

KASPRZAK, Maria, OSIŃSKI, Damian, KAWA, Zuzanna, JĘDRZEJEWSKA, Aleksandra, JURECZKO, Aleksandra, KLECZAJ, Klaudia, LEVADNA, Valentyna, JAWOROWSKA, Julia, BABIARZ, Gabriela, and KANARSZCZUK, Julia. Detection of Bone Fractures by AI Algorithms – Comparison of the Effectiveness of Changes by a Doctor and AI Models. Quality in Sport. 2026;49:67874. eISSN 2450-3118.

<https://doi.org/10.12775/QS.2026.49.67874>

<https://apcz.umk.pl/QS/article/view/67874>

The journal has been awarded 20 points in the parametric evaluation by the Ministry of Higher Education and Science of Poland. This is according to the Annex to the announcement of the Minister of Higher Education and Science dated 05.01.2024, No. 32553. The journal has a Unique Identifier: 201398. Scientific disciplines assigned: Economics and Finance (Field of Social Sciences); Management and Quality Sciences (Field of Social Sciences).

Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 20 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Szkolnictwa Wyższego i Nauki z dnia 05.01.2024 Lp. 32553. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201398. Przypisane dyscypliny naukowe: Ekonomia i finanse (Dziedzina nauk społecznych); Nauki o zarządzaniu i jakości (Dziedzina nauk społecznych). © The Authors 2025.

This article is published with open access under the License Open Journal Systems of Nicolaus Copernicus University in Torun, Poland. Open Access: This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License, which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), which permits unrestricted, non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.

Received: 01.01.2026. Revised: 08.01.2026. Accepted: 16.01.2026. Published: 18.01.2026.

Detection of Bone Fractures by AI algorithms – Comparison of the Effectiveness of Recognition of Changes by a Doctor and AI Models

Maria Kasprzak [MK]

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4201-2231>

kasprzak.maria.anna@gmail.com

Student Scientific Club at the Department of Medical Informatics and Statistics with e-Health Lab, Medical University of Lublin,

Medical University of Lublin, Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

Damian Osiński [OD]

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5197-3173>

osinski.damian00@gmail.com

Medical University of Lublin, Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

Zuzanna Kawa [ZK]

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2579-2888>

zuziak772@gmail.com

Student Scientific Club at the Department of Medical Informatics and Statistics with e-Health Lab, Medical University of Lublin

Medical University of Lublin, Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

Aleksandra Jędrzejewska [AJD]

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8118-1810>

ola.jedrzejewska@o2.pl

Student Scientific Club at the Department of Medical Informatics and Statistics with e-Health
Lab, Medical University of Lublin,
Medical University of Lublin, Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

Aleksandra Jureczko [AJU]

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5562-2637>

olajureczko01@gmail.com

Student Scientific Club at the Department of Medical Informatics and Statistics with e-Health
Lab, Medical University of Lublin,
Medical University of Lublin, Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

Klaudia Kleczaj [KK]

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-6863>

klaudia.kleczaj@gmail.com

Student Scientific Club at the Department of Medical Informatics and Statistics with e-Health
Lab, Medical University of Lublin,
Medical University of Lublin, Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

Valentyna Levadna [VL]

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0287-7112>

valyalevadnaya27@gmail.com

Student Scientific Club at the Department of Medical Informatics and Statistics with e-Health
Lab, Medical University of Lublin,
Medical University of Lublin, Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

Julia Jaworowska [JJ]

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5770-7578>

j.u.l.a.jaworowska@gmail.com

Student Scientific Club at the Department of Medical Informatics and Statistics with e-Health
Lab, Medical University of Lublin,
Medical University of Lublin, Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

Gabriela Babiarz [GB]

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2715-6470>

gabrielakarolina.babiarz@gmail.com

Medical University of Lublin

Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

Julia Kanarszczuk [JK]

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7482-2379>

jkanarszczuk01@gmail.com

Medical University of Lublin

Aleje Racławickie 1, 20-059 Lublin, Poland

ABSTRACT

Introduction. Artificial intelligence is playing an increasingly significant role in medicine and has the potential to assist not only specialists but also other medical professionals in detecting fractures based on X-ray and CT scans. Algorithms based on deep learning are particularly useful in radiology and orthopedics.

Purpose of the study. Summary of publicly available publications and studies comparing the effectiveness of AI and physicians in recognizing bone fractures.

Materials and methodology. A review of the literature available on PubMed, Google Scholar and Scopus was conducted.

Conclusions. The use of artificial intelligence algorithms can reduce the time required for fracture detection to as little as one minute. AI is better at identifying fractures that are difficult for humans to detect but struggles with more obvious and visible fractures. Artificial intelligence has the same or lower sensitivity and specificity in fracture detection as a specialist doctor but achieves higher accuracy compared to a resident doctor or a general practitioner.

Summary. Based on the analyzed studies, it can be observed that artificial intelligence will prove useful as an aid; a suggestion in diagnosis for a young doctor, but does not replace specialist doctors, who achieve higher accuracy in detecting fractures on X-rays and CT scans. Furthermore, it is worth reconsidering the reanalysis of existing studies and comparing AI results not only with human knowledge but also with CT scans, as they are considered more reliable.

Keywords: Artificial Intelligence, AI, fractures, AI algorithms, Machine Learning, Medical Image Analysis, Fracture Detection, Traumatology, Trauma AI, AI Models, Fracture Recognition, Specificity, Sensitivity, Radiology, Orthopedics, AI in Orthopedics, AI in Radiology, X-ray Images, CT, AI in Medicine, Detection, Prediction

Abstrakt

Wprowadzenie. Sztuczna inteligencja odgrywa coraz większą rolę w medycynie, potencjalnie może wspierać lekarzy specjalistów i nie tylko, w wykrywaniu złamań na podstawie zdjęć rentgenowskich i tomografii komputerowej. Szczególnie przydane w radiologii i ortopedii są algorytmy oparte na deep learning.

Cel Pracy. Podsumowanie ogólnodostępnych publikacji oraz badań porównujących skuteczność rozpoznawania złamań kości przez AI, a lekarzy.

Materiały i metody. Dokonano przeglądu literatury dostępnych w serwisie PubMed, Google Scholar i Scopus.

Wyniki. Wykorzystanie algorytmu sztucznej inteligencji, może doprowadzić do zmniejszenia czasu rozpoznania złamania do jednej minuty. AI lepiej jest w stanie rozpoznać trudne do wykrycia przez człowieka złamanie, ale ma problem w bardziej oczywistych i widocznych złamaniach. Sztuczna inteligencja ma taką samą lub niższą czułość i swoistość w rozpoznawaniu złamań, jak lekarz specjalista, natomiast uzyskuje wyższe wyniki niż lekarz rezydent czy lekarz pierwszego kontaktu.

Podsumowanie. Na podstawie przeanalizowanych badań, można zaobserwować, że sztuczna inteligencja sprawdzi się jako pomoc; sugestia w diagnozie dla młodego lekarza, ale nie zastąpi lekarzy specjalistów, którzy uzyskują wyższe wyniki w wykrywaniu złamań na zdjęciach RTG czy tomografii komputerowej. Ponadto należy zastanowić się nad ponowną analizą dotychczasowych badań i porównać wyniki sztucznej inteligencji z tomografią komputerową, a tylko z wiedzą ludzką.

Słowa Klucz: Sztuczna Inteligencja, AI, złamania, Algorytmy AI, Uczenie Maszynowe, Analiza obrazów medycznych, Rozpoznawanie złamań, AI w ortopedii, traumatologia, Trauma AI, Modele AI, wykrywanie złamań, specyficzność, czułość, radiologia, ortopedia, AI w ortopedii, AI w radiologii, zdjęcia RTG, tomografia komputerowa, AI w medycynie, detection, prediction

Spis treści

1. Wprowadzenie
2. Cel pracy
3. Materiały i metody
4. Wyniki
 - 4.1. Skuteczność metod automatycznych
 - 4.2. Złamania biodra
 - 4.3. Klasyfikacja złamań
 - 4.4. Wykrywanie złamań na podstawie tomografii komputerowej
 - 4.5. Złamania żeber
 - 4.6. Złamania kości łódeczkowatej
 - 4.7. Ocena złamań miednicy i uda
 - 4.8. Wykrywanie zmian na RTG
5. Podsumowanie
6. Wkład autorów
7. Oświadczenie o finansowaniu
8. Oświadczenie Komisji Etycznej
9. Zgoda uczestników
10. Dostępność danych
11. Oświadczenie o konflikcie interesów
12. Deklaracja dotycząca wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji
13. Bibliografia

Wprowadzenie

Wykorzystanie Sztucznej Inteligencji (AI) w każdej dziedzinie wzrasta, a medycyna nie jest wyjątkiem – prawie każda specjalizacja zaadoptowała i dostosowała do swoich potrzeb tę potencjalnie rewolucyjną pomoc. Ortopedia wykorzystuje ją między innymi do: planowania operacji, dobierania odpowiednich implantów czy protez oraz w połączeniu z drukiem 3D-

projektowanie ich idealnie na potrzeby pacjenta, minimalizowanie błędów ludzkich podczas operacji, wspomagania rehabilitacji oraz diagnostyki obrazowej.[1,2]

AI dzięki temu może być wykorzystywane przy wykrywaniu złamań. Algorytmy wykorzystujące deep learning stworzonych na podobieństwo ludzkiego myślenia, są głównymi wykorzystywanymi algorytmami w tej dziedzinie medycyny. [3]

W najnowszym badaniu (2025) zastosowano transfer learning i na podstawie modelu pierwotnie rozpoznającego obiekty codziennego użytku, punkty orientacyjne na mapie czy rozpoznawanie cech twarzy na zdjęciach, stworzono model MobileNet osiągający dokładność nawet 99%. [4,5]

Temat ten jest szczególnie ciekawy, gdyż takie wykorzystanie AI może nam dać nowe możliwości takie jak: przyspieszenie procesu przyjmowania pacjentów do szpitala, czyli zmniejszenie obciążenia pracowników ochrony zdrowia i ich większą wydajność. [6]

Implementowanie sztucznej inteligencji jako pomocy medycznej już na etapie studiów, może pomóc ulepszyć algorytmy i przyzwyczaić się młodym medykom do korzystania z takiego rodzaju wsparcia.

Wiele lekarzy obawia się sztucznej inteligencji, ponieważ traktują ją jako potencjalne zagrożenie ich obecnej posady, natomiast w rzeczywistości ma funkcjonować ona tylko i wyłącznie jako ich pomoc- sugerując potencjalne diagnozy, AI nie może zastąpić wiedzy, doświadczenia i ostatecznej decyzji lekarza. Drugim zagrożeniem, które często rozpatrywane jest w temacie sztucznej inteligencji to jej błędna interpretacja zdjęć (i nie tylko), co nie może być wyeliminowane całkowicie, ale dzięki współpracy z doświadczonymi lekarzami, jesteśmy w stanie stale udoskonalać algorytm, co poprawi jego wyniki.

Na chwilę obecną istnieje wiele badań które potwierdzają skuteczność takiej metody lub jej zaprzeczają. Efektywne wykrywanie złamań przez sztuczną inteligencję nie tylko ułatwiłoby pracę radiologów i ortopedów, lekarzy pierwszego kontaktu, ale również znacznie przyspieszyło cały proces odpowiedniej diagnozy i dalszego leczenia pacjenta.

Cel Pracy Głównym celem pracy jest podsumowanie ogólnodostępnych publikacji oraz badań porównujących skuteczność rozpoznawania złamań kości przez AI, a lekarzy i na jego podstawie przeanalizować: precyzję, współpracę z lekarzami na różnym poziomie wiedzy, zidentyfikowanie ograniczeń, ocenienie wiarygodności badań, ocenienie wpływu na codzienną praktykę medyczną oraz zaproponowanie rekomendacji dla praktyki klinicznej.

Materiały i metody: Dokonano przeglądu literatury dostępnych w serwisie PubMed, Scopus, Google Scholar przy użyciu fraz “Orthopedic AI”, “Fracture AI”, “diagnostic efficiency AI”, “doctor vs AI”, “Retrospective studies”, “deep learning”, “diagnostic imaging”.

Wybrano artykuły takie które: zawierały konkretne liczby, wyniki i wartości statystyczne które można było porównać, artykuły zawierające rozpoznawanie złamań różnych kości i- większość prac wydanych do tej pory dotyczy kończyny dolnej lub górnej- dlatego ten rodzaj się powtarza, ale zwrócono uwagę by przegląd dotyczył jak największej różnej ilości kości.

Dodatkowo w wybranych artykułach wyniki AI porównywane są z lekarzami na różnym poziomie ich kariery: specjaliści, rezydenci, stażyści czy lekarze pierwszego kontaktu.

Wyniki

Skuteczność metod automatycznych

W 2018 roku porównanych zostało dziesięć badań odnośnie klasyfikacji i wykrywania złamań przez sztuczną inteligencję z których: dla 5 badań sprawdzających wykrywanie złamań przez AI, wartość AUC (area under the curve) wyniosła 0.95-1.0 czyli prawie stu procentową nieomyślność sztucznej inteligencji, dla 7 badań tego samego typu, precyzyjność wyniosła 83-98%, natomiast dwa badania okazały się być dokładniejsze od rozpoznania i klasyfikacji specjalisty (złamanie biodra i proksymalnej części kości udowej), a jedno badanie wykazało taką samą precyzyjność w wykryciu złamania nadgarstka, kości ramiennej i kości w obrębie stawu skokowego.[7,8,9]

Złamania biodra

W 2022 roku opublikowane zostało badanie w którym porównane zostało wykrywanie złamań przez algorytm YOLOv4-tiny oraz lekarzy pierwszego kontaktu (GP), rezydentów pierwszego roku oraz specjalistów. AI najpierw dostało 900 zdjęć rentgenowskich kości (450 zdjęć złamań i 450 zdjęć prawidłowych kości), które były podzielone na 4 kategorie: 1. kość prawidłowa, 2. złamanie głowy kości udowej, 3. złamanie międzykrętarzowe, 4. złamanie podkrętarzowe. Na tej podstawie algorytm miał rozpoznać i sklasyfikować złamania w kolejnych 100 zdjęciach, które zostały również wykorzystane do przetestowania dokładności lekarzy. Sztuczna inteligencja była w stanie wykryć i poprawnie sklasyfikować złamania kości udowej z czułością 96,2%, swoistością 94,6% oraz dokładnością 95%, natomiast lekarze wykonali to zadanie z czułością w zakresie 69,2%-96,2%, co pozornie pokazuje przewagę algorytmu nad lekarzem, ale w porównaniu ze specjalistą z tej dziedziny (ortopedą, radiologiem) czułość była taka sama,

a sztuczna inteligencja miała przewagę tylko nad lekarzami rezydentami i lekarzami pierwszego kontaktu. [10]

Klasyfikacja złamań

w 2023 roku ukazało się badanie, które oceniło zdolność do rozpoznania złamania i sklasyfikowania go jako awulsyjnego lub nie, kości kończyny górnej oraz dolnej. Wykorzystanych zostało 1035 przypadków (zdjęć rentgenowskich), które zostały podzielone na 3 grupy: 675 zdjęć zostało wykorzystanych do zaprogramowania algorytmu, następne 169 zastosowane zostały jako validation set w celu poprawienia ewentualnych usterek i dopracowanie programu, a 191 jako test końcowy na podstawie którego wykonano porównanie z radiologami. Algorytm zdecydowanie lepiej był w stanie wykryć złamanie awulsyjne niż radiolog: 57,89% do 29,82%, natomiast złamanie nie awulsyjne było rozpoznawane bez znaczącej różnicy zarówno przez AI jak i lekarza. Nie było również znaczącej różnicy w czułości, dokładności i specyficzności diagnozowania przez człowieka oraz sztucznej inteligencji. [11]

Wykrywanie złamań na podstawie tomografii komputerowej

Jedno z najnowszych badań, które ukazało się w maju 2024 roku zastosowało dodatkowy aspekt sprawdzający: tomografię komputerową. Lekarze stwierdzili, że porównywanie wydajności sztucznej inteligencji przy ocenianiu złamań tylko na podstawie zdjęć rentgenowskich nie jest zgodne z rzeczywistością kliniczną, dlatego na podstawie 296 przypadków przeprowadzono test na 23 radiologiach którzy najpierw ocenili zdjęcia bez użycia AI, a następnie z jej pomocą bez wiedzy jak wygląda wynik na podstawie tomografii komputerowej. Wynik badania był następujący: wykorzystanie AI jako pomocy przez lekarzy, w drugim etapie testu, w porównaniu z oceną radiologiczną bez pomocy, poprawiło czułość (z 0,658 na 0,703) oraz ujemną wartość predykcyjną (z 0.585 na 0.618), natomiast nie miało wpływu na specyficzność (0.885 do 0.891), ani na pozytywną wartość predykcyjną (0.887 do 0.899). Dodatkowo wyniki uzyskane przez algorytm sztucznej inteligencji bez udziału radiologa, po sprawdzeniu przez tomografię uzyskały dużo gorsze rezultaty, niż większość do tej pory wykonanych badań na temat skuteczności AI przy wykrywaniu złamań, co według autorów wskazuje na potencjalnie niedoszacowanie liczby pominiętych przez algorytm prawdziwych złamań. [12]

Złamania żeber

Jedno z nielicznych do tej pory wykonanych badań na podstawie tylko i wyłącznie tomografii komputerowej zostało opublikowane w 2021 roku i na podstawie 393 skanów pacjentów z urazami w klatce piersiowej, sześciu młodych radiologów miało zinterpretować wyniki najpierw sami, a następnie z pomocą AI. Najpierw lekarze mieli za zadanie wykryć złamania żeber, a wśród nich zaliczyć je do: złamań z przemieszczeniem, złamań bez przemieszczenia lub złamań “zielonej gałązki”. Następnie grupa skanów zakwalifikowana przez młodych radiologów do złamań z przemieszczeniem została poddana dodatkowej analizie. Wykorzystanie algorytmu AI pozwoliło na poprawienie wrażliwości w wykrywaniu złamań żeber przez młodych lekarzy i zmniejszyło czas interpretowania skanów tomografii komputerowej do 1 minuty na jednego pacjenta bez wpływu na swoistość. [13]

Złamania kości łódeczkowatej

Jednym z trudniejszych do wykrycia złamań, jest złamanie kości łódeczkowatej, dlatego lekarze z Adelaide, Teksasu i Amsterdamu przetestowali zdolność AI do wykrywania tego rodzaju złamania i porównali z wynikami uzyskanymi od lekarzy radiologów. Na podstawie 300 zdjęć rentgenowskich z których na 150 były widoczne złamania (z których 27 były widoczne dopiero na rezonansie magnetycznym), a kolejne 150 zdjęć nie posiadało złamań. Wykorzystany został algorytm CNN (Convolutional Neural Network). Sztuczna inteligencja uzyskała AUC 0,77, dokładność 72%, wrażliwość 84% i specyficzność 60% (CI: 0.46 do 0.74), po dodaniu takich informacji jak wiek i płeć, wynik znacząco się nie poprawił. Wyniki uzyskane przez ortopedów cechowały się lepszą specyficznością- CI:0,93 do 0,99, natomiast dokładność i wrażliwość była taka sama jak algorytmu. CNN gorzej poradziła sobie z oczywistymi złamaniami, ale na 6 niewidocznych na zdjęciach i nierozpoznanych przez lekarzy złamań, sztuczna inteligencja wykryła 5. Algorytm dodatkowo zasugerował 13 fałszywie dodatnich wyników, które zostały poprawnie rozpoznane przez ortopedów. [14]

Ocena złamań miednicy i uda

Badanie przeprowadzone od stycznia 2022 do sierpnia 2023 we Francji, również zastosowało obraz z tomografii komputerowej (zinterpretowanej przez doświadczonego radiologa) jako końcowe porównanie skuteczności. Badanie zostało wykonane na 94 pacjentach z podejrzeniami złamaniami miednicy oraz kości udowej i miało na celu porównać rozpoznanie przez lekarza oraz rozpoznanie z pomocą algorytmu AI złamania bądź jego braku na podstawie zdjęcia RTG. Sztuczna inteligencja rozpoznała: 58 prawdziwie pozytywnie, 13 fałszywie

negatywnie, 33 prawdziwie negatywne i 13 fałszywie pozytywnie, przez co uzyskała czułość na poziomie 82%, swoistość 69% oraz dokładność 76%. Porównując z wynikami tomografii komputerowej jako ostatecznego punktu odniesienia, lekarz radiolog rozpoznał: 65 prawdziwie pozytywnych, 6 fałszywie negatywnych, 42 prawdziwie negatywnych oraz 6 fałszywie pozytywnych, czyli uzyskali wyższe wyniki niż AI: czułość 92%, swoistość 88% oraz dokładność 90%. [15]

Wykrywanie zmian na RTG

Badanie opublikowane w lipcu 2022 również z Francji, prezentuje skuteczność wykrywania przez AI nie tylko złamań, ale również skręceń, obecności wysięku w stawie łokciowym oraz zmian ogniskowych kości. 4774 badania z 14 ośrodków zostały przeanalizowane przez algorytm sztucznej inteligencji- BoneView (Gleamer), który ocenia zmiany na podstawie zdjęć RTG, stworzony w 2017 roku i aktualnie firma pracuje nad algorytmem pozwalającym na prawidłowe analizowanie mammografii i skanów tomografii komputerowej. [16]

Uzyskane przez AI wyniki w porównaniu do rozpoznania przez lekarza:

Czułość wykrywanie złamań: AI 98,1%, lekarz 73,7%.

Czułość wykrywanie skręceń: AI 89,9%, lekarz 63,3%.

Czułość wykrywanie wysięku: AI 91,5%, lekarz 84,7%.

Czułość wykrywania zmian ogniskowych: AI 91,8%, lekarz 16,1%.

Wyniki uzyskane przez lekarzy cechowały się 100% swoistością we wszystkich rodzajach zmian, natomiast sztuczna inteligencja uzyskała wyniki: 88%, 99,1%, 99,8% i 95,6% kolejno dla złamań, skręceń, wysięków łokciowych i zmian ogniskowych.

Nie jest to jednak zbyt wiarygodne badanie, gdyż wyniki uzyskane przez sztuczną inteligencję i uzyskane przez lekarzy były porównywane tylko ze sobą i dopiero w przypadku niezgodności, dalej rozpatrywane. Nie było dodatkowego doświadczanego lekarza który oceniałby wszystkie zdjęcia, nie tylko sporne, ani zdjęć z tomografii komputerowej jako "złotego standardu". [17]

Podsumowanie

Wyniki uzyskane na podstawie badań przeprowadzonych na zdjęciach rentgenowskich lub skanach tomografii komputerowej kości nadgarstka, kości udowej, żeber, kości kończyny górnej oraz dolnej wskazują prawie jednoznacznie na korzyści związane z użyciem AI do rozpoznawania złamań kości. W każdym przypadku sztuczna inteligencja jest rekomendowana jako pomoc w rozpoznaniu niż jako jedyne źródło diagnozy. Algorytm najlepiej sprawdza się jako pomoc lekarzom na początku specjalizacji radiologicznej, ortopedycznej i lekarzom

pierwszego kontaktu. Lekarze specjaliści nadal mają znaczną przewagę nad wynikami uzyskiwanymi przez algorytm. Warto również zwrócić uwagę i zastanowić się nad wiarygodnością wykonywanych dotychczas badań, gdyż większość jest porównywana z wiedzą człowieka, niż tak jak sugerują naukowcy jest bliższe rzeczywistości klinicznej - ze skanami tomografii komputerowej, dzięki której ilość błędnie zdiagnozowanych pacjentów ze złamanym lub uszkodzonym biodrem już w 2006 roku zdecydowanie spadła. [18]

Wykorzystywanie AI przez początkujących lekarzy może skrócić czas rozpoznania złamania oraz zwiększyć dokładność diagnostyczną, co zostało potwierdzone w badaniu, gdzie zastosowanie AI poprawiło czułość rezydentów z 84% do 87%, swoistość z 91% do 92%, a dokładność ogólną z 88% do 90%. [19]

24% złamań nie zostaje zdiagnozowanych w wyniku niedostatecznej liczby personelu medycznego. [15]

Prawdopodobnie liczba ta mogłaby być dużo niższa jeśli młodzi lekarze mieliby dostęp do pomocy w postaci sztucznej inteligencji. Niestety aspekt którego nie jesteśmy jeszcze w stanie sprawdzić, co również wywołuje kontrowersje to czy jeśli od początku praktyki klinicznej, lekarze będą mieli dostęp do algorytmów AI, to czy w dalszej części swojej kariery będą w stanie zdiagnozować złamania z taką samą skutecznością jak robią to w tym momencie doświadczeni radiolodzy i ortopedzi, którzy w trakcie nauki nie mieli dostępu do takiego wsparcia naukowego? W literaturze wskazuje się na zjawisko degradacji umiejętności („deskilling”) w sytuacji nadmiernego polegania na AI w procesie edukacyjnym. [20]

Czy zminimalizowanie ilości nierozpoznanych złamań przez początkujących lekarzy rezydentów i lekarzy pierwszego kontaktu jest warte potencjalnego zmniejszenia wiedzy i skuteczności w teorii doświadczonych lekarzy? Na ten temat nie istnieją jeszcze żadne badania ponieważ algorytmy sztucznej inteligencji są stosunkowo nowym tematem i nie istnieje ona na tyle długo by móc wykonać jakiekolwiek przekrojowe i wiarygodne badanie. Dodatkowo, wprowadzenie sztucznej inteligencji do codziennej praktyki klinicznej rodzi szereg wyzwań prawnych i etycznych, takich jak odpowiedzialność za błędy diagnostyczne, transparentność algorytmów czy ochrona prywatności danych pacjentów. [21,22]

Te kwestie wymagają szczegółowych regulacji i dalszych badań, aby zapewnić bezpieczne i skuteczne wdrożenie AI w medycynie.

Wkład autorów:

Konceptualizacja: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Metodologia: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Oprogramowanie: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Sprawdź: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Analiza formalna: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Dochodzenie: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Zasoby: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Przechowywanie danych: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Pismo - przygotowanie zgrubne: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Pisanie - recenzja i redakcja: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Wizualizacja: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Nadzór: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Administracja projektami: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Otrzymanie finansowania: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Redakcja i korekta końcowej wersji tekstu: MK, AJD, AJU, KK, JJ, ZK, DO, VL, GB, JK

Wszyscy autorzy zapoznali się z ostateczną wersją pracy i wyrazili zgodę na jej publikację.

Oświadczenie dotyczące finansowania:

Niniejsze badanie nie otrzymało żadnego zewnętrznego finansowania.

Oświadczenie Komisji Etycznej:

Nie dotyczy.

Zgoda uczestników:

Nie dotyczy.

Dostępność danych:

Nie dotyczy.

Oświadczenie o konflikcie interesów:

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

Deklaracja dotycząca wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji:

Autorzy skorzystali z narzędzia ChatGPT wyłącznie w celu przetłumaczenia, poprawy językowej i stylistycznej tekstu oraz formatowania bibliografii. Po jego użyciu dokonano pełnej weryfikacji, redakcji oraz zatwierdzenia treści. Autorzy ponoszą pełną odpowiedzialność za merytoryczną zawartość publikacji.

Bibliografia

1. Myers TG, Ramkumar PN, Ricciardi BF, Urish KL, Kipper J, Ketonis C. Artificial Intelligence and Orthopaedics: An Introduction for Clinicians. *J Bone Joint Surg Am*. 2020;102(9):830-840. doi: <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.01128> PMID: 32379124.
2. Kutbi M. Artificial Intelligence-Based Applications for Bone Fracture Detection Using Medical Images: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel)*. 2024;14(17):1879. doi: <https://doi.org/10.3390/diagnostics14171879> PMID: 39272664.
3. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol*. 2017;2(4):230-243. doi: <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101> PMID: 29507784.
4. Howard AG, Zhu M, Chen B, et al. MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. *arXiv*. 2017. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1704.04861>
5. Alam A, Al-Shamayleh A, Thalji N, et al. Novel transfer learning based bone fracture detection using radiographic images. *BMC Med Imaging*. 2025;25. doi: <https://doi.org/10.1186/s12880-024-01546-4>
6. Meetschen M, Salhöfer L, Beck N, et al. AI-Assisted X-ray Fracture Detection in Residency Training: Evaluation in Pediatric and Adult Trauma Patients. *Diagnostics (Basel)*. 2024;14(6):596. doi: <https://doi.org/10.3390/diagnostics14060596>
7. Urakawa T, Tanaka Y, Goto S, Matsuzawa H, Watanabe K, Endo N. Detecting intertrochanteric hip fractures with orthopedist-level accuracy using a deep convolutional neural network. *Skeletal Radiol*. 2019;48(2):239-244. doi: <https://doi.org/10.1007/s00256-018-3016-3> PMID: 29955910.
8. Langerhuizen DWG, Janssen SJ, Mallee WH, et al. What Are the Applications and Limitations of Artificial Intelligence for Fracture Detection and Classification in Orthopaedic Trauma Imaging? A Systematic Review. *Clin Orthop Relat Res*. 2019;477(11):2482-2491. doi: <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000000848>
9. Chung SW, Han SS, Lee JW, et al. Automated detection and classification of the proximal humerus fracture by using deep learning algorithm. *Acta Orthop*. 2018;89(4):468-473. doi: <https://doi.org/10.1080/17453674.2018.1453714> PMID: 29577791.

10. Twinprai N, Boonrod A, Boonrod A, et al. Artificial intelligence (AI) vs. human in hip fracture detection. *Heliyon*. 2022;8(11):e11266. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11266> PMID: 36339768.
11. Liu Y, Liu W, Chen H, et al. Artificial intelligence versus radiologist in the accuracy of fracture detection based on computed tomography images: a multi-dimensional, multi-region analysis. *Quant Imaging Med Surg*. 2023;13(10):6424-6433. doi: <https://doi.org/10.21037/qims-23-428> PMID: 37869340.
12. Jacques T, Cardot N, Ventre J, Demondion X, Cotten A. Commercially-available AI algorithm improves radiologists' sensitivity for wrist and hand fracture detection on X-ray, compared to a CT-based ground truth. *Eur Radiol*. 2024;34(5):2885-2894. doi: <https://doi.org/10.1007/s00330-023-10380-1> PMID: 37919408.
13. Liu X, Wu D, Xie H, et al. Clinical evaluation of AI software for rib fracture detection and its impact on junior radiologist performance. *Acta Radiol*. 2022;63(11):1535-1545. doi: <https://doi.org/10.1177/02841851211043839> PMID: 34617809.
14. Langerhuizen DWG, Bulstra AEJ, Janssen SJ, Ring D, Kerkhoffs GMMJ, Jaarsma RL, Doornberg JN. Is Deep Learning On Par with Human Observers for Detection of Radiographically Visible and Occult Fractures of the Scaphoid? *Clin Orthop Relat Res*. 2020;478(11):2653-2659. doi: <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000001318> PMID: 32452927.
15. Pastor M, Dabli D, Lonjon R, et al. Comparison between artificial intelligence solution and radiologist for the detection of pelvic, hip and extremity fractures on radiographs in adult using CT as standard of reference. *Diagn Interv Imaging*. 2025;106(1):22-27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.diii.2024.09.004>
16. Gleamer [Internet]. BoneView – AI for fracture and bone lesion detection on X-rays. Paris: Gleamer; 2024 [cited 2025 Oct 15]. Available from: <https://www.gleamer.ai/solutions/boneview>
17. Regnard N-E, Lanseur B, Ventre J, et al. Assessment of performances of a deep learning algorithm for the detection of limbs and pelvic fractures, dislocations, focal bone lesions, and elbow effusions on trauma X-rays. *Eur J Radiol*. 2022;154:110447. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2022.110447>
18. Pfeifer R, Pape HC. Missed injuries in trauma patients: A literature review. *Patient Saf Surg*. 2008;2:20. doi: <https://doi.org/10.1186/1754-9493-2-20> PMID: 18769448.

19. Ziegner M, Pape J, Lacher M, et al. Real-life benefit of artificial intelligence-based fracture detection in a pediatric emergency department. *Eur Radiol.* 2025;35(10):5881-5890. doi: <https://doi.org/10.1007/s00330-025-11554-9>
20. Boudiaf M, Ben Slimane M, El Hassani A, et al. Artificial Intelligence for Fracture Detection in Radiology: A Review. *Artif Intell Rev.* 2025. doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11352-1>
21. Gerke S, Minssen T, Cohen G. Ethical and legal challenges of artificial intelligence-driven healthcare. *Artif Intell Healthc.* 2020:295-336. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818438-7.00012-5>
22. Price WN 2nd, Cohen IG. Privacy in the age of medical big data. *Nat Med.* 2019;25(1):37-43. doi: <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0272-7> PMID: 30617335.