

**BEN RHAIEM, Rami, TARSA, Grzegorz, SUDELSKA, Katarzyna, SAWIŃSKA, Zuzanna, KEPKA, Przemysław, LOKCZEWSKA-BOJAR, Aleksandra, KUZIEMKOWSKA, Daria, KUŹMA, Jan, SKOTALCZYK, Magdalena and ŁĄCKA-MAJCHER, Anna. Artificial intelligence as a coming revolution in medicine. Journal of Education, Health and Sport. 2023;16(1):135-145. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2023.16.01.013>
<https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/45608>
<https://zenodo.org/record/8323694>**

The journal has had 40 points in Ministry of Education and Science of Poland parametric evaluation. Annex to the announcement of the Minister of Education and Science of December 21, 2021. No. 32343.
Has a Journal's Unique Identifier: 201159. Scientific disciplines assigned: Physical Culture Sciences (Field of Medical sciences and health sciences); Health Sciences (Field of Medical Sciences and Health Sciences).
Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 40 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 grudnia 2021 r. Lp. 32343. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201159.
Przypisane dyscypliny naukowe: Nauki o kulturze fizycznej (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu); Nauki o zdrowiu (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu).
© The Authors. 2023;
This article is published with open access at Licensee 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 license Share alike.
(<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 interests regarding the publication of this paper.
Received: 09.08.2023. Revised: 24.08.2023. Accepted: 06.09.2023. Published: 09.09.2023.

Artificial intelligence as a coming revolution in medicine

Sztuczna inteligencja jako nadciągająca rewolucja w medycynie

Ben Rhaiem Rami

Samodzielny Publiczny Zespół Opieki Zdrowotnej w Kędzierzynie-Koźlu, ul. 24 Kwietnia 5,
47-200 Kędzierzyn-Koźle, Polska

ORCID 0009-0006-6034-4130

<https://orcid.org/0009-0006-6034-4130>

r.benrhaiem96@gmail.com

Tarsa Grzegorz

Bonifraterskie Centrum Medyczne sp. zoo, ul. Ks. Leopolda Markiefki 87, 40-211 Katowice,
Polska

ORCID 0009-0001-4088-9137

<https://orcid.org/0009-0001-4088-9137>

gtarsa@live.com

Sudelska Katarzyna

Student, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Poniatowskiego 15, 40-055
Katowice, Polska

ORCID 0009-0008-5113-8065

<https://orcid.org/0009-0008-5113-8065>

sudelska.k@gmail.com

Sawińska Zuzanna

Student, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, ul. Poniatowskiego 15, 40-055
Katowice, Polska

ORCID 0009-0008-3170-0145

<https://orcid.org/0009-0008-3170-0145>

zuzanna.sawinska@interia.pl

Kępka Przemysław

Szpital Wojewódzki w Bielsku-Białej, Al. Armii Krajowej 101, 43-316 Bielsko-Biała, Polska

ORCID 0009-0006-4560-677X

<https://orcid.org/0009-0006-4560-677X>

przemekk.kepka@wp.pl

Łokczewska-Bojar Aleksandra

Szpital Specjalistyczny im. Jędrzeja Śniadeckiego w Nowym Sączu, ul. Młyńska 10, 33-300

Nowy Sącz, Polska

ORCID 0009-0008-9443-7751

<https://orcid.org/0009-0008-9443-7751>

aleksandra.lokczewska@gmail.com

Kuziemkowska Daria

SP ZOZ MSWiA w Katowicach im. Sierżanta Grzegorza Załogi, ul. Głowackiego 10, 40-052

Katowice, Polska

ORCID 0009-0000-1018-0410

<https://orcid.org/0009-0000-1018-0410>

daria.kuziemkowska@gmail.com

Kuźma Jan

Górnośląskie Centrum Medyczne im. Prof. L. Gieca w Katowicach, Ziołowa 45-47, 40-635

Katowice, Polska

ORCID 0009-0001-7721-7748

<https://orcid.org/0009-0001-7721-7748>

jankuzma97@gmail.com

Skotalczyk Magdalena

Uniwersyteckie Centrum Kliniczne im. prof. K. Gibińskiego Śląskiego Uniwersytetu

Medycznego w Katowicach, ul. Medyków 14, 40-752 Katowice, Polska

ORCID 0009-0007-7445-1030

<https://orcid.org/0009-0007-7445-1030>

magdalena.skotalczyk@gmail.com

Łacka-Majcher Anna

Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej w Bochni, "Szpital Powiatowy" im. Bł.

Marty Wieckiej, ul. Krakowska 31, 32-700 Bochnia, Polska

ORCID 0009-0001-8889-6782

<https://orcid.org/0009-0001-8889-6782>

annalackamajcher@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: The development of medicine and information technology in recent decades has undoubtedly contributed to improving public health. Artificial intelligence is a technology that has great potential to revolutionize the functioning of health care around the world. Appropriate use of the development of technology can revolutionize many areas of modern medicine, however, it should not be forgotten that this technology should be subjected to appropriate standardization and legal regulation.

Objective: The purpose of this study is to review the available scientific literature in order to systematize the current knowledge on the use of artificial intelligence in the process of diagnosis and treatment. Ethical aspects related to the implementation of AI for use in health care are also analyzed.

Results: Artificial intelligence uses deep machine learning algorithms. It is a technology that has been known for a long time, but recently the chances of its widespread use have increased significantly, although scientists still do not fully understand the operation of AI algorithms. Currently, there are attempts to use this technology in many medical fields such as cardiology, diagnostic imaging, gastroenterology, pathomorphology, ultrasound. Artificial intelligence can also be used to improve the functioning of patient service in health care.

Summary: The development of artificial intelligence algorithms creates a huge opportunity to improve the quality of diagnostic and treatment processes. The current rapid development of the technology is revolutionizing many branches of medicine, improving treatment outcomes. However, the development of this technology requires the creation of an appropriate law governing AI in medicine.

Key words: Radiology, Informatics, Technology, Medicine

Wprowadzenie: Ostatnie dziesięciolecia to nieustanny rozwój medycyny. Rozwój ten doprowadził do polepszenia zdrowia publicznego, wprowadził nowe możliwości diagnostyczne dzięki, którym choroby mogą zostać zdiagnozowane na bardzo wczesnym etapie. Rozwój medycyny powiązany jest ściśle z rozwojem różnego rodzaju technologii np. rozwój aparatów, kamer oraz światłowodów zrewolucjonizował diagnostykę endoskopową, z kolei rozwój fizyki jądrowej pozwolił na dokładniejsze obrazowanie.

W ostatnim czasie mamy do czynienia z bardzo szybkim rozwojem algorytmów sztucznej inteligencji (AI). Technologia ta ma ogromny potencjał w wielu dziedzinach życia w tym także w dziedzinie medycyny oraz opieki zdrowotnej. Potencjalne wykorzystanie algorytmów uczenia maszynowego może przyczynić się do poprawy diagnostyki oraz leczenia.

Bardzo szybki rozwój algorytmów sztucznej inteligencji niesie również ze sobą pewne ryzyko np. utrata miejsc pracy w szeroko pojętej ochronie zdrowia.

Nie ulega wątpliwości, że odpowiednie wykorzystanie uczenia maszynowego może ulepszyć wiele elementów w ochronie zdrowia, jednakże należy pamiętać, że wiele elementów związanych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji w procesach diagnostyczno-leczniczych powinno zostać poddane odpowiedniej regulacji prawnej oraz standaryzacji.

Cel pracy:

Niniejszy strukturalny przegląd dostępnej literatury naukowej, ma na celu określenie potencjalnych możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji w procesie diagnostyczno-leczniczym. Kolejnym aspektem, który zostanie wzięty pod uwagę są ewentualne problemy natury etycznej oraz prawnej związane z powszechnym użyciem sztucznej inteligencji w medycynie.

Materialy i metody:

W celu wyszukania odpowiednich materiałów do pracy posłużyliśmy się dostępną literaturą naukową.

Powszechnie uznane elektroniczne bazy danych, w tym PubMed, Scopus i Web of Science, były systematycznie przeszukiwane pod kątem artykułów opublikowanych zwłaszcza w ciągu ostatnich 10 lat. Słowa kluczowe i frazy użyte w wyszukiwaniu obejmowały „AI”; „Sztuczna Inteligencja”, „algorytmy w medycynie” oraz terminy pokrewne. Wyszukiwanie było ograniczone do artykułów opublikowanych w języku angielskim i polskim. Artykuły zostały wstępnie sprawdzone na podstawie ich tytułów i streszczeń w celu określenia ich znaczenia i

przydatności dla tematu pracy. Włączenie tylko polsko i anglojęzycznych artykułów mogło ograniczyć ilość dostępnych prac oraz artykułów.

Wyniki:

Sztuczna Inteligencja (AI) wykorzystuje tzw. głębokie uczenie (deep learning). Jest to funkcja naśladująca działanie ludzkiego mózgu podczas którego człowiek uczy się przetwarzania danych, tworzenia wzorców, wnioskowania na podstawie którego podejmowane są decyzje. Głębokie uczenie w odniesieniu do AI dzieje się bez udziału człowieka, wykorzystując wielkie nieuporządkowane bazy danych. [1] SI (sztuczna inteligencja) dzięki zdolności do analizy złożonych baz danych (w tym również medycznych zbiorów informacji) ma potencjał do bycia wykorzystaną w procesie diagnostyki oraz leczenia.[2]

Aktualny poziom zrozumienia mechanizmu działania algorytmów sztucznej inteligencji mocno ogranicza jej wykorzystanie w medycynie. Nawet w przypadku, gdy tradycyjne uczenie maszynowe jest w stanie rozpoznać wzór sugerujący nadchodzącą chorobę, to algorytm uczenia maszynowego nie może wyjaśnić logiki jaka stoi za tą decyzją. Może istnieć nieskończenie wiele ścieżek, którymi tradycyjne uczenie maszynowe może dojść do decyzji. [3]

Migotanie przedsionków to jedno z częściej występujących zaburzeń rytmu serca u człowieka. Migotanie przedsionków zwiększa ryzyko powikłań zakrzepowo-zatorowych takich jak udar ośrodkowego układu nerwowego czy zator tętnic obwodowych. [4]

Znacząca część pacjentów z migotaniem przedsionków nie odczuwa objawów, a udar OUN może być jego pierwszą kliniczną manifestacją. Badania przesiewowe w kierunku AF, dałyby szansę na identyfikację pacjentów z niezdiagnozowanym migotaniem przedsionków przed wystąpieniem poważnych powikłań. [5]

Firma Apple zajmująca się produkcją elektroniki pracuje nad wykorzystaniem algorytmów, które zostały zainstalowane w smartwatch'ach produkcji Apple w celu diagnozowania występowania migotania przedsionków. Smartwatch jest w stanie obserwować puls osoby noszącej zegarek i w momencie gdy wykryje niemierność informuje o tym użytkownika. Z uwagi na fakt, że ilość użytkowników tego typu zegarków rośnie, to może się to przyczynić do zwiększenia wykrywalności zaburzeń rytmu serca. [6,7]

Architektonika AI bywa również przydatna w analizie tradycyjnego 12-odporowadzeniowego EKG, np. algorytm sztucznej inteligencji analizujący klasyczny zapis EKG jest w stanie

przewidzieć napad migotania przedsionków, zatem wykorzystanie AI do analizy EKG może umożliwić w przyszłości efektywną analizę ryzyka przyszłego wystąpienia AF [8]

Algorytmy sztucznej inteligencji znajdują także zastosowanie w poprawie efektywności badania fizykalnego, zwłaszcza w przypadku lekarzy z krótkim doświadczeniem klinicznym. AI w połączeniu z elektronicznymi stetoskopami sprawdza się w wykrywaniu szmerów sercowych na poziomie porównywalnym z ekspertami w tej dziedzinie. [9.10]

Dobrodziejstwa sztucznej inteligencji mogą również zrewolucjonizować radiologię i diagnostykę obrazową. Oczekuje się, że głębokie uczenie maszynowe stanie się dominującą technologią w obrazowaniu medycznym w ciągu najbliższych dziesięcioleci. [11]

Badanie opublikowane w czasopiśmie „Radiology” sugeruje, że radiolodzy oceniający mammografię mieli wyższą skuteczność diagnostyczną gdy korzystali z systemu sztucznej inteligencji w porównaniu z odczytem mammografii bez pomocy AI. Poprawa odczytu była widoczna zwłaszcza w przypadkach niejednoznacznych co wskazuje na kliniczną istotność algorytmów AI w diagnostyce. [12]

Jak donosi praca opublikowana w „Korean Journal of Radiology” ostatnie postępy w technologii dały możliwość zastosowania sztucznej inteligencji w ocenie badań mammograficznych osiągając wydajność porównywalną do radiologów co potencjalnie może poprawić diagnostykę raka piersi oraz skrócić czas interpretacji wyników. Aby wdrożyć AI do rutynowej pracy w ocenie mammografii konieczna jest jednak odpowiednia walidacja systemów oraz społeczna zgoda. [13]

W ciągu ostatnich kilkunastu lat powstało szereg firm, które rozwijają algorytmy uczenia maszynowego w radiologii i diagnostyce obrazowej. Jako przykład może posłużyć platforma „Enlitic”, która swoje działanie opiera na sztucznej inteligencji wykorzystując jej algorytmy w celu analizy zdjęć RTG. Celem firmy jest pomoc radiologom i lekarzom innych specjalności w diagnozowaniu chorób. [14]

Kolejną specjalnością lekarską, w której algorytmy SI mogą znaleźć zastosowanie jest gastroenterologia. AI może okazać się użyteczna w analizie oraz klasyfikowaniu zmian wykrywanych podczas badania endoskopowego co może wpłynąć na wykrywanie zmian nowotworowych na wcześniejszym etapie niż dotychczas. Użyteczność sieci neuronowych została wykazana m.in. w diagnostyce raka przełyku. [15]

Patomorfologia to dziedzina medycyny, która zajmuje się między innymi histologicznym rozpoznawaniem nowotworów. Również tą dziedzinę, która jest niezmiernie istotna w procesie diagnostyki oraz leczenia zwłaszcza chorób nowotworowych może zmienić

technologia w postaci sztucznej inteligencji. Istnieje bowiem algorytm AI, który umożliwia diagnozowanie raka z dużą dokładnością. [16]

Trwają intensywne próby użycia AI do badań ultrasonograficznych. Istotnym problemem jest fakt, że w przeciwieństwie do badań takich jak tomografia komputerowa czy rezonans magnetyczny algorytm musiał by działać natychmiast i przetworzyć aktualny obraz w czasie rzeczywistym. Jak można przeczytać w artykule opublikowanym w „Ultrasound- Obstetrics and Gynecology” nie ma aktualnie algorytmu, który znalazł by szerokie zastosowanie w USG i byłby uniwersalny dla badań ultrasonograficznych różnych części ciała. Na ten moment algorytmy są w stanie odciążyc lekarza ultrasonografistę w ocenie tego jaki narząd bada, wyznaczyć jego granice oraz zasugerować w jaki sposób badać, aby uzyskać jak najlepszy obraz. SI bywa również pomocna w rozpoznawaniu prostych patologii.[17]

SI w istotny sposób mogą poprawić wydajność procesów administracyjnych w systemie ochrony zdrowia. Chatboty mogą zostać użyte do umawiania wizyt pacjentów oraz zbierania podstawowych danych. W znaczący sposób może to poprawić efektywność systemu administracyjnego dzięki możliwości obsługi wielu zleceń bez angażowania pracownika. Niestety empatia oraz dostosowanie sposobu prowadzenia rozmowy do konkretnego pacjenta na ten moment wydaje się być nie do zastąpienia. [18]

Etyczne aspekty związane z wprowadzaniem sztucznej inteligencji do powszechnego użytku: Wprowadzenie do codziennej praktyki medycznej algorytmów sztucznej inteligencji wymaga społecznej zgody. Nie bez znaczenia dla wielu osób są aspekty medyczne związane ze sztuczną inteligencją.

Do tej pory proces diagnostyczny oraz leczniczy opierał się na relacji pacjent-lekarz, jednakże wraz z upowszechnianiem algorytmów sztucznej inteligencji w medycynie, etyka medyczna będzie musiała się dostosować do zmieniającej się rzeczywistości. Wprowadzenie sztucznej inteligencji do procesów związanych z medycyną budzi u wielu osób pewne obawy m.in. o to czy programy będą w wystarczającym stopniu zapewniały zachowanie tajemnicy lekarskiej. [19]

Obawy dotyczące wykorzystania algorytmów dotyczą również ewentualnej stronniczości AI np. na tle rasowym. W USA stosowano algorytm, który wykazywał stronniczość rasową. Stronniczość ta występowała, gdyż algorytm wykorzystywał koszty opieki jako wskaźnik zapotrzebowania zdrowotnego (mniej pieniędzy było statystycznie wydawanych przez

pacjentów czarnoskórych, więc algorytm błędnie wnioskował o potrzebach zdrowotnych tej grupy pacjentów). [20] Kolejnym przykładem sugerującym, że algorytmy SI mogą być nacechowane rasizmem są algorytmy, które były używane w Stanach Zjednoczonych do pomocy w wymiarze sprawiedliwości. Miały one za zadanie przewidywanie prawdopodobieństwa recydywy i wykazywały w tym aspekcie cechy rasizmu. [21]

Podsumowanie:

Sztuczna inteligencja to potężne narzędzie wykorzystujące złożone algorytmy, które człowiek często nie w pełni rozumie. Rewolucja związana z wykorzystaniem głębokiego uczenia maszynowego dzieje się na naszych oczach w różnych dziedzinach nauki i życia społecznego. Aktualnie próbuje się wykorzystać sztuczną inteligencję w wielu dziedzinach związanych z ochroną zdrowia. Prace nad rozwojem AI przyspieszyły w ciągu ostatnich kilkunastu lat. Obecnie obiecujące wyniki działań sztucznej inteligencji obserwuje się w takich dziedzinach medycyny jak kardiologia, gastroenterologia oraz radiologia. Okazuje się, że głębokie uczenie maszynowe może stanowić istotną pomoc dla lekarzy np. w opisie zmian podejrzanych o nowotworzeni w mammografii. SI znajduje również zastosowanie w wykrywaniu napadu migotania przedsionków oraz bywa pomocna podczas badań endoskopowych przewodu pokarmowego. Technologia opisana w tej pracy może znaleźć również zastosowanie w administracji związanej z ochroną zdrowia, znacząco poprawiając jej wydajność. Należy jednak zauważyć, że aktualnie dostępne algorytmy w przeciwieństwie do człowieka nie dysponują empatią, ani indywidualnym podejściem do pacjenta.

Wraz z coraz szybszym wprowadzaniem algorytmów sztucznej inteligencji pojawiają się również uzasadnione wątpliwości. Wątpliwości te dotyczą braku całkowitego zrozumienia zasad działania głębokiego uczenia maszynowego, w związku z tym lekarze, informatycy oraz pacjenci nie do końca wiedzą na jakich przesłankach opiera się AI dochodząc do swoich wniosków. Kolejnym widocznym problemem jest ewentualna stronniczość algorytmów, istnieją bowiem przykłady sugerujące cechy rasistowskie niektórych rozwiązań SI.

Podsumowując, rozwój technologii informatycznej postępuje w bardzo szybkim tempie, dlatego nieuchronne jest wdrażanie rozwiązań opartych na algorytmach sztucznej inteligencji do wielu dziedzin życia. Należy przy tym pamiętać, że technologia ta wymaga naukowej oraz społecznej debaty w celu wdrożenia odpowiednich ram prawnych oraz moralnych określających zasady wykorzystania oraz funkcjonowania SI zwłaszcza w ochronie zdrowia, która bazuje na przetwarzaniu danych wrażliwych.

Author's contribution

Conceptualization: Rami Ben Rhaiem, Katarzyna Sudelska, Grzegorz Tarsa

Methodology: Zuzanna Sawińska, Jan Kuźma, Daria Kuziemkowska

Software: Anna Łącka-Majcher, Magdalena Skotalczyk, Przemysław Kępka

Check: Rami Ben Rhaiem, Aleksandra Łokczewska-Bojar, Jan Kuźma

Formal analysis: Przemysław Kępka, Grzegorz Tarsa, Zuzanna Sawińska

Investigation: Aleksandra Łokczewska-Bojar, Anna Łącka-Majcher, Magdalena Skotalczyk

Resources: Grzegorz Tarsa, Aleksandra Łokczewska-Bojar, Zuzanna Sawińska

Data curation: Rami Ben Rhaiem, Przemysław Kępka, Katarzyna Sudelska

Writing - rough preparation: Rami Ben Rhaiem, Grzegorz Tarsa, Aleksandra Łokczewska-Bojar

Writing - review and editing: Daria Kuziemkowska, Przemysław Kępka, Aleksandra Łokczewska-Bojar

Visualization: Magdalena Skotalczyk, Przemysław Kępka, Jan Kuźma

Supervision: Rami Ben Rhaiem, Grzegorz Tarsa, Katarzyna Sudelska

Project administration: Rami Ben Rhaiem, Magdalena Skotalczyk, Zuzanna Sawińska

Receiving funding: no funding was received

All authors have read and agreed with the published version of the manuscript.

Disclosures: No disclosures.

Financial support: No financial support was received.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest

References:

1. Kowski, Ryszard. "Kongres radiologiczny." *Inżynier i Fizyk Medyczny* 9.6 (2020).
2. Ramesh AN, Kambhampati C, Monson JR, Drew PJ. Artificial intelligence in medicine. *Ann R Coll Surg Engl.* 2004 Sep;86(5):334-8. doi: 10.1308/147870804290. PMID: 15333167; PMCID: PMC1964229.
3. Kundu, Shinjini. "AI in medicine must be explainable." *Nature medicine* 27.8 (2021): 1328-1328.

4. Trusz-Gluza M Zaburzenia rytmu serca i przewodzenia Interna Szczeklika 2019 Medycyna Praktyczna (227-295)
5. Sandhu RK, Healey JS. Screening for undiagnosed atrial fibrillation. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2018 Aug;16(8):591-598. doi: 10.1080/14779072.2018.1496018. Epub 2018 Jul 16. PMID: 29963930.
6. Mintu P, Turakhia, Manisha Desai, Haley Hedlin, Amol Rajmane, Nisha Talati, Todd Ferris, Sumbul Desai, Divya Nag, Mithun Patel, Peter Kowey, John S. Rumsfeld, Andrea M. Russo, Mellanie True Hills, Christopher B. Granger, Kenneth W. Mahaffey, Marco V. Perez, Rationale and design of a large-scale, app-based study to identify cardiac arrhythmias using a smartwatch: The Apple Heart Study, *American Heart Journal*, Volume 207, 2019, Pages 66-75,
7. Tison, Geoffrey H., et al. "Passive detection of atrial fibrillation using a commercially available smartwatch." *JAMA cardiology* 3.5 (2018): 409-416.
8. Khurshid S, Friedman S, Reeder C, Di Achille P, Diamant N et al. Electrocardiogram-based Deep Learning and Clinical Risk Factors to Predict Atrial Fibrillation *Circulation* . 2022 Jan 11;145(2):122-133. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.121.057480. Epub 2021 Nov
9. Lim GB. AI used to detect cardiac murmurs. *Nat Rev Cardiol.* 2021 Jul;18(7):460. doi: 10.1038/s41569-021-00567-8. PMID: 33976396.
10. Thompson WR, Reinisch AJ, Unterberger MJ, Schriebl AJ. Artificial Intelligence-Assisted Auscultation of Heart Murmurs: Validation by Virtual Clinical Trial. *Pediatr Cardiol.* 2019 Mar;40(3):623-629. doi: 10.1007/s00246-018-2036-z. Epub 2018 Dec 12. PMID: 30542919.
11. Suzuki, K. Overview of deep learning in medical imaging. *Radiol Phys Technol* **10**, 257–273 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12194-017-0406-5>
12. Rodríguez-Ruiz, Alejandro, et al. "Detection of breast cancer with mammography: effect of an artificial intelligence support system." *Radiology* 290.2 (2019): 305-314.
13. Yoon JH, Kim EK. Deep Learning-Based Artificial Intelligence for Mammography. *Korean J Radiol.* 2021 Aug;22(8):1225-1239. doi: 10.3348/kjr.2020.1210. Epub 2021 May 4. PMID: 33987993; PMCID: PMC8316774.
14. Denisiewicz, Natalia, et al. "NAJLEPSZE ZASTOSOWANIA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W RADIOLOGII." *Innowacje w medycynie*: 240.

15. Yang YJ, Bang CS. Application of artificial intelligence in gastroenterology. *World J Gastroenterol*. 2019 Apr 14;25(14):1666-1683. doi: 10.3748/wjg.v25.i14.1666. PMID: 31011253; PMCID: PMC6465941.
16. Briganti, Giovanni, and Olivier Le Moine. "Artificial intelligence in medicine: today and tomorrow." *Frontiers in medicine* 7 (2020): 27.
17. Drukker, L et al. "Introduction to artificial intelligence in ultrasound imaging in obstetrics and gynecology." *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* vol. 56,4 (2020): 498-505. doi:10.1002/uog.22122
18. Altamimi, Ibraheem et al. "Artificial Intelligence (AI) Chatbots in Medicine: A Supplement, Not a Substitute." *Cureus* vol. 15,6 e40922. 25 Jun. 2023, doi:10.7759/cureus.40922
19. Char DS, Shah NH, Magnus D. Implementing Machine Learning in Health Care - Addressing Ethical Challenges. *N Engl J Med*. 2018 Mar 15;378(11):981-983. doi: 10.1056/NEJMp1714229. PMID: 29539284; PMCID: PMC5962261.
20. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*. 2019; 366(6464):447-453.
21. Angwin, Julia, et al. "Machine bias. ProPublica, May 23, 2016." (2016).