

# **AUTOREFERAT**

**Dr n. med. i n. o zdr. Wojciech Kazmierczak**



## **UNIWERSYTET MIKOŁAJA KOPERNIKA W TORUNIU**

**Collegium Medicum  
im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy**

**Katedra Radiologii i Diagnostyki Obrazowej**

**Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**

**Bydgoszcz 2024 r.**

## SPIS TREŚCI:

<b>1. Dane osobowe</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Posiadane dyplomy</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu</b> .....	<b>3</b>
3.1. Zatrudnienie w jednostkach naukowych i akademickich. ....	3
3.2. Zatrudnienie w jednostkach klinicznych. ....	4
<b>4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.</b> .....	<b>4</b>
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego i wykaz publikacji.....	4
4.2. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	5
<b>5. Informacja o wykazaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.</b> .....	<b>24</b>
5.1 Podsumowanie dorobku naukowego na podstawie analizy bibliometrycznej .....	24
5.2 Współpraca z instytucjami naukowymi.....	25
<b>6. Opis aktywności naukowej poza osiągnięciem, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.</b> .....	<b>26</b>
6.1. Wykaz publikacji naukowych .....	26
6.2. Rozdziały w monografiach.....	28
6.3. Udział w konferencjach naukowych.....	28
6.4. Udział w radach naukowych czasopism z listy JCR .....	29
6.5. Członkostwo w towarzystwach naukowych.....	29
6.6. Działalność recenzencka i ekspercka .....	29
6.7. Staże.....	29
6.8. Nagrody .....	30
<b>7. Działalność dydaktyczna i popularyzująca naukę</b> .....	<b>30</b>
7.1 Działalność dydaktyczna .....	30
7.2. Działalność popularyzująca naukę .....	30

## 1. Dane osobowe

### Imię i nazwisko

Wojciech Kazimierzczak (ur. 31 grudnia 1988 roku w Lwówku Śląskim)

### Stopień naukowy

Doktor nauk medycznych i nauk o zdrowiu

### Adres służbowy

Katedra Radiologii i Diagnostyki Obrazowej, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, ul. Marii Skłodowskiej – Curie 9, 85-094 Bydgoszcz

## 2. Posiadane dyplomy

2013 – lekarz

Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

2021 – specjalista w dziedzinie radiologii i diagnostyki obrazowej

Opiekun specjalizacji

lek. Grażyna Rusak

Miejsce odbywania szkolenia specjalizacyjnego

Zakład Radiologii i Diagnostyki Obrazowej Szpitala Uniwersyteckiego nr 1 im. A. Jurasza w Bydgoszczy

2022 – Inspektor Ochrony Radiologicznej IOR-S

Bydgoska Szkoła Wyższa

2022 – stopień doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu

Wydział Lekarski, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

### Tytuł pracy

„Optymalizacja dawki promieniowania jonizującego w angiografii dwuenergetycznej tomografii komputerowej u chorych po zabiegu wszczepienia stentgraftu do aorty brzusznej”

### Promotor:

prof. dr hab. n. med. Zbigniew Serafin

### Recenzenci:

prof. dr hab. n. med. Katarzyna Karmelita-Katulaska

prof. dr hab. n. med. Marek Sąsiadek

## 3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu

### 3.1. Zatrudnienie w jednostkach naukowych i akademickich.

2017 – 2022 – **asystent**

Katedra Radiologii i Diagnostyki Obrazowej Collegium Medicum, UMK w Toruniu

2022 – 2024 – **adiunkt**

Katedra Radiologii i Diagnostyki Obrazowej Collegium Medicum, UMK w Toruniu

Od dnia 01.10.2024 – **adiunkt p.o. Kierownika Katedry**

Katedra Radiologii i Diagnostyki Obrazowej Collegium Medicum, UMK w Toruniu

### **3.2. Zatrudnienie w jednostkach klinicznych.**

10.2013 – 11.2014 - lekarski staż podyplomowy  
Szpital Uniwersytecki nr 2 im. J. Biziela w Bydgoszczy

12.2014 – 07.2015 - lekarz rezydent w dziedzinie radioterapii onkologicznej  
Oddział Radioterapii, Centrum Onkologii im. F. Łukaszczyka w Bydgoszczy

12.2015 – 01.2021 - lekarz rezydent w dziedzinie radiologii i diagnostyki obrazowej  
Zakład Radiologii i Diagnostyki Obrazowej, Szpital Uniwersytecki nr 1 im. A. Jurasza w Bydgoszczy

08.2021 – obecnie - lekarz specjalista radiologii i diagnostyki obrazowej  
Zakład Radiologii i Diagnostyki Obrazowej, Szpital Uniwersytecki nr 1 im. A. Jurasza w Bydgoszczy

## **4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.**

### **4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego i wykaz publikacji**

Cykl publikacji pod tytułem: „Analiza możliwości zastosowania wybranych narzędzi wykorzystujących sztuczną inteligencję (AI) w diagnostyce obrazowej w stomatologii”. Cykl składa się z 4 prac oryginalnych.

**A1. Kazimierzak Wojciech (autor korespondencyjny),** Kędziora Kamila, Janiszewska-Olszowska Joanna, Kazimierzak Natalia, Serafin Zbigniew: Noise-optimized CBCT imaging of temporomandibular joints - the impact of AI on image quality. Journal of Clinical Medicine: 2024; 13(5): 1502. DOI: 10.3390/jcm13051502.

IF: 3

Punkty MNiSW: 140

Mój wkład w powstanie powyższej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badania, określeniu grupy badanej, analizie badań obrazowych, przygotowaniu bazy danych, interpretacji wyników badania, przygotowaniu rycin i tabel, przygotowaniu pierwszej wersji manuskryptu, modyfikacji artykułu zgodnie z sugestiami recenzentów, przygotowaniu ostatecznej wersji manuskryptu.

**A2. Kazimierzak Wojciech (autor korespondencyjny),** Kazimierzak Natalia, Issa Julien, Wajer Róża, Wajer Adrian, Kalka Sandra, Serafin Zbigniew: Endodontic treatment outcomes in cone beam computed tomography images - assessment of the diagnostic accuracy of AI. Journal of Clinical Medicine: 2024; 13(14): 4116. DOI:10.3390/jcm13144116.

IF: 3

Punkty MNiSW: 140

Mój wkład w powstanie powyższej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badania, określeniu grupy badanej, analizie badań obrazowych, przygotowaniu bazy danych, interpretacji wyników badania, przygotowaniu rycin i tabel, przygotowaniu pierwszej wersji manuskryptu, modyfikacji artykułu zgodnie z sugestiami recenzentów, przygotowaniu ostatecznej wersji manuskryptu.

**A3. Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny),** Wajer Róża, Wajer Adrian, Kiian Veronica, Kloska Anna, Kazimierczak Natalia, Janiszewska-Olszowska Joanna, Serafin Zbigniew: Periapical lesions in panoramic radiography and CBCT imaging - Assessment of AI's diagnostic accuracy. *Journal of Clinical Medicine* 2024; 13 (9): 2709. DOI:10.3390/jcm13092709.

IF: 3

Punkty MNiSW: 140

Mój wkład w powstanie powyższej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badania, określeniu grupy badanej, analizie badań obrazowych, przygotowaniu bazy danych, interpretacji wyników badania, przygotowaniu rycin i tabel, przygotowaniu pierwszej wersji manuskryptu, modyfikacji artykułu zgodnie z sugestiami recenzentów, przygotowaniu ostatecznej wersji manuskryptu.

**A4. Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny),** Kazimierczak Natalia, Kędzióra Kamila, Szcześniak Marta, Serafin Zbigniew: Reliability of the AI-assisted assessment of the proximity of the root apices to mandibular canal, *Journal of Clinical Medicine* 2024; 13(12): 3605. DOI:10.3390/jcm13123605.

IF: 3

Punkty MNiSW: 140

Mój wkład w powstanie powyższej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badania, określeniu grupy badanej, analizie badań obrazowych, przygotowaniu bazy danych, interpretacji wyników badania, przygotowaniu rycin i tabel, przygotowaniu pierwszej wersji manuskryptu, modyfikacji artykułu zgodnie z sugestiami recenzentów, przygotowaniu ostatecznej wersji manuskryptu.

**Sumaryczny IF cyklu prac oryginalnych: 12**

**Sumaryczna liczba punktów MNiSW cyklu prac oryginalnych: 560**

## **4.2. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania**

### **4.2.1. Wprowadzenie**

Ostatnie lata przyniosły znaczący przełom technologiczny, który umożliwił rozwój nowych narzędzi opartych na sztucznej inteligencji (*artificial intelligence*, AI). Poza powszechnie znanymi i szeroko wykorzystywanymi narzędziami opartymi na tzw. dużych modelach językowych (*large language model*, LLM) jak *ChatGPT* (OpenAI, San Francisco, Stany Zjednoczone) i *Google Gemini* (Google DeepMind, Londyn, Anglia), stworzonych zostało wiele wyspecjalizowanych narzędzi AI zaprojektowanych do wykonania specjalistycznych zadań. Wykorzystanie modeli AI nie ominęło również medycyny, a zwłaszcza radiologii. W roku 2023 około 85% narzędzi AI zatwierdzonych przez FDA (*Food*

*and Drug Administration* – agencja rządu USA odpowiedzialna za zdrowie publiczne) dotyczyło diagnostyki obrazowej [1]. Algorytmy AI wielokrotnie udowodniły swoją skuteczność w różnych dziedzinach medycyny, często nawet przewyższając doświadczonych lekarzy [2–5]. Rozwój narzędzi AI objął również stomatologię, a zgodnie z ogólnym trendem, szczególnie widoczny stał się w dziedzinie radiologii szczękowo-twarzowej [6].

AI, określenie po raz pierwszy zaproponowane w 1955 roku przez Johna McCarthy'ego, odnosi się do zdolności maszyn do wykonywania zadań pierwotnie wymagających ludzkiej inteligencji [7]. Narzędzia AI stosowane w medycynie oparte są najczęściej na tzw. uczeniu maszynowym (*machine learning*, ML), które wykorzystuje sieci neuronowe do samodzielnej nauki na podstawie przykładów, zamiast korzystać z wcześniej ustalonych zasad [8]. Algorytmy ML posiadają zdolność do samodzielnej optymalizacji swoich analiz, poprzez analizę wyników wcześniejszych modeli i analizie nowych danych wejściowych. Uczenie głębokie (*deep learning*, DL) jest kategorią ML, w której system może samodzielnie parametryzować cechy danych wejściowych [9]. W przeciwieństwie do ML, DL umożliwia algorytmom automatyczne wydobywanie istotnych cech z surowych danych, eliminując konieczność ręcznego definiowania tych cech przez człowieka [10]. Umożliwia to uniknięcie czasochłonnego identyfikowania danych wejściowych i umożliwia szerokie użycie technik AI w badaniach nawet przez osoby, które nie są ekspertami w zakresie tworzenia sieci neuronowych [8]. Dodatkowo DL umożliwia hierarchizację automatycznie wydobytych cech danych wejściowych [10]. Obecnie, w badaniach obrazowych, algorytmy DL najczęściej wykorzystują konwolucyjne sieci neuronowe (*convolutional neural networks*, CNN) [8]. Techniki te umożliwiają algorytmom uczenie się hierarchicznych reprezentacji cech wyłącznie na podstawie danych wejściowych. W teorii umożliwia to programom opartym na DL znaczną samodzielność w ocenie danych medycznych, w tym w zakresie analizy obrazów radiologicznych [11].

Wzrost dostępności urządzeń stosowanych w diagnostyce obrazowej w stomatologii takich jak badania pantomograficzne (*orthopantomogram*, OPG) jak i tomografia komputerowa wiązki stożkowej (*Cone-Beam Computed Tomography*, CBCT) spowodował znaczny wzrost liczby wykonywanych badań radiologicznych. Obiecujące perspektywy finansowe przyniosły wykładniczy wzrost liczby firm zajmujących się opracowaniem komercyjnie dostępnego oprogramowania AI w branży opieki zdrowotnej [12]. Dzięki temu narzędzia AI, oprócz tego, że są dostępne dla grup badaczy i naukowców zaangażowanych w określone projekty badawczo-rozwojowe, są dostępne poprzez komercyjne produkty oparte na rozwiązaniach chmurowych. Umożliwiają one na błyskawiczną analizę danych obrazowych po przesłaniu danych na serwery dostawcy oprogramowania AI. Jednak, pomimo odważnych zapowiedzi firm dostarczających rozwiązania oparte na AI, ich wartość diagnostyczna nie została dostatecznie zweryfikowana przez niezależne badania. Rodzi to istotne ryzyko dla pacjentów, których badania obrazowe zostały przeanalizowane przez oprogramowanie AI, a trafność diagnoz i jakość wykonanych rekonstrukcji nie zostały krytycznie ocenione w sposób naukowy. Dlatego też celowa była weryfikacja wartości diagnostycznej wybranych, szeroko stosowanych narzędzi AI w diagnostyce obrazowej w stomatologii.

#### **4.2.2. Cel naukowy**

W dobie dynamicznego rozwoju technologicznego, AI zaczyna odgrywać coraz większą rolę w medycynie, w tym w radiologii szczękowo-twarzowej. Kluczowe znaczenie ma więc ocena efektywności oraz potencjalnych ograniczeń narzędzi AI w praktycznych zastosowaniach klinicznych, aby zapewnić bezpieczeństwo pacjentów i skuteczność diagnostyki obrazowej.

Celem naukowym mojego cyklu badań było przeprowadzenie szczegółowej analizy wartości diagnostycznej wybranych, komercyjnie dostępnych narzędzi wykorzystujących AI w diagnostyce obrazowej w stomatologii.

Cele szczegółowe badania były następujące:

1. Ocena zastosowania oprogramowania ClariCT.AI (ClariPI, Seul, Korea Południowa) do redukcji szumu w badaniach CBCT stawów skroniowo-żuchwowych.
2. Ocena wiarygodności diagnostycznej oprogramowania Diagnocat (Diagnocat, Ltd., San Francisco, CA, USA) w zakresie oceny wyników leczenia endodontycznego za pomocą badań CBCT.
3. Ocena wiarygodności diagnostycznej oprogramowania CephX (ORCA Dental AI, Las Vegas, NV, USA) w zakresie rozpoznawania zmniejszonej odległości pomiędzy wierzchołkami korzeni zębów żuchwy a kanałem żuchwy za pomocą badań TK.
4. Ocena wiarygodności diagnostycznej oprogramowania Diagnocat w wykrywaniu obecności zmian okołowierzchołkowych w badaniach OPG i CBCT.

### 4.2.3. *Material i metody*

#### 4.2.3.1. Noise-optimized CBCT imaging of temporomandibular joints - the impact of AI on image quality (Journal of Clinical Medicine, 2024).

Grupa badana obejmowała skany CBCT 53 pacjentów (15 mężczyzn i 38 kobiet, w wieku 18-56 lat) wykonane w jednym prywatnym centrum ortodontycznym. Pacjenci byli kierowani na CBCT stawu skroniowo-żuchwowego z powodu podejrzenia choroby zwyrodnieniowej stawu skroniowo-żuchwowego

Wszystkie skany wykonano przy użyciu Hyperion X9 (MyRay, Imola, Włochy) z fabrycznymi ustawieniami do skanów stawów skroniowo-żuchwowych (90 KV, 36 mAs, CTDI/Vol 4.09 mGy). Skany obu stawów skroniowo-żuchwowych wykonywane były oddzielnie i były rekonstruowane z grubością warstwy 0,3 mm. Po skanowaniu obrazy anonimizowano i eksportowano na chmurę programu do redukcji szumu ClariCT.AI. Oprogramowanie automatycznie dostarczało rekonstrukcje obrazów ze zredukowanym poziomem szumu dzięki modelom głębokiego uczenia (*deep learning model*, DLM).

Celem obiektywnej oceny jakości obrazu, kwadratowe obszary zainteresowania (*region of interest*, ROI) umieszczane były w następujących lokalizacjach: powierzchnia stawowa kłykcia żuchwy, jama stawowa stawu skroniowo-żuchwowego, mięsień żwacz, podskórna tkanka tłuszczowa policzka. ROI automatycznie propagowano pomiędzy obrazami natywnymi a rekonstrukcjami DLM. Umożliwiło to obliczenie wartości szumu obrazu oraz stosunku kontrastu do szumu (*contrast-to-noise ratio*, CNR). Szum obrazu definiowany był jako wartość odchylenia standardowego (*standard deviation*, SD) pomiarów poziomu sygnału w tkance tłuszczowej policzka. Wartości szumu obrazu i CNR zmierzonych w rekonstrukcjach DLM i natywnych porównano, aby ocenić skuteczność narzędzia AI.

Subiektywną jakość obrazu oceniało 2 obserwatorów korzystając z pięciostopniowej skali (1-zły, 5-doskonały), uwzględniając takie czynniki jak szum, rozdzielczość i widoczność struktur anatomicznych stawu skroniowo-żuchwowego. Ponadto każdy skan CBCT oceniano pod kątem obecności zmian zwyrodnieniowych stawów skroniowo-żuchwowych: spłaszczenia oraz deformacji wyrostka kłykciowego żuchwy, nadżerek, osteofitów oraz podchrzęstnej sklerotyzacji. Analiza subiektywnej jakości obrazu oraz obecności zmian zwyrodnieniowych była przeprowadzana na dedykowanej konsoli diagnostycznej, za pomocą oprogramowania iRYS Viewer (MyRay, Imola, Włochy).

Obliczono średnią, odchylenie standardowe, medianę, kwartyle oraz zakresy dla zmiennych ilościowych. Do porównań zmiennych ilościowych między dwiema grupami użyto testu Manna-Whitney. Do porównań zmiennych jakościowych między grupami użyto testu chi-kwadrat (z poprawką Yatesa dla tablic 2x2) lub testu Fishera. Zgodność miar jakościowych między dwoma obserwatorami została oceniona za pomocą współczynnika kappa Cohena. Poziom istotności został ustalony na 0,05. Wszystkie analizy przeprowadzono przy użyciu oprogramowania R w wersji 4.3.2.

#### 4.2.3.2. Endodontic Treatment Outcomes in CBCT Images—Assessment of the Diagnostic Accuracy of AI (Journal of Clinical Medicine 2024).

Badanie obejmowało łącznie 55 skanów kolejnych pacjentów (15 mężczyzn i 40 kobiet, w wieku od 12 do 70 lat), którzy zostali skierowani na badanie CBCT w prywatnym centrum stomatologicznym z powodu podejrzeń obecności zębów zatrzymanych oraz okołowierzchołkowych zmian osteolitycznych. Obrazy CBCT każdego z włączonych do badania pacjentów były przesyłane do bazy danych programu Diagnocat.

Oprogramowanie AI automatycznie generowało raporty wskazujące szacunkowe prawdopodobieństwo (w zakresie od 0 do 100%) wystąpienia obserwowanych zmian. W przypadku leczenia endodontycznego program oceniał następujące cechy wypełnień endodontycznych:

1. Prawdopodobieństwo wypełnienia (ang. *probability of filling*)
2. Prawidłowa obturacja (ang. *adequate obturation*)
3. Prawidłowa gęstość (ang. *adequate density*)
4. Nadmierne wypełnienie (ang. *overfilling*)
5. Puste przestrzenie w wypełnieniu (ang. *voids in filling*)
6. Krótkie wypełnienie (ang. *short filling*)
7. Liczba kanałów korzeni zębów (ang. *root canal number*)

Prawdopodobieństwo wystąpienia stanu na poziomie powyżej 50% uznawano za diagnozę pozytywną.

Obrazy były oceniane przez dwóch obserwatorów zaślepionych na wyniki analiz oprogramowania AI oraz drugiego z obserwatorów. Obecność leczenia endodontycznego oraz jego prawidłowość była oceniana zgodnie z metodą przyjętą przez oprogramowanie AI. Po oddzielnych sesjach badania, obserwatorzy wspólnie ocenili wszystkie obrazy i osiągnęli konsensus, który uznano za standard referencyjny. Obrazy oceniano za pomocą dedykowanej konsoli diagnostycznej z wykorzystaniem oprogramowania iRYS Viewer w wersji 6.2 (MyRay, Imola, Włochy).

Zgodnie z metodą przedstawioną przez Hicks i wsp. [13] obliczono następujące miary wiarygodności diagnostycznej oprogramowania AI: dokładność, precyzja, czułość i wskaźnik F1. Zgodność wyników miar ilościowych między dwiema metodami oceniono za pomocą współczynnika korelacji wewnątrzklasowej typu 3 (*Intraclass Correlation Coefficient type 3, ICC3*) [14]. Obliczono średnie, odchylenia standardowe, mediany, kwartyle i zakresy zmiennych ilościowych. Poziom istotności został ustalony na 0,05. Wszystkie analizy przeprowadzono za pomocą oprogramowania R, wersja 4.4.0.

#### 4.2.3.3. Reliability of the AI-Assisted Assessment of the Proximity of the Root Apices to Mandibular Canal (Journal of Clinical Medicine, 2024).

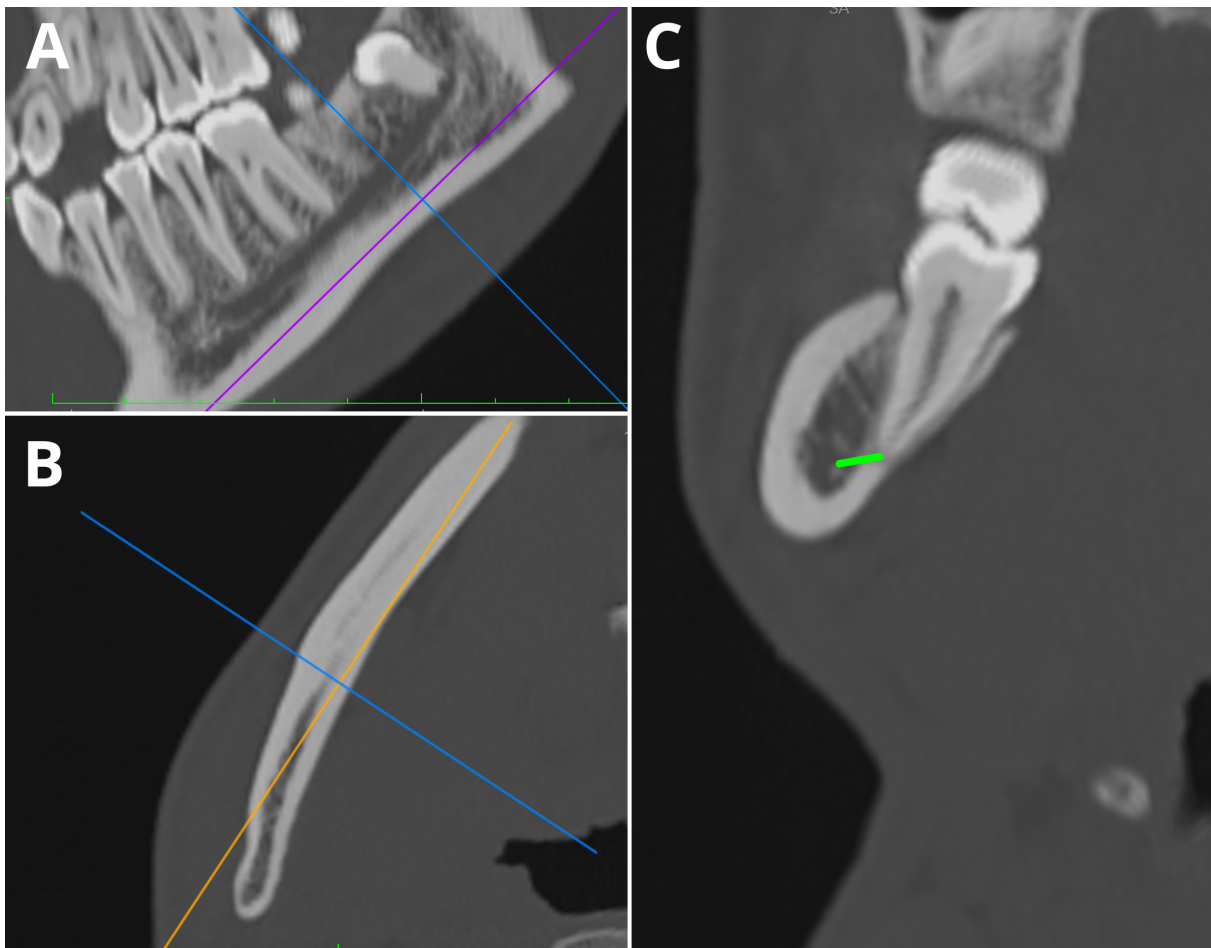
Materiał badawczy stanowiły skany TK 60 kolejnych pacjentów (40 mężczyzn i 20 kobiet, w wieku 18–30 lat) przyjętych do Szpitalnego Oddziału Ratunkowego Szpitala



Uniwersyteckiego nr 1 im. dr. Antoniego Jurasza w Bydgoszczy w latach 2020-2022 z powodu urazów uogólnionych lub urazów czaszki.

Wszystkie obrazy TK uzyskano przy użyciu 64-rzędowego skanera TK (Discovery 750HD; GE Healthcare). Obrazy zrekonstruowano z grubością warstwy 0,6 mm. Po anonimizacji, pliki DICOM badań przesłano do bazy danych oprogramowania CephX. Po wstępnej analizie oprogramowanie automatycznie przedstawiało ostrzeżenia o zmniejszonej odległości pomiędzy wierzchołkami korzeni zębów żuchwy a kanałem żuchwy (*root apex – mandibular canal proximity, RA-MC*).

Obrazy zostały ocenione przez dwóch niezależnych obserwatorów zaślepionych na wyniki analiz drugiego obserwatora oraz oprogramowania AI. Za pomocą rekonstrukcji wielopłaszczyznowych (*Multipplanar Reconstructions, MPR*) oraz cyfrowego narzędzia pomiarowego zmierzono minimalne odległości pomiędzy wierzchołkami korzeni drugich zębów przedtrzonowych oraz zębów trzonowych a kanałem żuchwy. Rycina 1 przedstawia metodę wykonania pomiarów. Na podstawie wyników obu obserwatorów wyznaczono średnie odległości RA–MC. Po zakończeniu pomiarów trzeci obserwator wykonał własne pomiary weryfikujące poprawność rozpoznania zmniejszonej odległości RA-MC wykazane przez pozostałych dwóch obserwatorów.



**Ryc. 1.** Przykładowe pomiary odległości RA-MC zęba 47 przy użyciu MPR. A – płaszczyzna strzałkowa; B – płaszczyzna osiowa; C – płaszczyzna czołowa; odległość RA-MC zaznaczona na zielono.

Miary wiarygodności diagnostycznej oprogramowania CephX w ocenie zredukowanej odległości RA-MC oceniono poprzez porównanie do standardu referencyjnego ustalonego przez trzeciego obserwatora. Obliczono czułość, swoistość, dokładność, wartość predykcyjną

dodatnią (PPV), wartość predykcijną ujemną (NPV) oraz wynik F1. Zgodność wyników pomiarów między dwoma obserwatorami oznaczono za pomocą kappy Fleissa. Poziom istotności ustalono na 0,05. Wszystkie analizy przeprowadzono za pomocą programu R, wersja 4.3.2.

#### 4.2.3.4. Periapical Lesions in Panoramic Radiography and CBCT Imaging—Assessment of AI’s Diagnostic Accuracy (Journal of Clinical Medicine, 2024).

Grupa badana składała się z pacjentów, którzy mieli wykonane badania OPG i CBCT w prywatnym centrum ortodontycznym. Główne wskazania kliniczne do wykonania skanów CBCT obejmowały podejrzenie zmian osteolitycznych w okolicy wierzchołkowej zębów (*periapical lesion*, PL) lub podejrzenie obecności zębów zatrzymanych na zdjęciach OPG. Kluczowym kryterium włączenia do badania była dostępność zarówno zdjęć OPG, jak i CBCT wykonanych w odstępie maksymalnie 30 dni, aby zminimalizować wpływ zabiegów stomatologicznych, starzenia się i innych czynników na stan zębów. Pozwoliło to na wyłonienie grupy 55 pacjentów, u których wykonano zarówno badania OPG, jak i CBCT.

Wszystkie obrazy CBCT i OPG były uzyskiwane za pomocą urządzenia Hyperion X9 PRO 13x16 (MyRay, Włochy). W skanach CBCT używano ustawienia oznaczonego jako "Standardowe" (*Regular*, 90 KV, 36 mAs, CTDI/Vol 4,09 mGy i 13 cm pole obrazowania). Wszystkie obrazy CBCT były rekonstruowane z grubością warstwy 0,3 mm. Identyfikatory pacjentów zostały usunięte w celu zachowania anonimowości.

Sesje odczytów były przeprowadzane na dedykowanej konsoli diagnostycznej, za pomocą oprogramowania iRYS Viewer (MyRay, Imola, Włochy). Obrazy były niezależnie oceniane przez dwóch obserwatorów. Ocenie poddawano obecność zmian PL na podstawie cech destrukcji kości wokół wierzchołków korzeni zębów. Obserwatorzy najpierw oceniali zdjęcia OPG, a następnie obrazy CBCT, przy czym oceny te odbywały się w odstępie co najmniej miesiąca, aby uniknąć potencjalnego zapamiętania wyników. Po obu sesjach badania wyniki były wspólnie omawiane przez obserwatorów, a obrazy poddawane były wspólnej ocenie.

Standardem referencyjnym, do którego odnoszono wyniki analiz AI, był konsensus obserwatorów osiągnięty w ocenie badania CBCT. Obydwa zestawy obrazów (OPG i CBCT) każdego pacjenta były przesyłane do bazy danych oprogramowania Diagnocat. Oprogramowanie automatycznie generowało oddzielne raporty dla obu metod obrazowania, oceniając prawdopodobieństwo wystąpienia zmiany. Prawdopodobieństwo powyżej 50% uznawane było za pozytywną diagnozę.

Parametry diagnostyczne oprogramowania AI były oceniane względem konsensu dwóch obserwatorów. Obliczono czułość, swoistość, dokładność, pozytywną wartość predykcijną (PPV), negatywną wartość predykcijną (NPV) i wynik F1 według metody przedstawionej przez Hicks i wsp. [13]. Poziom istotności ustalono na 0,05. Wszystkie analizy przeprowadzono za pomocą oprogramowania R, wersja 4.3.2.

#### 4.2.4. Omówienie wyników badań na podstawie poszczególnych publikacji stanowiących części cyklu.

##### 4.2.4.1. Noise-optimized CBCT imaging of temporomandibular joints - the impact of AI on image quality (Journal of Clinical Medicine, 2024).

Szum obrazu, zdefiniowany jako odchylenie standardowe (SD) w tkance tłuszczowej policzka, był istotnie wyższy w rekonstrukcjach natywnych ( $p < 0.001$ ). Obliczone poziomy CNR wykazały istotną statystycznie różnicę ( $p < 0.001$ ) dla obu badanych lokalizacji (ROI 1,2),

z wyższymi poziomami CNR zaobserwowanymi w rekonstrukcjach DLM. Graficzne przedstawienie wyników obliczeń CNR znajduje się na Rycinie 2.



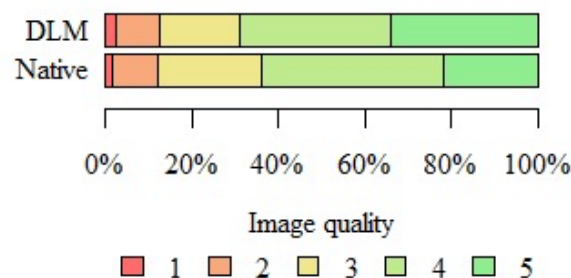
**Ryc. 2.** Wyniki obliczeń CNR w wyrostkach kłykciowych żuchwy (A) oraz w szparach stawowych (B) (wartości średnie, przedziały ufności 95% (CI), zakresy).

Wyniki subiektywnej analizy jakościowej badań wykazały, że rodzaj rekonstrukcji nie miał statystycznie istotnego wpływu na subiektywną ocenę jakości obrazów. Tabela 1 i Rycina 3 ilustrują wyniki subiektywnej oceny jakościowej obu typów rekonstrukcji.

**Tab.1.** Wyniki subiektywnej oceny jakościowej obu typów rekonstrukcji.

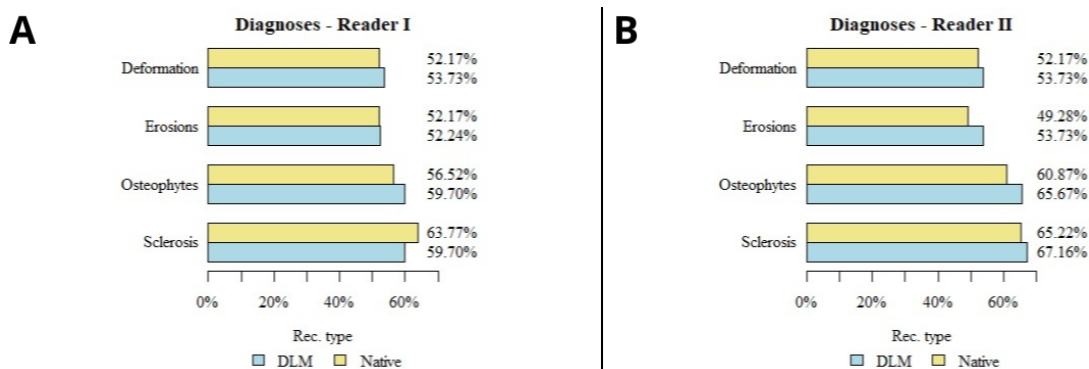
Subiektywna ocena jakości obrazu	Typ rekonstrukcji		p
	DLM	Natywna	
1	4 (2.0%)	2 (1.0%)	p=0.055
2	20 (10.0%)	20 (10.0%)	
3	37 (18.5%)	48 (24.00%)	
4	71 (35.0%)	86 (43.0%)	
5	68 (34.0%)	44 (22.0%)	

DLM – deep learning model, p - Fisher's exact test



**Ryc. 3.** Podsumowanie wyników subiektywnej oceny jakości obrazów dokonanej przez obu obserwatorów.

Wyniki subiektywnych ocen obecności zmian zwyrodnieniowych stawów skroniowo-żuchwowych zostały zaprezentowane na Rycinie 4. Nie stwierdzono istotnej korelacji między liczbą zdiagnozowanych zmian a rodzajem rekonstrukcji. Wykorzystanie rekonstrukcji opartych na głębokim uczeniu się nie miało istotnego wpływu na ocenę obecności zmian zwyrodnieniowych stawów skroniowo-żuchwowych.



**Ryc. 4.** Diagram przedstawiający wyniki oceny zmian zwyrodnieniowych stawów skroniowo-żuchwowych wykrytych w badanych rekonstrukcjach przez obu obserwatorów (A, B).

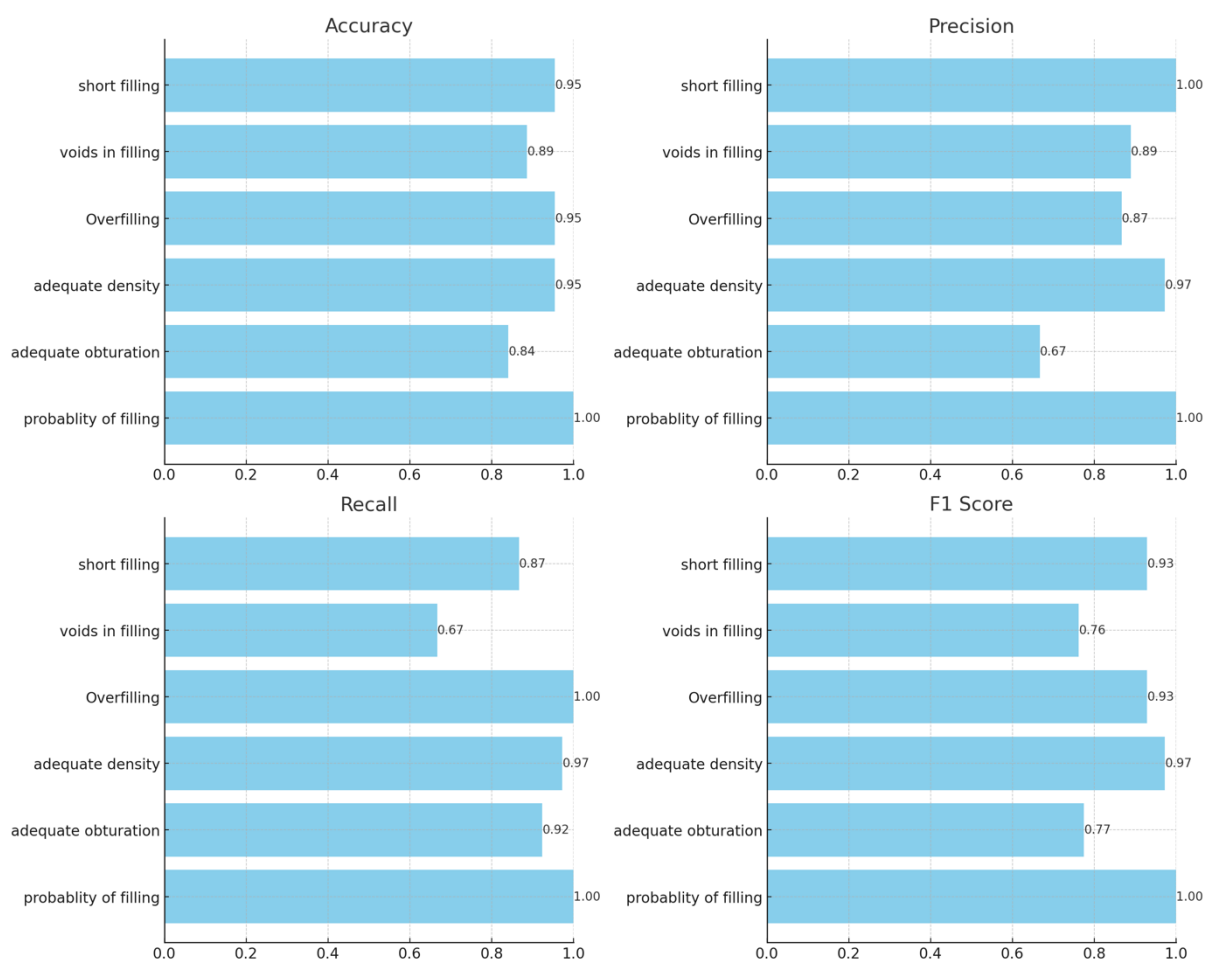
#### 4.2.4.2. Endodontic treatment outcomes in cone beam computed tomography images - assessment of the diagnostic accuracy of AI (Journal of Clinical Medicine, 2024).

Badanie obejmowało 55 skanów CBCT 55 pacjentów, w wieku od 12 do 70 lat. Łącznie liczba przeanalizowanych zębów wyniosła 1330.

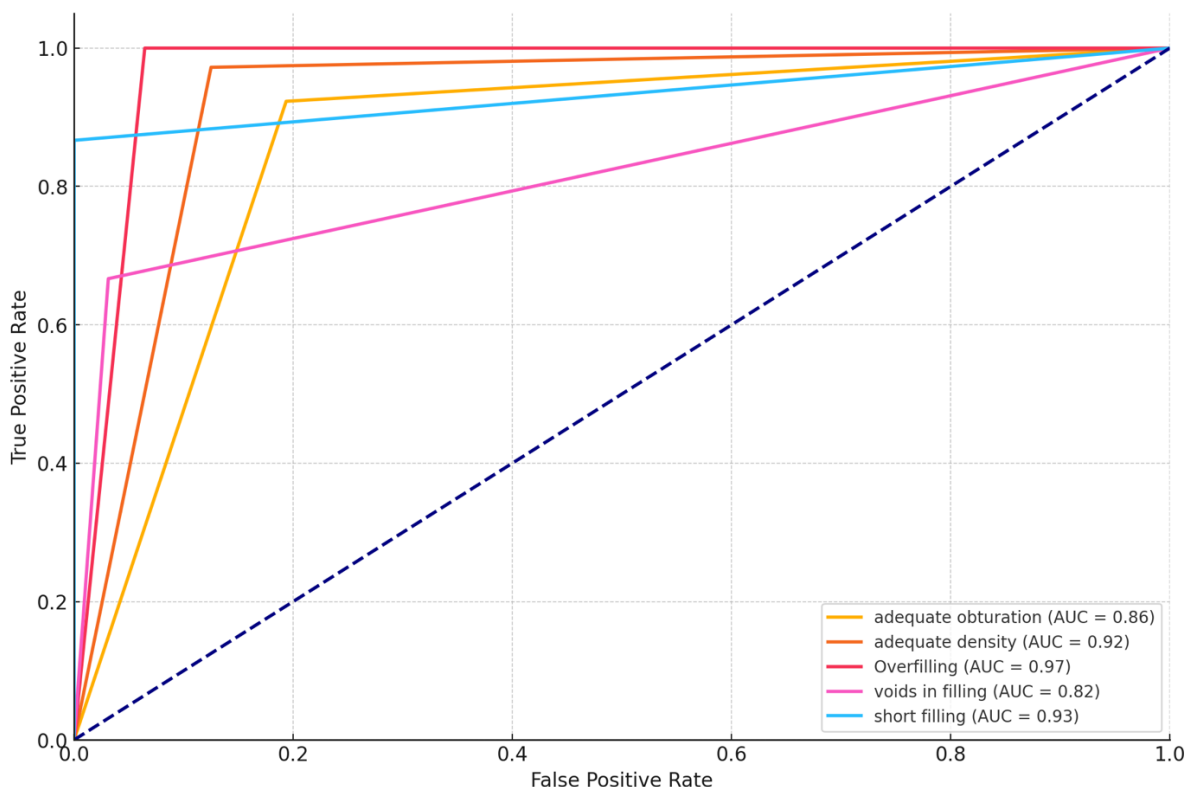
Oprogramowanie Diagnocat wykazało doskonałą wiarygodność w ocenie obecności wypełnienia endodontycznego osiągając 100% wartości miar dokładności, precyzji, czułości i wskaźnika F1. Najniższe parametry diagnostyczne program wykazywał w ocenie obecności pustych przestrzeni w wypełnieniach z czułością wynoszącą 66.7%, oraz wartością wskaźnika F1 na poziomie 76.2%. Tabela 2 oraz Rycina 5 szczegółowo przedstawiają parametry diagnostyczne programu AI. Krzywe charakterystyki operacyjnej odbiornika (*receiver operating characteristic curve*, ROC) dla wszystkich ocenianych parametrów przedstawiono na Rycinie 6.

**Tab. 2.** Parametry diagnostyczne oprogramowania Diagnocat w ocenie wypełnień endodontycznych.

Parametr	Dokładność	Precyzja	Czułość	F1 Score
Prawdopodobieństwo wypełnienia	100%	100%	100%	100%
Prawidłowa obturacja	84.1%	66.7%	92,3%	77.4%
Prawidłowa gęstość	95.5%	97.2%	97.2%	97.2%
Nadmierne wypełnienie	95.5%	86.7%	100%	92.9%
Puste przestrzenie w wypełnieniu	88.6%	88.9%	66.7%	76.2%
Krótkie wypełnienie	95.5%	100%	86.7%	92.9%



**Ryc. 5.** Wiarygodność diagnostyczna oprogramowania Diagnocat w ocenie wybranych cech leczenia endodontycznego.



**Ryc. 6.** Krzywe ROC dla wszystkich ocenianych cech leczenia endodontycznego.

Wyniki analizy zgodności liczby kanałów korzeni zębów wykazanych przez obserwatorów i oprogramowanie AI wykazały doskonałą zgodność (Tabela 3).

**Tab. 3.** Analiza zgodności pomiędzy oprogramowaniem Diagnocat a konsensusem obserwatorów w ocenie liczby kanałów zębów leczonych endodontycznie.

Parametr	ICC	95% CI	Zgodność (Cicchetti)	Zgodność (Koo & Li)
Liczba kanałów korzeni zębów	0.958	0.941 0.971	Doskonała	Doskonała

ICC – współczynnik korelacji wewnątrzklasowej; CI – przedział ufności.

#### 4.2.4.3. Reliability of the AI-Assisted Assessment of the Proximity of the Root Apices to Mandibular Canal (Journal of Clinical Medicine, 2024).

Po zastosowaniu kryteriów wyłączenia z badania, ostateczna grupa badana obejmowała skany TK 57 pacjentów. Łączna liczba ocenianych zębów w badanej grupie pacjentów wyniosła 813. Tabela 4 podsumowuje wyniki ocen obu obserwatorów. Najczęstsza bezpośrednia komunikacja między kanałem żuchwy a wierzchołkami korzeni występowała w przypadku trzecich zębów trzonowych – do 33% w przypadku zęba 48.

**Tab. 4.** Średnie odległości RA-MC.

Ząb	Średnia	SD	Min [mm]	Max [mm]
Drugie zęby przedtrzonowe	3.76	2.81	0.69	9.62
Pierwsze zęby trzonowe	3.87	3.45	0	12.4
Drugie zęby trzonowe	2.52	3.07	0	13.4

Ząb	Średnia	SD	Min [mm]	Max [mm]
Trzecie zęby trzonowe	1.43	2.29	0	7.68

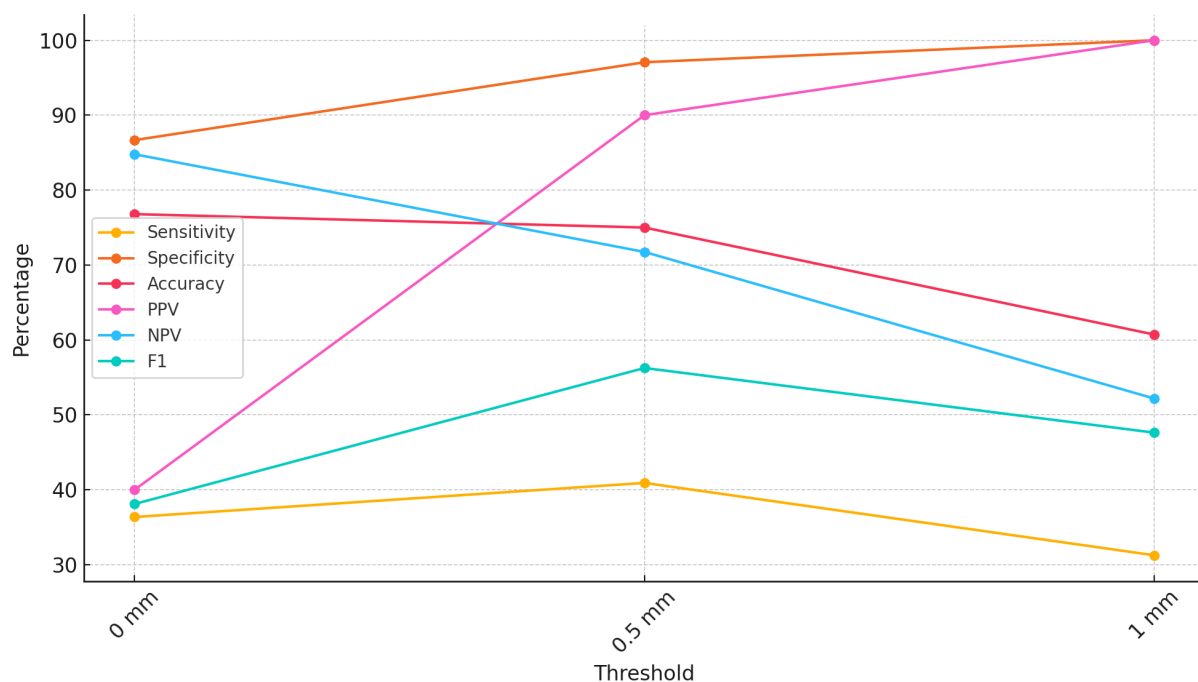
SD – Odchylenie standardowe; Min – wartość minimalna; Max – wartość maksymalna.

Wyniki analiz oprogramowania CephX zawierały ostrzeżenia o zmniejszonej odległości RA-MC. Nie podawały one żadnych danych wskazujących na odległości, numeracji zębów ani nie określały strony, po której stwierdzono zmniejszoną odległość RA-MC. W związku z tym celem oceny wiarygodności diagnostycznej programu, przeanalizowano trzy progi odległości RA-MC (0 mm, 0,5 mm i 1,0 mm), aby ocenić wiarygodność diagnoz CephX. W przypadku potwierdzenia przez trzeciego obserwatora odległości RA-MC poniżej 1 mm, 0,5 mm i/lub równej 0, diagnoza oprogramowania AI zmniejszonej odległości RA-MC była uważana za prawidłową. Miary wiarygodności diagnostycznej oprogramowania CephX szczegółowo przedstawiono w Tabeli 5 i na Rycinie 7.

**Tab. 5.** Wiarygodność diagnostyczna programu AI w wykrywaniu zmniejszonej odległości RA-MC dla trzech zdefiniowanych progów.

Próg	Czułość	Specyficzność	Dokładność	PPV	NPV	F1
0 mm	36.36%	86.67%	76.79%	40.00%	84.78%	38.10%
0.5 mm	40.91%	97.06%	75.00%	90.00%	71.74%	56.25%
1 mm	31.25%	100.00%	60.71%	100.00%	52.17%	47.62%

PPV – Pozytywna wartość predykcyjna; NPV – Negatywna wartość predykcyjna



**Ryc. 7.** Wiarygodność diagnostyczna programu AI dla trzech zdefiniowanych progów odległości RA-MC.

Odległości RA-MC w ocenie obserwatorów były istotnie większe, gdy AI nie wskazywało na zmniejszoną odległość, w porównaniu do sytuacji, gdy AI wskazywało na zmniejszoną odległość RA-MC (Tabela 6 i Rycina 8).

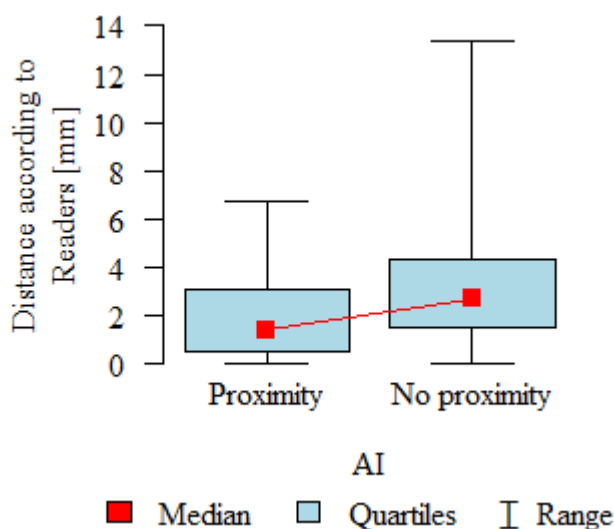
**Tab. 6.** Korelacja między średnimi odległościami RA-MC a diagnozą AI zmniejszonej odległości RA-MC.

AI	N	Odległość RA-MC w ocenie obserwatorów [mm]							p
		Średnia	SD	Median	Min	Max	Q1	Q3	
Zmniejszona odległość	158	1,96	1,81	1,40	0	6,77	0,50	3,1	p<0.001 *
Brak zmniejszonej odległości	655	3,12	2,31	2,71	0	13,40	1,48	4,3	

SD – Odchylenie standardowe; Min – wartość minimalna; Max – wartość maksymalna; Q1 – pierwszy kwartył; Q3 – trzeci kwartył.

p - Mann-Whitney test

\* zależność istotna statystycznie (p<0.05)



**Ryc. 8.** Korelacja między średnimi odległościami RA-MC a diagnozą zmniejszonej odległości RA-MC przez oprogramowanie CephX.

#### 4.2.4.4. Periapical Lesions in Panoramic Radiography and CBCT Imaging—Assessment of AI’s Diagnostic Accuracy (Journal of Clinical Medicine, 2024).

Po zastosowaniu kryteriów kwalifikacji do badania, do ostatecznej grupy pacjentów zakwalifikowano 49 z początkowej grupy 92 pacjentów z badaniami OPG i CBCT. Łączna liczba przeanalizowanych zębów wyniosła 1223.

Analiza wyników wykrytych zmian okołowierzchołkowych wykazała znaczne różnice w oceanach obserwatorów i oprogramowania AI (Tabela 7).

**Tab. 7.** Liczba wykrytych zmian PL przez oprogramowanie Diagnocat i obserwatorów.

Zmienna	Oprogramowanie AI		Konsensus obserwatorów	
	OPG	CBCT	OPG	CBCT
Zmiany okołowierzchołkowe	28	23	51	26

OPG – badanie pantomograficzne; CBCT - badanie tomografii komputerowej wiązki stożkowej.



Oprogramowanie Diagnocat wykazało niską czułość (33,33%) w wykrywaniu zmian okołowierzchołkowych w zdjęciach OPG w porównaniu z standardem referencyjnym (konsensus obserwatorów na podstawie analizy obrazów CBCT). Z kolei w analizie obrazów CBCT oprogramowanie AI wykazało istotnie wyższą czułość wynoszącą 77,78%. Oprogramowanie AI zarówno w analizie zdjęć OPG jak i CBCT wykazało bardzo wysoką specyficzność (>95%) w ocenie obecności zmian okołowierzchołkowych. Podsumowanie miar wiarygodności diagnostycznej oprogramowania Diagnocat znajduje się w Tabeli 8.

**Tab. 8.** Miary wiarygodności diagnostycznej oprogramowania Diagnocat analiz w analizie badań OPG i CBCT w porównaniu ze standardem referencyjnym (konsensus obserwatorów w analizie CBCT).

Badanie	Czułość	Specyficzność	Dokładność	PPV	NPV	F1
OPG	33.33%	98.43%	97.01%	32.14%	98.51%	32.73%
CBCT	77.78%	99.83%	99.35%	91.30%	99.50%	84.00%

PPV - Pozytywna wartość predykcyjna; NPV - Negatywna wartość predykcyjna; OPG – badanie pantomograficzne; CBCT - badanie tomografii komputerowej wiązki stożkowej.

Analiza ocen OPG przez obserwatorów wykazała bardzo interesujące wyniki, z czułością wynoszącą 66,67% (w porównaniu do konsensusu obserwatorów z analizy CBCT). Wykazano jednak dużą liczbę wyników fałszywie pozytywnych, co skutkowało niską pozytywną wartością predykcyjną (PPV) wynoszącą 31,58% (Tabela 9).

**Tab. 9.** Miary wiarygodności diagnostycznej analiz OPG obserwatorów w porównaniu do standardu referencyjnego (konsensus obserwatorów w analizie CBCT).

Czułość	Specyficzność	Dokładność	PPV	NPV	F1
66.67%	96.82%	96.18%	31.58%	99.25%	42.86%

PPV - Pozytywna wartość predykcyjna; NPV - Negatywna wartość predykcyjna.

#### 4.2.6. Podsumowanie cyklu prac

Przedstawione w ramach cyklu prace naukowe miały na celu zbadanie efektywności wybranych, komercyjnie dostępnych narzędzi AI w diagnostyce obrazowej w stomatologii. Badanie [A1] miało na celu sprawdzenie, w jakim stopniu narzędzia AI mogą poprawić jakość obrazów CBCT poprzez redukcję szumu, co jest istotne dla dokładnej diagnostyki patologii stawów skroniowo-żuchwowych. Kolejnym celem badań było porównanie poprawności diagnoz generowanych przez narzędzia AI z tymi stawianymi przez doświadczonych obserwatorów, co pozwoliło na określenie ich przydatności w codziennej praktyce. W szczególności interesowało mnie, jak dokładnie narzędzia te identyfikują patologie, takie jak nieprawidłowości w wypełnieniach endodontycznych [A2] oraz osteolityczne zmiany okołowierzchołkowe [A4]. Zweryfikowałem ponadto poprawność stawianych przez oprogramowanie AI rozpoznaw zmniejszonej odległości pomiędzy wierzchołkami korzeni zębów żuchwy a kanałem żuchwy [A3].

Włączone do cyklu badania wykazały, że zastosowanie narzędzi AI w diagnostyce obrazowej w stomatologii oferuje zarówno obiecujące możliwości, jak i napotyka na istotne ograniczenia, które należy uwzględnić przed ich implementacją w praktyce klinicznej.

W pracy [A1] skupiłem się na ocenie wpływu oprogramowania ClariCT.AI na redukcję szumu w badaniach CBCT stawów skroniowo-żuchwowych. Poprzednie badania sugerowały, że zastosowanie AI może znacząco poprawić jakość obrazów TK poprzez redukcję szumu, co

potencjalnie przekłada się na lepszą wizualizację struktur anatomicznych i wykrywalność zmian patologicznych [15–20]. Przeprowadzone wcześniej badania własne wykazały, że zastosowanie oprogramowania ClariCT.AI pozwoliło na poprawę obiektywnych parametrów jakościowych dwuenergetycznej tomografii komputerowej (*dual energy computed tomography*, DECT) poprzez redukcję poziomu szumu obrazu oraz wzrost poziomu CNR [20]. Dodatkowo, zastosowanie oprogramowania AI spowodowało poprawę subiektywnych ocen jakości obrazów, a także widoczności przecieków u pacjentów po zabiegach wewnątrznaczyniowej naprawy tętniaków (*endovascular aneurysm repair*, EVAR). Co więcej, badane oprogramowanie AI w znaczący sposób przewyższyło dotychczas powszechnie stosowane algorytmy iteracyjne (*adaptive statistical iterative reconstructions*, ASIR) w zakresie poprawy subiektywnej i obiektywnej jakości obrazów [20]. Badanie [A1] również wykazało, że zastosowanie narzędzia ClariCT.AI istotnie poprawiło obiektywne parametry jakości obrazu, co potwierdziło efektywność algorytmów AI w optymalizacji technicznych aspektów obrazowania.

Jednakże, w przeciwieństwie do oczekiwań oraz uzyskanych w ramach wcześniejszego badania wyników [20], w badaniu [A1] nie zaobserwowano znaczącej poprawy w subiektywnej ocenie jakości obrazów przez doświadczonych radiologów. Co więcej, redukcja poziomu szumu obrazu nie wpłynęła na wykrywalność zmian zwyrodnieniowych stawów skroniowo-żuchwowych. Oznacza to, że mimo technicznej poprawy parametrów obrazu, kliniczna użyteczność takiej optymalizacji może być ograniczona. Wyniki te są zbieżne z wynikami innego przeprowadzonego przeze mnie badania na temat zastosowania ClariCT.AI w redukcji szumu obrazów CBCT (manuskrypt w trakcie rozpatrywania przez czasopismo naukowe [21]). Uzyskane w ramach badań [A1, 21] wyniki wykazują, że w praktyce klinicznej kluczowe jest nie tylko polepszanie parametrów technicznych, ale również ocena, czy te zmiany przekładają się na realne korzyści diagnostyczne. Analiza piśmiennictwa wykazała, że przeprowadzone badania były dotychczas pierwszymi analizującymi zastosowanie komercyjnie dostępnego oprogramowania AI do redukcji poziomu szumu w obrazach CBCT stawów skroniowo-żuchwowych [A1] i jamy ustnej [21]. Dodatkowo, opublikowano dotychczas jedynie pojedyncze prace dotyczące zastosowania AI w redukcji szumu obrazów CBCT jamy ustnej [22, 23]. Praca Ryu i wsp. [22] wykazała możliwość zastosowania oprogramowania AI w poprawie obiektywnej i subiektywnej jakości obrazów CBCT. Autorzy pracy do nauki algorytmów AI wykorzystali pary obrazów uzyskanych za pomocą skanów wielorzędowej TK oraz CBCT stawów skroniowo-żuchwowych wykonanych u tych samych pacjentów. Z kolei praca Ylisiurua i wsp. [23] wykazała, że pomimo redukcji poziomu szumu obrazów za pomocą oprogramowania AI, w ocenie doświadczonego radiologa, rekonstrukcje AI miały niższą wartość diagnostyczną w ocenie struktur kostnych niż nieprzetworzone obrazy natywne.

W badaniu [A2] oceniłem wiarygodność diagnostyczną komercyjnie dostępnego oprogramowania AI Diagnocat w ocenie wyników leczenia endodontycznego na podstawie badań CBCT [A2]. Oprogramowanie to wykazało wysoką wiarygodność w identyfikacji obecności wypełnień endodontycznych oraz w ocenie ich jakości, szczególnie pod względem prawidłowej długości i gęstości wypełnienia. Potwierdza to potencjał AI w automatyzacji i usprawnianiu procesów diagnostycznych, co może przyczynić się do zwiększenia efektywności pracy lekarzy dentystów, a w ostateczności przełożyć się na poprawę jakości leczenia pacjentów.

Badanie [A2] wykazało jednak niższą wiarygodność oprogramowania Diagnocat w wykrywaniu pustych przestrzeni w wypełnieniach, które są istotne z punktu widzenia ryzyka ponownej infekcji i długoterminowego sukcesu leczenia [24, 25]. Analiza piśmiennictwa naukowego nie wykazała innych prac analizujących wiarygodność komercyjnie dostępnego oprogramowania AI w analizie wyników leczenia endodontycznego na podstawie obrazów

CBCT. Dlatego też wyniki pracy [A2] znajdują odniesienie jedynie do pojedynczych prac, w których analizowano wiarygodność tego oprogramowania w analizie badań OPG [26–28]. Opublikowane w 2024 roku badania własne wykazały znacznie niższą wiarygodność diagnostyczną programu Diagnocat w ocenie wyników leczenia endodontycznego na podstawie badań OPG [28]. Mimo, że Diagnocat wykazał wysoką czułość (90,72%) oraz doskonały wynik F1 (95,12%) w identyfikacji obecności wypełnień endodontycznych, to jego wiarygodności diagnostyczna w ocenie pozostałych cech wypełnień endodontycznych była zdecydowanie niższa. System wykazał nieakceptowalne wyniki F1 przy ocenie zbyt krótkich wypełnień i pustek w wypełnieniach, osiągając odpowiednio tylko 8,33% i 14,29%. Wiarygodność w wykrywaniu odpowiedniej obturacji i gęstości wypełnień była umiarkowana, wynosząc odpowiednio 55,81% i 62,79%. Należy podkreślić, że w obu badaniach własnych nie stwierdzono fałszywie pozytywnych rozpoznań obecności wypełnień endodontycznych przez oprogramowanie Diagnocat [A2, 28]. Wskazuje to na jego wysoką „konserwatywność” w ocenie obecności wypełnień endodontycznych. Prawdopodobnie niewielkie zmiany w ustawieniach programu mogłyby poprawić wskaźniki wiarygodności diagnostycznej poprzez zwiększenie czułości oprogramowania.

Zbliżone wyniki przedstawiły zespoły Orhana [26] i Zadrożnego [27], które wykazały dość wysoką czułość programu w wykrywaniu obecności wypełnień endodontycznych (odpowiednio 82,1% oraz 87,2%), przy znacznie niższych wartościach wiarygodności diagnostycznej w ocenie pozostałych cech wypełnień endodontycznych na podstawie badań OPG. Przedstawione wyniki podkreślają podstawowe ograniczenia związane z zastosowaniem badań OPG w diagnostyce endodontycznej, jak również ograniczenia samego programu Diagnocat. Należy jednak podkreślić, że zdjęcia OPG nie są preferowaną metodą oceny leczenia endodontycznego [29, 30] oraz odznaczają się w tym zakresie znacznie niższą wiarygodnością diagnostyczną niż CBCT [31].

Biorąc pod uwagę wyniki badania [A2], przedstawione wyżej wyniki badań własnych [28], oraz dane z piśmiennictwa [26, 27], należy uznać, że oprogramowanie Diagnocat jest wartościowym narzędziem do oceny badań obrazowych po leczeniu endodontycznym. Należy jednak zaznaczyć, że niższe wartości wiarygodności diagnostycznej w ocenie cech wypełnień endodontycznych, takich jak prawidłowa długość i obecność pustych przestrzeni, wskazują na potrzebę dalszego doskonalenia algorytmów oprogramowania, aby mogły one precyzyjnie identyfikować subtelne nieprawidłowości o istotnym znaczeniu klinicznym.

Badanie [A3] wykazało, że oprogramowanie CephX charakteryzuje się niską czułością i wysoką swoistością w ocenie zmniejszonej odległości między wierzchołkami korzeni zębów żuchwy a kanałem żuchwy (root apex – mandibular canal, RA-MC). Czułość i swoistość oprogramowania AI różniły się w zależności od zastosowanego progu odległości. Dla progu wynoszącego 0,5 mm, CephX wykazał czułość na poziomie 40,91% i swoistość na poziomie 97,06%. Zastosowanie odmiennych progów odległości RA-MC (0 mm lub 1 mm) prowadziło do dalszego spadku miar wiarygodności diagnostycznej oprogramowania CephX w tym zadaniu.

Uszkodzenie nerwu zębodołowego dolnego jest potencjalnym powikłaniem zabiegów chirurgicznych i endodontycznych zębów żuchwy. Ponieważ aż 19,6% zaburzeń neurologicznych związanych z jego uszkodzeniem ma charakter przewlekły [32], ocena odległości RA-MC ma kluczowe znaczenie w minimalizacji ryzyka uszkodzenia tego nerwu w trakcie planowania zabiegów stomatologicznych. Biorąc pod uwagę potencjalne powikłania zabiegów stomatologicznych związane z uszkodzeniem nerwu zębodołowego dolnego, tak niskie wartości czułości oprogramowania AI w ocenie odległości RA-MC są niedopuszczalne. Dodatkowo, brak podstawowych informacji w generowanych raportach, takich jak numeracja

zębów czy strona występowania zmniejszonej odległości, ogranicza praktyczną użyteczność tego oprogramowania w codziennej pracy lekarza.

Badania własne przeprowadzone nad zastosowaniami oprogramowania CephX wskazują na szereg wątpliwości związanych z wiarygodnością wyników analiz AI [33–35]. Oprogramowanie CephX wykazało całkowity brak zgodności wyników analiz asymetrii twarzowej części czaszki na podstawie skanów TK z analizami i pomiarami wykonanymi przez doświadczonego obserwatora [33]. Powtarzalność wyników części analiz cefalometrycznych wykonanych przez CephX na podstawie skanów TK jest niska [34]. Wykazałem ponadto, że oprogramowanie CephX w nietypowy, odmienny od powszechnie przyjętych standardów sposób definiuje metody wykonania części z analiz cefalometrycznych [35]. Badanie [A3] jako kolejne wskazuje na poważne błędy w funkcjonowaniu i podkreśla brak wiarygodności wyników analiz programu CephX.

Ostatnia część moich badań dotyczyła oceny zdolności AI do wykrywania zmian okołowierchołkowych na obrazach OPG oraz CBCT [A4]. Oprogramowanie AI wykazało wysokie miary wiarygodności diagnostycznej w analizie obrazów CBCT. Jednak w przypadku analiz OPG, czułość oprogramowania była znacznie niższa (33.33%). Sugeruje to, że AI ma obecnie ograniczoną zdolność do interpretacji badań dwuwymiarowych, które są bardziej podatne na zniekształcenia i nakładanie się struktur anatomicznych. Należy jednak wskazać, że badania OPG nie są preferowaną metodą obrazowania zmian okołowierchołkowych i ich zastosowanie w diagnostyce tych zmian jest ograniczone ze względu na niższą rozdzielczość i możliwość nakładania się struktur anatomicznych. Wiarygodność diagnostyczna badań OPG w wykrywaniu zmian okołowierchołkowych jest niska, czułość wynosi od 28% do 48.8% [36–38]. Dlatego niższa czułość oprogramowania AI w analizie OPG może wynikać z inherentnych ograniczeń tej metody obrazowania, a niekoniecznie z niedoskonałości samego algorytmu AI.

Podobnie jak w badaniu [A2] wyniki badania [A4] oraz [28] wskazują na zmienne wartości czułości oprogramowania Diagnocat w wykrywaniu zmian patologicznych oraz określaniu wyników leczenia endodontycznego. Należy wskazać, że pomimo tej zmienności, zdolność programu do identyfikowania przypadków prawdziwie negatywnych była wysoka, co jest odzwierciedlone w wysokiej swoistości i wartości NPV. Oznacza to, że oprogramowanie jest skuteczne w wykluczaniu stanów patologicznych.

Wysoka dokładność i czułość oprogramowania Diagnocat w analizie obrazów CBCT sugeruje, że technologia ta ma potencjał jako narzędzie wspomagające diagnostykę stomatologiczną. Z drugiej strony, niższa skuteczność w analizie OPG podkreśla potrzebę dalszego doskonalenia algorytmów AI do oceny dwuwymiarowych obrazów radiologicznych lub ograniczenia ich zastosowania w tym kontekście.

Do ograniczeń moich badań należy zaliczyć stosunkowo niewielkie grupy badane, analizy ograniczone do pojedynczych komercyjnie dostępnych programów AI, a także ograniczona liczba obserwatorów biorących udział w wyznaczaniu standardów referencyjnych. Kolejnym ograniczeniem jest możliwy wpływ błędów ludzkich i subiektywności ocen jakościowych na wyniki badania. Dodatkowo, wyniki analiz AI mogą być zależne od jakości i rozdzielczości analizowanych badań obrazowych. Ponadto należy wskazać ograniczenia geograficzne – grupy włączone do badań nie były zróżnicowane etnicznie i obejmowały tylko pacjentów rasy białej. Sposobem na obiektywizację uzyskanych wyników byłaby analiza większej ilości danych obrazowych uzyskanych za pomocą różnorodnego sprzętu oraz w zróżnicowanych populacjach.

#### **4.2.7. Wnioski.**

1. Oprogramowanie AI ClariCT.AI zastosowane do redukcji szumu w badaniach CBCT stawów skroniowo-żuchwowych znacząco poprawiło obiektywne parametry jakości obrazu, takie jak poziom szumu i CNR. Nie wpłynęło to jednak istotnie na subiektywną ocenę jakości obrazów ani na wykrywalność zmian zwyrodnieniowych przez doświadczonych radiologów.
2. Oprogramowanie AI Diagnocat wykazało wysoką wiarygodność w identyfikacji obecności wypełnień endodontycznych oraz w ocenie ich jakości pod względem prawidłowej długości i gęstości wypełnienia na podstawie obrazów CBCT. Wiarygodność ocen obecności pustych przestrzeni w wypełnieniach była ograniczona.
3. Oprogramowanie AI CephX cechowało się niską czułością w ocenie zmniejszonej odległości RA-MC. Użyteczność narzędzia była dodatkowo ograniczona przez brak szczegółowych informacji na temat stwierdzonej zmniejszonej odległości RA-MC w generowanych raportach.
4. Oprogramowanie AI Diagnocat wykazało wysokie miary wiarygodności diagnostycznej w wykrywaniu zmian okołowierzchołkowych na podstawie obrazów CBCT, jednak wiarygodność wyników analiz zdjęć OPG była znacznie niższa.

#### **4.2.8. Znaczenie badań i ich potencjalne wykorzystanie.**

Przeprowadzone badania mają istotne znaczenie zarówno dla praktyki klinicznej, jak i dla dalszego rozwoju technologii AI w stomatologii:

1. Badania dostarczają cennych informacji na temat aktualnych możliwości i ograniczeń komercyjnie dostępnych narzędzi AI w diagnostyce obrazowej w stomatologii. Wypełniają lukę w piśmiennictwie naukowym, szczególnie w kontekście niezależnej weryfikacji skuteczności tych narzędzi przez obserwatorów niezwiązanych z ich twórcami.
2. Pozwalają na identyfikację ograniczeń narzędzi AI, takich jak niska czułość w wykrywaniu zmniejszonej odległości RA-MC czy zmian okołowierzchołkowych na podstawie OPG, ma bezpośrednie przełożenie na bezpieczeństwo pacjentów. Świadomość tych ograniczeń pozwala stomatologom na bardziej krytyczne podejście do wyników generowanych przez AI i unikanie potencjalnych błędów diagnostycznych.
3. Wyniki badań podkreślają obszary wymagające dalszego doskonalenia algorytmów AI, takie jak interpretacja obrazów dwuwymiarowych i wykrywanie subtelnych nieprawidłowości w wypełnieniach endodontycznych. Ponadto wyniki wskazują na brak użyteczności uproszczonych raportów badań. Dostarcza to wskazówek dla twórców oprogramowania, kierując ich uwagę na kluczowe aspekty wymagające ulepszeń.
4. Badania wskazują, że integracja narzędzi AI z praktyką kliniczną powinna być prowadzona z pełnym zrozumieniem jej aktualnych możliwości i ograniczeń. Wskazują również, że AI na obecnym poziomie rozwoju powinna być traktowana zaledwie jako narzędzie wspomagające, a nie zastępujące tradycyjną ocenę radiologiczną przez doświadczonych lekarzy.

5. Wyniki badań mogą być wykorzystane w procesie edukacji przyszłych lekarzy dentystów i radiologów, zwiększając świadomość na temat zastosowań AI w diagnostyce obrazowej oraz ucząc krytycznego podejścia do interpretacji wyników generowanych przez algorytmy AI. Wynik moich badań pozwalają na wzrost świadomości ograniczeń i możliwości AI co może przyczynić się do podniesienia jakości opieki nad pacjentem.

Podsumowując, przedstawione wyniki badań podkreślają, że choć sztuczna inteligencja ma znaczący potencjał w diagnostyce obrazowej w stomatologii, jej obecne zastosowanie wymaga ostrożności i krytycznej oceny. Na obecnym etapie rozwoju oprogramowania, zastosowanie AI powinno być traktowane jako uzupełnienie, a nie zastępstwo dla doświadczenia i wiedzy klinicznej lekarzy. Dalszy rozwój i doskonalenie algorytmów AI, poparte niezależnymi badaniami naukowymi, są niezbędne do pełnego wykorzystania jej możliwości i zapewnienia najwyższej jakości opieki stomatologicznej.

#### **4.2.9. Piśmiennictwo.**

1. McNabb NK, Christensen EW, Rula EY, et al (2023) Projected Growth in FDA-Approved Artificial Intelligence Products Given Venture Capital Funding. *Journal of the American College of Radiology*. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2023.08.030>
2. Schwendicke F, Golla T, Dreher M, Krois J (2019) Convolutional neural networks for dental image diagnostics: A scoping review. *J Dent* 91
3. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, et al (2017) Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* 542:. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
4. Gulshan V, Peng L, Coram M, et al (2016) Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA - Journal of the American Medical Association* 316:. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>
5. Mazurowski MA, Buda M, Saha A, Bashir MR (2019) Deep learning in radiology: An overview of the concepts and a survey of the state of the art with focus on MRI. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 49
6. Heo M-S, Kim J-E, Hwang J-J, et al (2021) Artificial intelligence in oral and maxillofacial radiology: what is currently possible? *Dentomaxillofacial Radiology* 50:. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200375>
7. McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE (2006) A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence. *AI Mag* 27:
8. Shen D, Wu G, Suk H-I (2017) Deep Learning in Medical Image Analysis. *Annu Rev Biomed Eng* 19:221–248. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071516-044442>
9. Schmidhuber J (2015) Deep Learning in neural networks: An overview. *Neural Networks* 61
10. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G (2015) Deep learning. *Nature* 521:436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
11. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, et al (2018) Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer* 18:500–510. <https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
12. Pianykh OS, Langs G, Dewey M, et al (2020) Continuous learning AI in radiology: Implementation principles and early applications. *Radiology* 297
13. Hicks SA, Strümke I, Thambawita V, et al (2022) On evaluation metrics for medical applications of artificial intelligence. *Sci Rep* 12:. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09954-8>
14. Shrout PE, Fleiss JL (1979) Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 86:. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.2.420>

15. Brady SL, Trout AT, Somasundaram E, et al (2021) Improving image quality and reducing radiation dose for pediatric CT by using deep learning reconstruction. *Radiology* 298:. <https://doi.org/10.1148/RADIOL.2020202317>
16. Cheng Y, Han Y, Li J, et al (2021) Low-dose CT urography using deep learning image reconstruction: A prospective study for comparison with conventional CT urography. *British Journal of Radiology* 94:. <https://doi.org/10.1259/bjr.20201291>
17. Benz DC, Ersözlü S, Mojon FLA, et al (2022) Radiation dose reduction with deep-learning image reconstruction for coronary computed tomography angiography. *Eur Radiol* 32:. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08367-x>
18. Racine D, Brat HG, Dufour B, et al (2021) Image texture, low contrast liver lesion detectability and impact on dose: Deep learning algorithm compared to partial model-based iterative reconstruction. *Eur J Radiol* 141:. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109808>
19. Hata A, Yanagawa M, Yoshida Y, et al (2020) Combination of Deep Learning–Based Denoising and Iterative Reconstruction for Ultra-Low-Dose CT of the Chest: Image Quality and Lung-RADS Evaluation. *American Journal of Roentgenology* 215:. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.22680>
20. Kazimierczak W, Kazimierczak N, Wilamowska J, et al (2024) Enhanced visualization in endoleak detection through iterative and AI-noise optimized spectral reconstructions. *Sci Rep* 14:3845. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54502-1>
21. Kazimierczak W, Komisarek O, Dyszkiewicz-Konwińska M, et al (2023) Enhanced Cone-Beam Computed Tomography Imaging through Deep Learning Model Reconstruction: Noise Reduction and Image Quality Optimization in Dental Diagnostics. PREPRINT
22. Ryu K, Lee C, Han Y, et al (2023) multi-planar 2.5D U-Net for image quality enhancement of dental cone-beam CT. *PLoS One* 18:e0285608. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285608>
23. Ylisiurua S, Sipola A, Nieminen MT, Brix MAK (2024) Deep learning enables time-efficient soft tissue enhancement in CBCT: Proof-of-concept study for dentomaxillofacial applications. *Physica Medica* 117:. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2023.103184>
24. VAN NIEUWENHUYSEN J -P, AOUAR M, D'HOORE W (1994) Retreatment or radiographic monitoring in endodontics. *Int Endod J* 27:. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1994.tb00234.x>
25. Fernández R, Cadavid D, Zapata SM, et al (2013) Impact of three radiographic methods in the outcome of nonsurgical endodontic treatment: A five-year follow-up. *J Endod* 39:. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.002>
26. Orhan K, Belgin CA, Manulis D, et al (2023) Determining the reliability of diagnosis and treatment using artificial intelligence software with panoramic radiographs. *Imaging Sci Dent* 53:. <https://doi.org/10.5624/isd.20230109>
27. Zadrożny Ł, Regulski P, Brus-Sawczuk K, et al (2022) Artificial Intelligence Application in Assessment of Panoramic Radiographs. *Diagnostics* 12:. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010224>
28. Kazimierczak W, Wajer R, Wajer A, et al (2024) Evaluating the Diagnostic Accuracy of an AI-Driven Platform for Assessing Endodontic Treatment Outcomes Using Panoramic Radiographs: A Preliminary Study. *J Clin Med* 13:3401. <https://doi.org/10.3390/jcm13123401>
29. Setzer FC, Lee S-M (2021) Radiology in Endodontics. *Dent Clin North Am* 65:475–486. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2021.02.004>

30. Garlapati K, Gandhi Babu DB, Chaitanya NCSK, et al (2017) Evaluation of preference and purpose of utilisation of cone beam computed tomography (CBCT) compared to orthopantomogram (OPG) by dental practitioners – A cross-sectional study. *Pol J Radiol* 82:. <https://doi.org/10.12659/PJR.900864>
31. Nardi C, Calistri L, Grazzini G, et al (2018) Is Panoramic Radiography an Accurate Imaging Technique for the Detection of Endodontically Treated Asymptomatic Apical Periodontitis? *J Endod* 44:. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.07.003>
32. Libersa P, Savignat M, Tonnel A (2007) Neurosensory Disturbances of the Inferior Alveolar Nerve: A Retrospective Study of Complaints in a 10-Year Period. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 65:1486–1489. <https://doi.org/10.1016/J.JOMS.2007.03.023>
33. Kazimierzczak N, Kazimierzczak W, Serafin Z, et al (2024) Skeletal facial asymmetry: reliability of manual and artificial intelligence-driven analysis. *Dentomaxillofacial Radiology* 53:52–59. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twad006>
34. Kazimierzczak N, Kazimierzczak W, Serafin Z, et al (2023) Correlation Analysis of Nasal Septum Deviation and Results of AI-Driven Automated 3D Cephalometric Analysis. *J Clin Med* 12:6621. <https://doi.org/10.3390/jcm12206621>
35. Kazimierzczak W, Gawin G, Janiszewska-Olszowska J, et al (2024) Comparison of Three Commercially Available, AI-Driven Cephalometric Analysis Tools in Orthodontics. *J Clin Med* 13:3733. <https://doi.org/10.3390/jcm13133733>
36. Nardi C, Calistri L, Pradella S, et al (2017) Accuracy of Orthopantomography for Apical Periodontitis without Endodontic Treatment. *J Endod* 43:. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.020>
37. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, et al (2008) Accuracy of Cone Beam Computed Tomography and Panoramic and Periapical Radiography for Detection of Apical Periodontitis. *J Endod* 34:. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.11.023>
38. Nardi C, Calistri L, Pietragalla M, et al (2020) Electronic processing of digital panoramic radiography for the detection of apical periodontitis. *Radiologia Medica* 125:145–154. <https://doi.org/10.1007/s11547-019-01102-z>

## **5. Informacja o wykazaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.**

### **5.1 Podsumowanie dorobku naukowego na podstawie analizy bibliometrycznej**

Mój dorobek naukowy na dzień wykonania dołączonej do autoreferatu analizy bibliometrycznej (01.10.2024) obejmuje 20 publikacji, w tym:

- 14 pełnotekstowych prac oryginalnych – wszystkie opublikowano w czasopiśmie z IF po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, w 11 z nich jestem pierwszym lub różnorzędnym pierwszym autorem, w 13 jestem autorem korespondencyjnym;

- 5 prac poglądowych, w tym 4 w czasopiśmie posiadającym IF oraz jedną w czasopiśmie nieposiadającym IF w momencie opublikowania pracy (*Polish Journal of Radiology* 2018). Trzy z prac zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora. W czterech z prac jestem pierwszym lub równorzędnym pierwszym autorem, we wszystkich z nich jestem autorem korespondencyjnym.



- 1 opis przypadku wraz z przeglądem piśmiennictwa, opublikowany po uzyskaniu stopnia naukowego doktora w czasopiśmie z IF.

Szczegółowy wykaz danych bibliometrycznych:

	Przed doktoratem		Po doktoracie	
	IF	MNiSW	IF	MNiSW
Oryginalne pełnotekstowe prace naukowe	-	-	40,3	1540
Prace pogładowe	1,061	85	9	420
Opisy przypadków	-	-	3	140
<b>RAZEM</b>	<b>1,061</b>	<b>85</b>	<b>52,3</b>	<b>2100</b>

**Łączny IF (przed i po doktoracie):**

Impact Factor: 53,361

Łączna punktacja MNiSW: 2185

**Liczba cytowań:**

Liczba cytowań wg. WoS: 82

Liczba cytowań wg. Scopus: 89

**Indeks Hirscha:**

Indeks Hirscha wg. WoS: 6

Indeks Hirscha wg. Scopus: 7

Dodatkowo, jedna praca jest obecnie w trakcie rozpatrywania przez czasopismo naukowe.

## 5.2 Współpraca z instytucjami naukowymi

Współpracuję naukowo z krajowymi i zagranicznymi instytucjami naukowymi, czego owocem są wspólne publikacje:

1. Katedra Radiologii Szcękowo-Twarzowej, Uniwersytet w Ankarze, Turcja (prof. Kaan Orhan – 2 publikacje).
2. Zakład Stomatologii Zintegrowanej, Pomorski Uniwersytet Medyczny (prof. Joanna Janiszewska-Olszowska – 8 publikacji; dr Maciej Jedliński – 1 publikacja).
3. Katedra Biomateriałów i Stomatologii Doświadczalnej, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu (prof. Marta Dyszkiewicz-Konwińska – 2 publikacje; lek. Julien Issa – 2 publikacje; lek. Marta Szcześniak – 1 publikacja).
4. Zakład Rentgenodiagnostyki Stomatologicznej i Szcękowo-Twarzowej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie (prof. Ingrid Różyło-Kalinowska – 1 publikacja).
5. Wydział Medyczny, Politechnika Bydgoska (dr Anna Kloska – 1 publikacja).

## 6. Opis aktywności naukowej poza osiągnięciem, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.

### 6.1. Wykaz publikacji naukowych

1. **Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Kazimierczak Natalia, Wilamowska Justyna, Wojtowicz Olaf, Nowak Ewa, Serafin Zbigniew: Enhanced visualization in endoleak detection through iterative and AI-noise optimized spectral reconstructions, Scientific Reports, Nature Publishing Group, vol. 14, nr 1, 2024, Numer artykułu: 3845, s. 1-11, DOI:10.1038/s41598-024-54502-1, 140 punktów, IF (3,8)
2. **Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Kazimierczak Natalia, Lemanowicz Adam, Nowak Ewa, Migdalski Arkadiusz, Jawień Arkadiusz, Jankowski Tomasz, Serafin Zbigniew: Improved detection of endoleaks in virtual monoenergetic images in dual-energy CT angiography following EVAR, Academic Radiology, vol. 30, nr 12, 2023, s. 2813-2824, DOI:10.1016/j.acra.2023.03.018, 70 punktów, IF (3,8)
3. Kazimierczak Natalia, **Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny, równorzędny pierwszy autor)**, Serafin Zbigniew, Nowicki Paweł, Nożewski Jakub, Janiszewska-Olszowska Joanna: AI in orthodontics: revolutionizing diagnostics and treatment planning - a comprehensive review, Journal of Clinical Medicine, MDPI, vol. 13, nr 2, 2024, Numer artykułu: 344, s. 1-19, DOI:10.3390/jcm13020344, 140 punktów, IF (3)
4. **Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Nowak Ewa, Kazimierczak Natalia, Jankowski Tomasz, Jankowska Agnieszka, Serafin Zbigniew: The value of metal artifact reduction and iterative algorithms in dual energy CT angiography in patients after complex endovascular aortic aneurysm repair, Heliyon, Elsevier Ltd, vol. 9, nr 10, 2023, Numer artykułu: e20700, s. 1-12, DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e20700, 40 punktów, IF (3,4)
5. Kazimierczak Natalia, **Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Serafin Zbigniew, Nowicki Paweł, Jankowski Tomasz, Jankowska Agnieszka, Janiszewska-Olszowska Joanna: Skeletal facial asymmetry: reliability of manual and artificial intelligence-driven analysis, Dentomaxillofacial Radiology, vol. 53, nr 1, 2024, s. 52-59, DOI:10.1093/dmfr/twad006, 100 punktów, IF (2,9)
6. **Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Jedliński Maciej, Issa Julien, Kazimierczak Natalia, Janiszewska-Olszowska Joanna, Dyszkiewicz-Konwińska Marta, Różyło-Kalinowska Ingrid, Serafin Zbigniew, Orhan Kaan: Accuracy of artificial Intelligence for cervical vertebral maturation assessment - a systematic review, Journal of Clinical Medicine, MDPI, vol. 13, nr 14, 2024, Numer artykułu: 4047, s. 1-18, DOI:10.3390/jcm13144047, 140 punktów, IF (3)
7. **Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Gawin Grzegorz, Janiszewska-Olszowska Joanna, Dyszkiewicz-Konwińska Marta, Nowicki Paweł, Kazimierczak Natalia, Serafin Zbigniew, Orhan Kaan: Comparison of three commercially available, AI-driven cephalometric analysis tools in orthodontics, Journal of Clinical Medicine, MDPI, vol. 13, nr 13, 2024, Numer artykułu: 3733, s. 1-17, DOI:10.3390/jcm13133733, 140 punktów, IF (3)
8. **Kazimierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Wajer Róża, Wajer Adrian, Kalka Karol, Kazimierczak Natalia, Serafin Zbigniew: Evaluating the diagnostic accuracy of an

AI-driven platform for assessing endodontic treatment outcomes using panoramic radiographs : a preliminary study, *Journal of Clinical Medicine*, MDPI, vol. 13, nr 12, 2024, Numer artykułu: 3401, s. 1-11, DOI:10.3390/jcm13123401, 140 punktów, IF (3)

9. Leszczyński Waldemar, **Kazmierczak Wojciech (autor korespondencyjny, równorzędny pierwszy autor)**, Lemanowicz Adam, Serafin Zbigniew: Texture analysis of chest X-ray images for the diagnosis of COVID-19 pneumonia, *Polish Journal of Radiology*, Index Copernicus International S.A., vol. 89, nr 1, 2024, e49-e53, DOI:10.5114/pjr.2024.134818, 70 punktów, IF (0,9)
10. Nadolska Katarzyna, Białecka Agnieszka, Zawada Elżbieta, **Kazmierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Serafin Zbigniew: Analysis of IVIM perfusion fraction improves detection of pancreatic ductal adenocarcinoma, *Diagnostics*, vol. 14, nr 6, 2024, Numer artykułu: 571, s. 1-9, DOI:10.3390/diagnostics14060571, 70 punktów, IF (3)
11. Jankowski Tomasz, Jankowska Agnieszka, Kazmierczak Natalia, **Kazmierczak Wojciech**, Janiszewska-Olszowska Joanna: The significance of keratinized mucosa in implant therapy : narrative literature review and case report presentation, *Journal of Clinical Medicine*, MDPI, vol. 13, nr 12, 2024, Numer artykułu: 3501, s. 1-13, DOI:10.3390/jcm13123501, 140 punktów, IF (3)
12. Kazmierczak Natalia, **Kazmierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Serafin Zbigniew, Nowicki Paweł, Lemanowicz Adam, Nadolska Katarzyna, Janiszewska-Olszowska Joanna: Correlation analysis of nasal septum deviation and results of AI-driven automated 3D cephalometric analysis, *Journal of Clinical Medicine*, MDPI, vol. 12, nr 20, 2023, Numer artykułu: 6621, s. 1-14, DOI:10.3390/jcm12206621, 140 punktów, IF (3)
13. **Kazmierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Kazmierczak Natalia, Serafin Zbigniew: Quality of virtual-non-contrast phases derived from arterial and delayed phases of fast-kVp switching dual-energy CT in patients after endovascular aortic repair, *International Journal of Cardiovascular Imaging*, vol. 39, nr 9, 2023, s. 1805-1813, DOI:10.1007/s10554-023-02887-x, 70 punktów, IF (1,5)
14. **Kazmierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Kazmierczak Natalia, Serafin Zbigniew: Review of clinical applications of dual-energy CT in patients after endovascular aortic repair, *Journal of Clinical Medicine*, MDPI, vol. 12, nr 24, 2023, Numer artykułu: 7766, s. 1-16, DOI:10.3390/jcm12247766, 140 punktów, IF (3)
15. **Kazmierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Serafin Zbigniew, Kazmierczak N., Ratajczak Przemysław, Leszczyński Waldemar, Bryl Łukasz, Lemanowicz Adam: Contemporary imaging methods for the follow-up after endovascular abdominal aneurysm repair : a review, *Wideochirurgia i Inne Techniki Maloinwazyjne*, TERMEDIA Wydawnictwo Medyczne, vol. 14, nr 1, 2019, s. 1-11, DOI:10.5114/wiitm.2018.78973, 70 punktów, IF (1,061)
16. Michalska Marta, **Kazmierczak Wojciech (autor korespondencyjny)**, Leszczyński Waldemar, Nadolska Katarzyna, Bryl Łukasz: Contemporary follow-up imaging after endovascular repair of lower extremity atherosclerotic lesions, *Polish Journal of Radiology*, Index Copernicus International S.A., vol. 83, 2018, e521-e529, DOI:10.5114/pjr.2018.80348, 15 punktów

**Łączny IF prac naukowych opublikowanych poza cyklem: 41,361**

**Łączna punktacja MNiSW prac naukowych opublikowanych poza cyklem: 1625**

## **6.2. Rozdziały w monografiach**

1. Kazimierczak Wojciech, Kazimierczak Natalia, Serafin Zbigniew: Review of clinical applications of dual-energy CT in patients after endovascular aortic repair, W: Endovascular aortic interventions and aneurysm repair: recent advances and future prospects / Teraa Martin, Hazenberg Constantijn E.V.B. (red.), 2024, MDPI, ISBN 978-3-7258-0531-0, s. 148-163

## **6.3. Udział w konferencjach naukowych**

Jestem autorem łącznie 7 prezentacji na konferencjach (w tym 6 na zjazdach międzynarodowych), w tym 1 wystąpienia ustnego na kongresie RSNA w Chicago.

1. **Kazimierczak Wojciech**, Adam Lemanowicz, Kazimierczak Natalia, Serafin Zbigniew: Dose Reduction in Dual-Energy CT-Angiography in Patients After Endovascular Aortic Repair - Does Omitting Non-contrast and Arterial Phase Affect the Diagnostic Accuracy?, M3-SSVA01-3, 2022, 108th RSNA Scientific Assembly and Annual Meeting "Empowering Patients and Partners in Care" 2022 – **wystąpienie ustne**
2. **Kazimierczak Wojciech**, Wajer Róża, Kazimierczak Natalia, Wajer Adrian, Serafin Zbigniew: Diagnostic accuracy of AI in detection of periapical lesions: a comparison between OPG and CBCT, C-14639, 2024, European Congress of Radiology "Next Generation Radiology" 2024 -**poster**
3. **Kazimierczak Wojciech**, Serafin Zbigniew, Kazimierczak Natalia: Comparison of linearly blended, virtual monoenergetic and metal artifact reduction reconstruction techniques dual energy CT angiography of patients after branched / fenestrated EVAR, C-14007, 2023, European Congress of Radiology 2023 "The Cycle of Life" 2023 - **poster**
4. **Kazimierczak Wojciech**, Kazimierczak N., Serafin Zbigniew, Jawień Arkadiusz, Nowak E., Lemanowicz Adam: Comparison of true-non-contrast and virtual-non-contrast phases derived from arterial and delayed phases of fast-kVp switching dual-energy CT in patients after EVAR, W: European Congress of Radiology "Building bridges" / European Society of Radiology ESR (red.), 2022, European Society of Radiology, s. 185-185 – **poster**
5. **Kazimierczak Wojciech**, Kazimierczak N., Serafin Zbigniew, Jawień Arkadiusz, Leszczyński Waldemar, Nowak E., Lemanowicz Adam: Dose reduction in dual-energy CT-angiography in patients after endovascular aortic repair: does omitting non-contrast and arterial phase affect the diagnostic accuracy?, W: European Congress of Radiology "Building bridges" / European Society of Radiology ESR (red.), 2022, European Society of Radiology, s. 220-220 - **poster**
6. **Kazimierczak Wojciech**, Kazimierczak Natalia, Serafin Zbigniew, Leszczyński Waldemar: Frequency of endoleaks in patients after classic and branched/fenestrated endovascular aortic repair, W: National Scientific Conference "e-Factory of Science".

7th edition. The book of abstracts / Foundation Promovendi (red.), 2022, Promovendi Foundation, ISBN 978-83-963887-1-1, s. 141-141 - **poster**

7. Kazimierczak Natalia, **Kazimierczak Wojciech**, Ziółkowska Ewa: Oncological complications in dental practice, 63 s., 2021, National Scientific Conference "Understand the science". V edition on-line. What? How? Why? The book of abstracts. 2021 - **poster**

#### **6.4. Udział w radach naukowych czasopism z listy JCR**

Od 2024 roku jestem Sekretarzem Redakcji *Polish Journal of Radiology* (IF 0,9), a także *Section Editor* radiologii szczękowo-twarzowej tego czasopisma.

#### **6.5. Członkostwo w towarzystwach naukowych**

1. Polskie Lekarskie Towarzystwo Radiologiczne (sekcje: radiologii szczękowo-twarzowej, informatyki w radiologii i diagnostyce obrazowej).
2. European Society of Radiology.
3. European Society of Cardiovascular Radiology.
4. International Association of Dentomaxillofacial Radiology.
5. Polskie Towarzystwo Radiologii Stomatologicznej i Szczękowo-Twarzowej.

#### **6.6. Działalność recenzencka i ekspercka**

Jestem autorem łącznie 39 recenzji prac naukowych dla czasopism wchodzących w skład listy JCR:

- Insights Into Imaging (IF 4.1) – 4 recenzje.
- Polish Journal of Radiology (IF 0.9) – 16 recenzji.
- Journal of Clinical Medicine (IF 3) – 5 recenzji.
- Quantitative Imaging in Medicine and Surgery (IF 2.9) – 2 recenzje.
- Tomography (IF 2.2) – 5 recenzji.
- Journal of Thoracic Disease (IF 2.1) – 2 recenzje.
- European Journal of Radiology Open (IF 1.9) – 4 recenzje.
- International Journal of Cardiovascular Imaging (IF 1.5) – 1 recenzja.

We wrześniu 2024 r. zostałem włączony do grona ekspertów Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

#### **6.7. Staże**

W 2024 roku odbyłem miesięczny staż pod kierownictwem dr. hab. Tomasza Kulczyka w Pracowni Radiologii Stomatologicznej Katedry i Zakładu Biomateriałów i Stomatologii Doświadczalnej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu.

W październiku 2023 roku odbyłem staż ESOR (*European School of Radiology*) pod kierownictwem prof. Michael Fuchsjägera na Medizinische Universität Graz w Austrii.

## **6.8. Nagrody**

We wrześniu 2024 roku zostałem nagrodzony Nagrodą Rektora Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu za publikację w prestiżowym czasopiśmie naukowym (Scientific Reports).

## **7. Działalność dydaktyczna i popularyzująca naukę**

### **7.1 Działalność dydaktyczna**

Działalność dydaktyczna stanowi niezwykle istotną składową mojej codziennej pracy. Od 2017 roku prowadzę zajęcia dydaktyczne: wykłady, seminaria i ćwiczenia dla studentów III, IV i VI roku Wydziału Lekarskiego CM UMK. Zajęcia dydaktyczne prowadzę zarówno dla studentów polskojęzycznych jak i *English Division*. Od początku pracy dydaktycznej biorę udział w przygotowaniu pytań testowych i przeprowadzeniu egzaminów studentów Wydziału Lekarskiego.

W maju 2023 roku prowadziłem dwa cykle warsztatów dla nauczycieli akademickich CM UMK z ultrasonografii jamy brzusznej oraz ultrasonografii dopplerowskiej w ramach projektu MNiSW „Doskonałość dydaktyczna uczelni”.

W dniu 15.03.2024 poprowadziłem wykład na zaproszenie Szkoły Radiologii Polskiego Lekarskiego Towarzystwa Radiologii na temat diagnostyki zatorowości płucnej.

Z ramienia Centrum Egzaminów Medycznych jestem Członkiem Państwowej Komisji Egzaminacyjnej w zakresie radiologii i diagnostyki obrazowej.

### **7.2. Działalność popularyzująca naukę**

W ramach działalności popularyzującej naukę wygłosiłem następujące wykłady:

„USG – co każdy pacjent powinien wiedzieć”, wykład dla personelu i pacjentów, 29.07.2024 w Szpitalu Epimigren w Osielsku.

„Świat współczesnej radiologii”, wykład w dniu 19.06.2024 w Soleckim Centrum Kultury.