desfechos como sensibilidade, especificidade e acurácia diagnóstica. **Resultados:** Os estudos demonstraram que a IA apresenta desempenho diagnóstico elevado, com sensibilidade e especificidade comparáveis ou superiores às de profissionais de saúde em determinados contextos. Ademais, o uso combinado entre IA e avaliação médica resultou em aumento significativo da acurácia diagnóstica e redução de erros, especialmente entre profissionais menos experientes. Contudo, a IA isolada ainda apresenta limitações, como maior ocorrência de falsos-negativos em alguns cenários. **Discussão:** Apesar dos avanços, a aplicabilidade da IA ainda enfrenta desafios, incluindo heterogeneidade metodológica, necessidade de validação externa e limitações relacionadas às variações anatômicas pediátricas. **Conclusão:** A IA configura-se como ferramenta complementar promissora, capaz de aprimorar o diagnóstico de fraturas pediátricas, embora estudos adicionais sejam necessários para sua implementação segura e eficaz.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Fraturas pediátricas; Radiografia; Diagnóstico.

Artificial Intelligence–Based Detection of Pediatric Appendicular Skeletal Fractures: A Diagnostic Accuracy Study

ABSTRACT

Introduction: Pediatric fractures are among the leading causes of emergency department visits and are often difficult to diagnose due to the unique characteristics of the developing skeleton. In this context, artificial intelligence (AI) emerges as a promising tool to improve diagnostic accuracy and assist in the interpretation of radiographic examinations. **Objectives:** To evaluate the performance of artificial intelligence in detecting pediatric appendicular skeletal fractures, as well as to analyze its impact as a clinical decision-support tool. **Methodology:** This is a narrative literature review, with a search conducted in the PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, and Cochrane Library databases, covering the period from 2022 to 2026. Studies evaluating AI algorithms applied to fracture detection in children were included, with analysis of outcomes such as sensitivity, specificity, and diagnostic accuracy. **Results:** The studies demonstrated that AI shows high diagnostic performance, with sensitivity and specificity comparable to or higher than those of healthcare professionals in certain contexts. Furthermore, the combined use of AI and medical evaluation resulted in a significant increase in diagnostic accuracy and a reduction in errors, especially among less experienced professionals. However, AI used in isolation still presents limitations, such as a higher occurrence of false negatives in some scenarios. **Discussion:** Despite advancements, the applicability of AI still faces challenges, including methodological heterogeneity, the need for external validation, and limitations related to pediatric anatomical variations. **Conclusion:** AI represents a promising complementary tool capable of improving the diagnosis of pediatric fractures; however, further studies are needed to ensure its safe and effective implementation.

Keywords: Artificial intelligence; Pediatric fractures; Radiography; Diagnosis.

Instituição afiliada – Centro Universitário de Goiátuba - Unicerrado

Autor correspondente: Victor Alves Borges Santana victor.a.b.santana@alunos.unicerrado.edu.br

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



INTRODUÇÃO

As lesões musculoesqueléticas representam uma das principais causas de atendimento e internação em serviços de emergência pediátrica, sendo as fraturas apendiculares um importante desafio diagnóstico na prática clínica. Nesse contexto, a radiografia convencional permanece como método fundamental para a avaliação inicial desses pacientes, entretanto, sua interpretação no ambiente de pronto-socorro frequentemente é realizada por profissionais não especialistas em radiologia pediátrica, condição que pode favorecer a ocorrência de erros diagnósticos, como falsos negativos e falsos positivos (Kavak *et al.*, 2024). Ademais, o esqueleto infantil apresenta particularidades anatômicas relacionadas ao processo de crescimento, como presença de placas epifisárias, núcleos de ossificação e padrões específicos de fraturas, tornando a identificação dessas alterações ainda mais complexa (Zech *et al.*, 2023). Sob essa perspectiva, ferramentas baseadas em inteligência artificial (IA) surgem como uma alternativa promissora, atuando como suporte complementar à avaliação médica e potencialmente contribuindo para maior precisão diagnóstica e segurança no atendimento pediátrico (Gasmi *et al.*, 2023).

A utilização de métodos de inteligência artificial (IA) no auxílio ao diagnóstico por imagem tem apresentado crescimento expressivo nos últimos anos, sobretudo pela capacidade desses sistemas em reconhecer padrões complexos em exames radiográficos. Nesse cenário, algoritmos baseados em aprendizado profundo demonstram potencial para atuar como ferramentas complementares à avaliação médica, contribuindo para a identificação de fraturas e para o aprimoramento da acurácia diagnóstica em diferentes cenários clínicos (Calleja *et al.*, 2025). Entretanto, apesar dos avanços observados em estudos recentes, a implementação desses recursos na população pediátrica ainda apresenta desafios, principalmente devido às características específicas do esqueleto em desenvolvimento e às diferenças anatômicas relacionadas ao crescimento infantil (Ziegner *et al.*, 2025). Sob essa perspectiva, avaliações externas e estudos realizados em condições próximas à prática clínica são fundamentais para determinar a real aplicabilidade dessas tecnologias, bem como compreender suas limitações e possíveis vieses diagnósticos (Pauling *et al.*, 2026).

Assim, a análise da acurácia de ferramentas de IA para detecção de fraturas apendiculares pediátricas torna-se essencial para estabelecer seu papel como suporte complementar na tomada de decisão médica.

METODOLOGIA

O presente estudo configurou-se como uma revisão bibliográfica de natureza narrativa, cujo propósito consistiu em reunir, analisar e sintetizar criticamente as evidências disponíveis acerca da utilização da inteligência artificial na detecção de fraturas do esqueleto apendicular pediátrico. A delimitação temporal compreendeu o período entre janeiro de 2022 e janeiro de 2026, contemplando produções científicas recentes e alinhadas ao avanço tecnológico observado na área, incluindo estudos observacionais, ensaios clínicos, validações externas, revisões sistemáticas e metanálises relevantes ao tema (Offiah *et al.*, 2022; Zech *et al.*, 2023; Gasmi *et al.*, 2023; Altmann-Schneider *et al.*, 2024; Kavak *et al.*, 2024; Yogendra *et al.*, 2024; Calleja *et al.*, 2025; Ziegner *et al.*, 2025; Pauling *et al.*, 2026). A estratégia de busca foi conduzida de maneira sistematizada nas principais bases de dados internacionais, a saber: PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science e Cochrane Library, sendo adicionalmente realizada busca complementar no Google Scholar, com o intuito de identificar estudos potencialmente elegíveis não indexados. Para tanto, empregaram-se descritores em língua inglesa, como “Artificial intelligence”, “Pediatric fractures”, “Appendicular skeleton”, “Radiography”, “Deep learning” e “Fracture detection”, combinados por meio de operadores booleanos (“AND” e “OR”), permitindo, por conseguinte, ampliar a sensibilidade da busca e refinar a especificidade dos resultados obtidos. No que tange aos critérios de inclusão, foram considerados estudos que: i) avaliaram o uso de ferramentas de inteligência artificial na detecção de fraturas em população pediátrica; ii) incluíram exames de imagem, especialmente radiografias do esqueleto apendicular; iii) apresentaram desfechos relacionados à acurácia diagnóstica, como sensibilidade, especificidade e área sob a curva (AUC); iv) estavam disponíveis em texto completo; e v) foram publicados nos idiomas inglês, português ou espanhol. Em contrapartida, foram excluídos: i) relatos de caso isolados, cartas ao editor, editoriais e resumos de congressos; ii) estudos voltados exclusivamente à população adulta; iii) investigações que não utilizaram inteligência artificial como ferramenta principal de

análise; e iv) publicações com dados insuficientes para avaliação crítica. Ademais, a extração dos dados foi realizada de forma criteriosa, contemplando variáveis como delineamento do estudo, características da amostra, tipo de algoritmo utilizado, região anatômica avaliada, desempenho diagnóstico e limitações metodológicas. Dessa maneira, por meio de análise narrativa, buscou-se identificar convergências, lacunas e potenciais vieses na literatura, permitindo uma compreensão mais abrangente acerca do papel da inteligência artificial na prática radiológica pediátrica. Não obstante os avanços observados, cumpre salientar limitações inerentes ao estudo, tais como a heterogeneidade metodológica entre as pesquisas incluídas, a variabilidade dos cenários clínicos avaliados e a ainda limitada quantidade de estudos multicêntricos, fatores que podem restringir a generalização dos achados e reforçam a necessidade de investigações futuras com maior robustez metodológica.

REVISÃO DE LITERATURA

A aplicação da inteligência artificial (IA) na radiologia musculoesquelética pediátrica tem se expandido progressivamente, sobretudo em virtude da capacidade desses sistemas em auxiliar na interpretação de exames de imagem e na identificação de alterações sutis. Nesse contexto, algoritmos baseados em aprendizado profundo, especialmente redes neurais convolucionais, vêm sendo utilizados para automatizar ou semiautomatizar a detecção de fraturas em radiografias, atuando como ferramentas de suporte à decisão clínica (Offiah et al., 2022). Não obstante, a utilização dessas tecnologias na população pediátrica apresenta desafios adicionais, uma vez que as variações anatômicas relacionadas ao crescimento e à maturação óssea podem interferir na acurácia dos modelos, exigindo treinamento específico e validação em diferentes faixas etárias (Altmann-Schneider et al., 2024). Ademais, estudos recentes sugerem que o uso combinado da IA com a avaliação médica pode melhorar o desempenho diagnóstico, especialmente entre profissionais menos experientes, contribuindo para a redução de erros e maior padronização das interpretações radiográficas (Yogendra et al., 2024). Dessa forma, a incorporação da IA na prática radiológica pediátrica configura-se como uma estratégia promissora, ainda que dependente de validações adicionais e de análise crítica quanto às suas limitações.

As fraturas pediátricas configuram uma das principais demandas em serviços de emergência e atenção primária, apresentando incidência significativa ao longo da infância. Estima-se que uma parcela relevante das crianças sofrerá ao menos um episódio de fratura, o que reforça a necessidade de diagnóstico rápido e preciso para adequada condução terapêutica. Entretanto, a interpretação das radiografias nessa população pode ser particularmente desafiadora, sobretudo em virtude das variações anatômicas relacionadas ao crescimento ósseo e à presença de estruturas como placas epifisárias, que podem simular ou ocultar traços de fratura (Offiah et al., 2022). Ademais, a menor familiaridade de médicos generalistas e até mesmo de alguns radiologistas com essas particularidades contribui para a ocorrência de erros diagnósticos, os quais podem resultar em atraso no tratamento e possíveis repercussões funcionais a longo prazo (Altmann-Schneider et al., 2024). Nesse ínterim, estudos recentes apontam que ferramentas baseadas em inteligência artificial podem apresentar desempenho comparável ou superior ao de profissionais em diferentes níveis de experiência, além de aumentar a sensibilidade diagnóstica quando utilizadas como suporte à decisão clínica (Gasmi et al., 2023). Dessa maneira, a incorporação da IA no contexto da radiologia pediátrica surge como uma alternativa promissora para reduzir falhas diagnósticas e otimizar o cuidado ao paciente infantil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que tange aos achados analisados, observa-se que o desempenho da inteligência artificial na detecção de fraturas pediátricas, embora promissor, ainda apresenta limitações quando avaliado de forma isolada. Em um estudo com 48 pacientes e 336 radiografias, contendo 206 fraturas confirmadas por consenso entre especialistas, a acurácia da IA foi inferior à dos radiologistas, alcançando 74,8%, ao passo que os profissionais apresentaram desempenho médio de 83,4% (Pauling et al., 2026). Não obstante, cumpre destacar que a utilização da IA como ferramenta de apoio resultou em incremento substancial da acurácia diagnóstica, elevando-a para 90,7%, o que evidencia seu potencial como recurso complementar. Ademais, verificou-se que, apesar de a IA apresentar maior número de resultados falso-negativos, sua influência sobre a

tomada de decisão médica mostrou-se relevante, visto que a maioria das mudanças realizadas pelos radiologistas em concordância com o sistema culminou em desfechos corretos. Corroborando tais achados, uma revisão sistemática com meta-análise demonstrou que algoritmos de IA podem alcançar sensibilidade superior à interpretação humana, sem prejuízo da especificidade, além de melhorar significativamente o desempenho clínico quando utilizados de forma assistida (Calleja et al., 2025). Destarte, infere-se que a IA, ainda que não substitua a avaliação médica, configura-se como ferramenta adjuvante capaz de aprimorar a acurácia diagnóstica e otimizar a prática clínica em contextos pediátricos.

Outrossim, evidências adicionais reforçam que o desempenho da inteligência artificial na detecção de fraturas pediátricas pode atingir níveis elevados, sobretudo quando integrada à prática clínica. Em análise recente, observou-se que o modelo de IA isolado apresentou elevada acurácia, com área sob a curva ROC próxima de 0,97, além de sensibilidade e especificidade expressivas, evidenciando sua capacidade em identificar corretamente a maioria dos casos (Kavak et al., 2024). Não obstante, o aspecto mais relevante reside no uso combinado entre IA e avaliação médica, uma vez que radiologistas assistidos por essa tecnologia demonstraram melhora significativa tanto na sensibilidade quanto na acurácia diagnóstica, quando comparados àqueles que não utilizaram suporte algorítmico. Ademais, a incorporação da IA proporcionou incremento consistente na capacidade de detecção, reduzindo falhas interpretativas e aprimorando o desempenho global dos profissionais. Conquanto tais resultados sejam encorajadores, cumpre salientar que, no contexto da radiologia pediátrica, a IA ainda se estabelece majoritariamente como ferramenta auxiliar, não substitutiva, sendo imprescindível a atuação do especialista para interpretação crítica dos achados e tomada de decisão clínica (Offiah et al., 2022). Dessa forma, depreende-se que a sinergia entre inteligência artificial e julgamento médico representa, hodiernamente, a abordagem mais eficaz para otimização dos resultados diagnósticos.

Não obstante os achados promissores, o presente estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiramente, destaca-se a heterogeneidade metodológica entre os estudos incluídos, com variações nos delineamentos, tamanhos amostrais, populações avaliadas e tipos de algoritmos de inteligência artificial utilizados, o que pode comprometer a comparabilidade direta dos

resultados. Ademais, grande parte das pesquisas foi conduzida em ambientes controlados ou em centros únicos, o que pode limitar a generalização dos achados para cenários clínicos distintos da prática real. Soma-se a isso a possibilidade de viés de seleção e de publicação, uma vez que estudos com resultados positivos tendem a ser mais frequentemente divulgados. Outrossim, a escassez de validações externas robustas e de estudos multicêntricos de grande escala restringe a avaliação da aplicabilidade universal dessas ferramentas. Por fim, ressalta-se que muitos algoritmos ainda não são treinados especificamente em populações pediátricas diversas, o que pode impactar seu desempenho diante das variações anatômicas e do espectro de patologias dessa faixa etária, evidenciando a necessidade de investigações futuras com maior rigor metodológico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, conclui-se que a inteligência artificial demonstra elevado potencial como ferramenta auxiliar na detecção de fraturas do esqueleto apendicular pediátrico, apresentando desempenho diagnóstico relevante e, sobretudo, capacidade de aprimorar a acurácia quando utilizada em associação à avaliação médica. Ademais, evidências indicam que o suporte da IA pode contribuir para o aumento da sensibilidade diagnóstica, especialmente entre profissionais menos experientes, reduzindo a ocorrência de erros e favorecendo uma tomada de decisão mais segura. Não obstante, sua aplicação isolada ainda apresenta limitações, particularmente no que se refere a resultados falso-negativos e à necessidade de validação em diferentes contextos clínicos. Assim, a IA não deve ser compreendida como substituta do radiologista, mas, sim, como instrumento complementar capaz de otimizar o fluxo de trabalho e a qualidade assistencial. Por conseguinte, torna-se imprescindível o desenvolvimento de estudos multicêntricos, com amostras mais robustas e maior padronização metodológica, a fim de consolidar sua aplicabilidade na prática clínica e garantir sua implementação de forma segura e eficaz.

REFERÊNCIAS

Altmann-Schneider I, Kellenberger CJ, Pistorius SM, Saladin C, Schäfer D, Arslan N, Fischer HL, Seiler M. Artificial intelligence-based detection of paediatric appendicular skeletal fractures: performance and limitations for common fracture types and locations. *Pediatr Radiol*. 2024 Jan;54(1):136-145. doi: 10.1007/s00247-023-05822-3. Epub 2023 Dec 15. PMID: 38099929; PMCID: PMC10776701.

Calleja J, Muscat K, Calleja J, Firth G. Artificial Intelligence in Paediatric and Adolescent Fracture Detection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 2025 Sep 13;17(9):e92199. doi: 10.7759/cureus.92199. PMID: 41089155; PMCID: PMC12516640.

Gasmi I, Calinghen A, Parienti JJ, Belloy F, Fohlen A, Pelage JP. Comparison of diagnostic performance of a deep learning algorithm, emergency physicians, junior radiologists and senior radiologists in the detection of appendicular fractures in children. *Pediatr Radiol*. 2023 Jul;53(8):1675-1684. doi: 10.1007/s00247-023-05621-w. Epub 2023 Mar 6. PMID: 36877239.

Kavak N, Kavak RP, Güngörer B, Turhan B, Kaymak SD, Duman E, Çelik S. Detecting pediatric appendicular fractures using artificial intelligence. *Rev Assoc Med Bras (1992)*. 2024 Aug 30;70(9):e20240523. doi: 10.1590/1806-9282.20240523. PMID: 39230068; PMCID: PMC11371126.

Offiah AC. Current and emerging artificial intelligence applications for pediatric musculoskeletal radiology. *Pediatr Radiol*. 2022 Oct;52(11):2149-2158. doi: 10.1007/s00247-021-05130-8. Epub 2021 Jul 16. PMID: 34272573; PMCID: PMC9537230.

Pauling C, Laidlow-Singh H, Evans E, Garbera D, Williamson R, Fernando R, Thomas K, Martin H, Arthurs OJ, Shelmerdine SC. External validation of an artificial intelligence tool for fracture detection in children with osteogenesis imperfecta: a multireader study. *Eur Radiol*. 2026 Jan;36(1):515-525. doi: 10.1007/s00330-025-11790-z. Epub 2025 Jul 7. PMID: 40624375; PMCID: PMC12712034.

Yogendra P M, Goh AGW, Yee SY, Jawan F, Koh KKN, Tan TSE, Woon TK, Yeap PM, Tan MO.



Accuracy of radiologists and radiology residents in detection of paediatric appendicular fractures with and without artificial intelligence. *BMJ Health Care Inform.* 2024 Dec 5;31(1):e101091. doi: 10.1136/bmjhci-2024-101091. PMID: 39638562; PMCID: PMC11624698.

Zech JR, Carotenuto G, Igbinoba Z, Tran CV, Insley E, Baccarella A, Wong TT. Detecting pediatric wrist fractures using deep-learning-based object detection. *Pediatr Radiol.* 2023 May;53(6):1125-1134. doi: 10.1007/s00247-023-05588-8. Epub 2023 Jan 18. PMID: 36650360.

Ziegner M, Pape J, Lacher M, Brandau A, Kelety T, Mayer S, Hirsch FW, Rosolowski M, Gräfe D. Real-life benefit of artificial intelligence-based fracture detection in a pediatric emergency department. *Eur Radiol.* 2025 Oct;35(10):5881-5890. doi: 10.1007/s00330-025-11554-9. Epub 2025 Apr 7. PMID: 40192806; PMCID: PMC12417293.