



Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

Piotr Smolka

**Wybrane parametry analiz cefalometrycznych w planowaniu
leczenia ortodontycznego**

**Selected parameters of cephalometric analysis in orthodontic
treatment planning**

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu
Cykl publikacji powiązanych tematycznie

Promotor:

dr hab. n. med. Maciej Dobrzyński, prof. uczelni

Katedra Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej

Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

WROCLAW 2024

*Składam serdeczne podziękowania mojemu promotorowi,
dr. hab. n. med. Maciejowi Dobrzyńskiemu, profesorowi uczelni,
za nieustające wsparcie, merytoryczną pomoc,
życzliwość i zaangażowanie podczas pisania tej rozprawy.*

*Pragnę również bardzo podziękować
Panu dr n. tech. inż. Krzysztofowi Dudkowi,
oraz Panu dr n. med. Adamowi Malawskiemu-Róg*

*Pracę tę dedykuję kierownikowi mojej specjalizacji
Pani Dr. Janinie Szelaǳ oraz prof. Adamowi Szelaǳowi
wraz z podziękowaniami za pomoc
w odkrywaniu tajników ortodoncji,
wsparcie i motywację do pracy*
Autor

SPIS TREŚCI

I. Wykaz używanych skrótów.....	5
II. Streszczenie.....	6
Abstract.....	7
1. Wstęp.....	9
2. Cel pracy.....	12
3. Materiał i metody.....	12
4. Wyniki.....	13
5. Wnioski.....	14
6. Piśmiennictwo.....	15
III. Publikacje stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej.....	17
IV. Załączniki.....	17
1. Informacja o indywidualnym wkładzie współautorów.....	62
2. Dorobek naukowy autora.....	73

Podstawę niniejszej rozprawy doktorskiej stanowi spójny tematycznie zbiór 3 artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych o łącznej punktacji IF = 2,5 oraz MEiN = 140.

I WYKAZ UŻYWANYCH SKRÓTÓW

A - punkt cefalometryczny (wg Downsa) *subspinale*, leży na największym zagłębieniu na przednim zarysie kości szczęki

B - punkt cefalometryczny (wg Downsa) *supramentale*, leży na największym zagłębieniu na przednim zarysie kości żuchwy

ANB - kąt cefalometryczny zawarty pomiędzy liniami NA i NB

ML-NL - kąt cefalometryczny międzyszczękowy, wyraża stopień nachylenia żuchwy w stosunku do podstawy szczęki

WITS - pomiar cefalometryczny określony przez rzuty punktów *A* i *B* na płaszczyznę zgryzową

Po - punkt cefalometryczny, *porion*, punkt kostny leżący na górnym brzegu otworu słuchowego zewnętrznego

Or - punkt cefalometryczny, *orbitale*, położony na dolnym brzegu oczodołu w miejscu przejścia pionowej linii, przebiegającej przez środek źrenic przy patrzeniu w dal

NHP – (ang. natural head position) ustawienie głowy w postawie wyprostowanej człowieka patrzącego na wprost

FH - płaszczyzna pozioma frankfurcka przechodząca przez punkty *orbitale* i *tragion*

S - punkt cefalometryczny *sella*, położony w geometrycznym środku siodła tureckiego

N - punkt cefalometryczny *nasion*, położony najbardziej doprzędnie w obrębie szwu czołowo-nosowego

TAU - kąt cefalometryczny określany przez punkty *T*, *M*, *G* - definiuje strzałkową relację między szczęką a żuchwą. Punkt *M* - punkt konstrukcyjny reprezentujący środek największego okręgu, który jest styczny do przedniej, górnej i podniebiennej powierzchni szczęki; Punkt *G* - punkt centralny największego okręgu, który jest styczny do wewnętrznej przedniej, tylnej i dolnej krawędzi spojenia żuchwy. Punkt *T* - najwyższy punkt na skrzyżowaniu ściany czołowej dołu przysadki i guzka siodła tureckiego. Kąt Tau leży między dwiema liniami łączącymi punkty *T* i *G* oraz punkty *M* i *G*.

TM - punkt cefalometryczny *tuberositas masseterica* wyznaczający guzowatość żwaczową

AI - (ang. artificial intelligence), sztuczna inteligencja

Iss - punkt cefalometryczny, *Incision superious*, brzeg sieczny najbardziej doprzędnie stojącego górnego przyśrodkowego zęba siecznego

Sp - punkt cefalometryczny, *Spina nasalis anterior*, najbardziej do przodu położony punkt kostny kolca nosowego przedniego

WLA - szerokość 95% przedziału zgodności w analizie Blanda-Altmana

F - pole powierzchni prostokątów opisanych na chmurze analizowanych punktów charakterystycznych

C - współczynnik kontyngencji, który jest miarą zależności opartą na teście chi-kwadrat dla zmiennych jakościowych

p - współczynnik korelacji

Appl. Sci. - Applied Sciences

Stomatol. Współcz. - Stomatologia Współczesna

II STRESZCZENIE

Rozprawę doktorską stanowi cykl trzech publikacji powiązanych tematycznie.

Tematyka pierwszego artykułu zatytułowanego „*Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review*” (Appl. Sci. 2024, 14, 4972. <https://doi.org/10.3390/app14124972>) dotyczy systematycznego przeglądu piśmiennictwa pod kątem określenia ewentualnych rozbieżności pomiędzy ekspertami o różnym poziomie doświadczenia i reprezentowanej specjalności, ortodontycznymi programami komputerowymi do wykonywania analiz cefalometrycznych oraz sztuczną inteligencją (AI) w zakresie wprowadzania punktów.

Do badania wyselekcjonowano 17 pełnotekstowych anglojęzycznych artykułów, które poddano szczegółowej analizie.

Niektóre prace podkreślały zalety analizy cefalometrycznej opartej na sztucznej inteligencji pod względem wygody, skróconego czasu analizy i większej dokładności. Jednak inne badania nie wykazały istnienia znaczących różnic pomiędzy analizą, w której zastosowano sztuczną inteligencję a analizą cefalometryczną wykonaną za pomocą metod tradycyjnych. Analiza piśmiennictwa pozwala stwierdzić, że specjaliści z większym doświadczeniem wykazali się większą biegłością w analizie cefalometrycznej.

Dруга praca zatytułowana „*Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych*” (Stomatol. Współcz. 2024: 31, 5, 8-28) jest oryginalną pracą badawczą, której celem było zbadanie powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów cefalometrycznych na zdjęciach bocznych czaszki z wykorzystaniem elementów analiz według McNamary, Segnera-Hasunda, WITS oraz kąta TAU.

Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem 9 cyfrowych zdjęć bocznych głowy, które zostały losowo wybrane z bazy danych specjalistycznej praktyki ortodontycznej autora. 33 losowo wybranych lekarzy ortodontów poproszono o zaznaczenie na każdym ze zdjęć punktów należących do wybranych analiz cefalometrycznych. Pomiary wykonywano trzykrotnie w równych odstępach czasu przy użyciu programu „Ortodoncja”.

Najniższą zgodność lokalizacji w pionie (odległości od linii OX) zaobserwowano w przypadku punktów P_{O1} , Or i A , a najwyższą w przypadku punktów Iss , N i Sp . Najniższą zgodność lokalizacji poziomej (odległości od linii OY) zaobserwowano w przypadku punktów TM , Or i P_{O1} . Najwęższy przedział zgodności zaobserwowano w przypadku pomiarów parametru WITS i kąta ANB, najszerszy w przypadku kąta głębokości szczęki.

Linia $Po-Or$, wyznaczająca płaszczyznę frankfurcką na zdjęciu cefalometrycznym, cechuje się najniższą precyzją oznaczania, natomiast brzezi sieczne siekaczy górnych i dolnych, największe zagłębienie części zębodołowej żuchwy oraz szew nosowo-czołowy (punkt N) odznaczają się najwyższą dokładnością oznaczania.

Wyznaczanie punktu $Porion$ nie spełniało kryteriów powtarzalności i odtwarzalności w wymiarze wertykalnym. Przednio-tylne usytuowanie szczęki i żuchwy względem płaszczyzny okluzji (WITS) wykazywało najwyższą precyzję, podczas gdy najmniejsza dokładność dotyczyła usytuowania stycznej do przedniej powierzchni szczęki prostopadłej względem płaszczyzny frankfurckiej.

Ostatnia praca zatytułowana „*Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów – badania wstępne*” (Stomatol. Współcz. 2024: 31, 4, 8-19) jest także oryginalną pracą badawczą, której celem było zbadanie opinii ortodontów na temat konieczności stosowania preferowanych metod oraz skuteczności analizy cefalometrycznej, a także ocena przydatności narzędzia graficznego „koło barw” zintegrowanego z oprogramowaniem „Ortodoncja”, które wizualizuje relacje szczęk w płaszczyźnie strzałkowej i wertykalnej.

Przeprowadzono badanie ankietowe wśród 31 ortodontów. Kwestionariusz elektroniczny zawierał siedem pytań dotyczących różnych aspektów wykorzystania analizy cefalometrycznej. Zebrane odpowiedzi zostały poddane analizie statystycznej przy użyciu metod opisowych i testów korelacyjnych.

Zdecydowana większość respondentów (90,32%) rutynowo wykonuje analizę cefalometryczną u 80-100% leczonych pacjentów. Parametry WITS oraz kąt ML-NL zostały uznane za kluczowe przy wstępnej ocenie wady przez większość ankietowanych. „Koło barw” zostało uznane za wartościowe narzędzie przez 74,19% ekspertów. Ponadto 93,54% ortodontów nie przegląda wszystkich danych cefalometrycznych podczas każdej wizyty kontrolnej. Istniała znacząca korelacja między długością użytkowania oprogramowania „Ortodoncja” a postrzeganą przydatnością „koła barw”.

Graficzna prezentacja danych cefalometrycznych za pomocą „koła barw” upraszcza interpretację kluczowych parametrów diagnostycznych, wspomaga efektywne leczenie, służąc jako szybkie źródło informacji o relacjach zębowo-szkieletowych leczonego pacjenta.

II ABSTRACT

The doctoral dissertation is a series of three thematically related publications.

The subject of the first article titled „*Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review*” (Appl. Sci. 2024, 14, 4972. <https://doi.org/10.3390/app14124972>) concerns a systematic review of the literature to identify possible discrepancies in referring points insertion between experts with different levels of experience and speciality, orthodontic computer programmes for performing cephalometric analysis and artificial intelligence (AI).

Seventeen full-text English-language articles were selected for the study and analysed in detail.

Some articles highlighted the advantages of artificial intelligence-based cephalometric analysis in terms of convenience, reduced analysis time and improved accuracy. However, other studies found no significant differences between analysis using artificial intelligence and cephalometric analysis performed using traditional methods. An analysis of the scientific literature suggests that professionals with more experience demonstrated greater proficiency in cephalometric analysis.

The second article titled „*Studies of repeatability and reproducibility of landmark determination on lateral telerradiographic photos in selected cephalometric analyses*” (Stomatol. Współcz. 2024: 31, 5, 8-28) is an original article that aimed to investigate the

repeatability and reproducibility of referring points determination on lateral radiographs using analysis' elements according to McNamara, Segner-Hasund, WITS and TAU angle.

The study was conducted using nine digital lateral radiographs that were randomly selected from the author's specialist orthodontic practice database. 33 randomly selected orthodontists were asked to mark the points belonging to the selected cephalometric analyses on each radiograph. Measurements were taken three times at equal intervals of time using the 'Orthodontics' software.

The lowest vertical location agreement (distance from OX line) was observed for *POI*, *Or* and *A*, and the highest for *Iss*, *N* and *Sp*. The lowest horizontal location agreement (distance from OY line) was observed for *TM*, and *POI*. The narrowest range of agreement was observed for the measurements of the WITS parameter and the ANB angle, and the widest for the jaw depth angle.

The *Po-Or* line, delineating the Frankfurt plane on the cephalometric radiograph, is characterised by the lowest marking precision, while the incisal edges of the upper and lower incisors, the greatest depression of the mandibular alveolar region and the naso-frontal suture (point *N*) are characterised by the highest marking precision.

The determination of the *Porion* point did not meet the criteria for repeatability and reproducibility in the vertical dimension. The anteroposterior location of the maxilla and mandible relative to the plane of occlusion (WITS) showed the highest precision, while the lowest accuracy concerned the location of the tangent to the anterior surface of the maxilla perpendicular to the Frankfurt plane.

The last article titled „*The usefulness of graphical expression of key elements of cephalometric analysis in the opinions of orthodontists – preliminary study*” (Stomatol. Współcz. 2024: 31, 4, 8-19) is also an original article, which aimed to investigate the opinions of orthodontists on the necessity of preferred methods and the effectiveness of cephalometric analysis, and to assess the usefulness of the 'colour wheel' graphical tool integrated into the 'Orthodontics' software, which visualises jaw relationships in the sagittal and vertical planes.

A questionnaire survey was conducted among 31 orthodontists. The electronic questionnaire contained seven questions on various aspects of the use of cephalometric analysis. The collected responses were statistically analysed using descriptive methods and correlation tests.

The great majority of respondents (90.32%) routinely perform cephalometric analysis in 80-100% of treated patients. The WITS parameters and the ML-NL angle were considered crucial in the initial assessment of the malocclusion by the majority of respondents. 'Colour wheel' was considered a valuable tool by 74.19% of experts. Furthermore, 93.54% of orthodontists do not browse all cephalometric data at each follow-up visit. There was a significant correlation between the length of use of the 'Orthodontics' software and the perceived usefulness of the 'colour wheel'.

The graphical presentation of cephalometric data using the 'colour wheel' simplifies the interpretation of main diagnostic parameters, supports effective treatment by serving as a quick source of information on the dento-skeletal relationships of the patient being treated.

1. WSTĘP

Analiza cefalometryczna jest kluczowym badaniem w diagnostyce ortodontycznej oraz podczas planowania zabiegów chirurgii ortognatycznej. Planowanie leczenia ortodontycznego opiera się w znacznym stopniu na precyzyjnej diagnostyce radiologicznej (Starch-Jensen i wsp. 2023). Ortopantomogram oraz boczne zdjęcie głowy stanowią podstawowe narzędzia oceny położenia szczęk, zębów oraz istnienia rozbieżności zębowo-wyrostkowych (Starch-Jensen i wsp. 2023).

W przeszłości proces pomiaru parametrów cefalometrycznych na kliszy rentgenowskiej, a także przenoszenia punktów referencyjnych na kalkę techniczną był czasochłonny (Kumar i wsp. 2015). Czas wymagany do ręcznego oznaczania punktów i tworzenia linii na kalce, wykonywania pomiarów za pomocą linijki i kątomierza, a na koniec rejestrowania pomiarów cefalometrycznych wynosił około 30 minut. Cyfryzacja zdjęć rentgenowskich i możliwość śledzenia punktów referencyjnych na ekranie monitora stanowiły znaczący postęp technologiczny. Możliwość powiększania poszczególnych struktur anatomicznych na ekranie monitora podczas zaznaczania kolejnych punktów referencyjnych, w połączeniu z ciągłym ulepszaniem cyfrowych cefalogramów, znacznie zwiększyły precyzję oznaczania punktów cefalometrycznych. Jednocześnie czas potrzebny na analizę przy użyciu programów komputerowych, które automatycznie zliczają poszczególne parametry analiz cefalometrycznych i umieszczają wyniki w tabelach oraz wykresach po wprowadzeniu punktów przez lekarza, skrócił się do około jednej-dwóch minut. Kluczowe jest dostrzeżenie korzyści płynących z nowych technologii i oprogramowania, które mogą usprawnić pracę ekspertów, a w szczególności lekarzy ortodontów.

Rozwój diagnostyki ortodontycznej oraz planowania leczenia wpłynął na postrzeganie przydatności analizy cefalometrycznej w procesie terapeutycznym. Głównym celem terapii ortodontycznej jest uzyskanie prawidłowego zwarcia zgodnie z paradygmatem Angle'a. Zdjęcie cefalometryczne z czasem zyskało na znaczeniu w diagnostyce ortodontycznej (Downs 1948; Steiner 1953). Wykonywanie analizy cefalometrycznej jest współcześnie obligatoryjne u każdego pacjenta ortodontycznego. Analiza cefalometryczna pozwala na ocenę podstawy czaszki, relacji szczęki do podstawy czaszki, wielkości i położenia żuchwy względem podstawy czaszki, relacji między szczęką a żuchwą, wymiaru pionowego, uzębienia szczęki i żuchwy oraz tkanek miękkich (Nanda i wsp. 2015). Dzięki temu umożliwia różnicowanie szkieletowych wad zgryzu od wad zębowo-wyrostkowych. Według znakomitej większości ortodontów prawidłowa ocena warunków anatomicznych pacjenta daje lekarzowi możliwość prawidłowego zaplanowania leczenia ortodontycznego (Athanasίου 1995; Sobieska i wsp. 2019). Korzystając z analizy cefalometrycznej do przygotowania planu leczenia, możliwe jest uzyskanie bardziej przewidywalnych i stabilnych efektów leczenia, a także skrócenie jego czasu (Helal i wsp. 2019; Minch i wsp. 2015). Dodatkową korzyścią wykonywania cefalometrii jest ocena wzrostu pacjenta lub ocena efektów leczenia ortodontycznego przez porównanie zdjęć wykonanych w odstępach czasu (Athanasίου 1995; Sobieska i wsp. 2019). Powstało wiele analiz licznych autorów wykorzystujących różne parametry cefalometryczne. Każdy z nich uważał inne parametry za kluczowe w swojej analizie.

W przypadku analizy Steinera oraz w bardzo podobnej analizie Segnera-Hasunda kluczowymi parametrami wskazywanymi przez lekarzy ortodontów jako najbardziej istotne do

oceny rozbieżności pionowych i poziomych są kąt ANB oraz kąt ML-NL. Niektóre badania wskazują na przydatność kąta ANB, jednak jest on mocno zależny od położenia punktów *A* i *B* względem przedniej podstawy czaszki. Warto więc skorzystać z dodatkowej analizy WITS. Zarówno WITS, jak i kąt ML-NL nie zależą od punktów znajdujących się w przednim, środkowym, czy tylnym dole czaszki. Bazują na wzajemnych relacjach kości szczęk oraz, w przypadku pomiaru WITS, ich relacji do płaszczyzny zgryzu (Anderson i wsp. 2006).

Z kolei analiza McNamary bazuje na dwóch prostopadłych do siebie liniach – płaszczyźnie frankfurckiej przechodzącej przez punkty *Po* i *Or* oraz linii „nasion perpendicular” przechodzącej przez punkt Nasion (McNamara 1984). W odniesieniu do tej drugiej linii ocenia się wady w płaszczyźnie strzałkowej. Płaszczyzna frankfurcka została zapożyczona od antropologów, którzy wprowadzili ją do pozycjonowania czaszek w przestrzeni. Wyznaczanie płaszczyzny frankfurckiej na rentgenogramie bocznym głowy wydaje się jednak problematyczne ze względu na potencjalne trudności w wyznaczaniu punktu *Porion*, który nie jest wyraźnie widoczny w rentgenogramie (Adenwalla i wsp. 1988) w odróżnieniu od bardzo dobrze wyznaczonego punktu *Porion* na czaszce.

Każda analiza zawierająca płaszczyznę frankfurcką, a więc między innymi analizy McNamary (Coben 1955), Rickettsa (Ricketts 1981) czy Tweeda (Graber i wsp. 2016), wykorzystuje punkty *Porion* i *Orbitale*. Oba te punkty są uważane za trudne do oznaczenia, pierwszy ze względu na nakładanie się struktur anatomicznych na zdjęciach radiologicznych, drugi ze względu na możliwą rotację głowy pacjenta podczas wykonywania zdjęcia telertg. W latach 50. XX wieku do ortodoncji wprowadzono pojęcie naturalnej pozycji głowy (NHP). Gdy głowa była utrzymywana w naturalnej pozycji, płaszczyzna FH zmieniała się znacząco w zależności od poziomych lub pionowych linii odniesienia (Lundström i wsp. 1992). Problem ten wymusił opracowanie alternatywy dla płaszczyzny frankfurckiej. Jedną z nich jest linia *Orbito-Condylar* zaproponowana przez Vedavathi i wsp. (Vedavathi i wsp. 2022), a kolejną płaszczyzna *Sella turcica (S) – Nasion (N)* wykorzystywana w analizach Segnera-Hasunda, Steinera (Proffit i wsp. 2009), Jarabaka (Jarabak i wsp. 1972) oraz Cobena (Coben 1955). Punkt *Sella turcica* definiowany w powyższych analizach jako geometryczny środek siodła tureckiego można również uznać za trudny do oznaczenia. Środek geometryczny jest wyznaczany na podstawie subiektywnej oceny eksperta. Zarys siodła tureckiego na zdjęciu rentgenowskim różni się osobniczo, co zauważono w badaniach Kuci i wsp. (Kucia i wsp. 2014). Niesie to za sobą dużą trudność w uzyskaniu odtwarzalności tego punktu.

Według badań Kamoen i wsp. (Kamoen i wsp. 2001), najczęstszą przyczyną błędów w pomiarach cefalometrycznych jest nieprawidłowe pozycjonowanie punktów referencyjnych. Błędy pomiarowe mogą prowadzić do postawienia nieprawidłowej diagnozy, a co za tym idzie implikować negatywne konsekwencje w postępowaniu klinicznym. Nieprawidłowe oznaczenie punktów pomiarowych może zasugerować lekarzowi, że ma do czynienia z wadą szkieletową wymagającą leczenia zespołowego ortodontyczno-chirurgicznego, podczas gdy w rzeczywistości jest to wyłącznie problem zębowo-wyrostkowy (Ghodasra i wsp. 2023). W efekcie pacjent jest narażony na wydłużenie procesu diagnostycznego, dodatkowe koszty generowane przez zbędne konsultacje specjalistyczne, a także stres związany z perspektywą leczenia chirurgicznego. Ponadto może stracić zaufanie do lekarza i jego kompetencji. Jest możliwa również sytuacja odwrotna, kiedy pomiary cefalometryczne wynikające z nieprawidłowego oznaczenia punktów referencyjnych sugerują wadę o mniejszym nasileniu

niż w rzeczywistości. Brak powtarzalności pomiarów może również doprowadzić do przeoczenia nieprawidłowego kierunku wzrostu pacjenta, co w konsekwencji odroczy wdrożenie niezbędnego leczenia czynnościowego. Może to skutkować koniecznością zastosowania leczenia chirurgicznego w wieku dorosłym.

Analiza cefalometryczna z racji swojej kluczowej roli w diagnostyce ortodontycznej wymaga precyzyjnego umiejscowienia jej parametrów. Wyznaczane parametry powinny cechować łatwość oznaczania na cyfrowym bocznym zdjęciu głowy danego pacjenta przez różnych lekarzy (odtwarzalność). Ponadto lekarz ortodonta za każdym razem powinien jednoznacznie oznaczyć dany parametr cefalometryczny, wykonując kolejne analizy tego samego telereöntgenogramu (powtarzalność). Powtarzalność odnosi się do zdolności jednego operatora do uzyskania podobnych wyników podczas wielokrotnego wykonywania tych samych pomiarów na tych samych zdjęciach w tych samych warunkach. Jednemu operatorowi zaleca się kilkukrotne wyznaczenie tych samych punktów na różnych zdjęciach cefalometrycznych w krótkich odstępach czasu. Wyniki są następnie porównywane w celu oceny zmienności. Odtwarzalność odnosi się do zdolności różnych operatorów do uzyskania podobnych wyników przy wykonywaniu tych samych pomiarów na tych samych zdjęciach, ale w różnych warunkach lub w różnych momentach czasu. Kilku operatorów wykonuje niezależnie wyznaczenie tych samych punktów na tych samych zdjęciach. Porównuje się uzyskane wyniki między operatorami, aby ocenić odtwarzalność.

Zdarza się, że w dalszym etapie leczenia pomija się wnioski wynikające z wyjściowej analizy cefalometrycznej. Podczas każdej wizyty pacjenta istotnym jest regularnie wracać do kluczowych danych z pierwotnego badania cefalometrycznego (Arnett i wsp. 1993). Chroni to klinicystę przed popełnieniem błędów w mechanice leczenia zasadniczych rodzajów wad zgryzu (Rischen i wsp. 2013).

Dla klinicysty najważniejsze jest na początku każdej wizyty szybkie zwizualizowanie wyjściowej wady zgryzu pacjenta w płaszczyźnie strzałkowej i wertykalnej, gdyż parametry te są niezbędne do ustalenia właściwych procedur możliwych do zastosowania w danym momencie (Cudziło i wsp. 2016). W analizie cefalometrycznej obecnych jest wiele parametrów szkieletowych określających przednio-tylną i pionową relację szczęk (Sassouni 1958; Segner 1986). Problemem jest wybranie takich, które najtrafniej określają dane zaburzenie i umożliwiają klinicyście podjęcie właściwych kroków terapeutycznych.

Wychodząc naprzeciw potrzebom klinicystów, stworzono autorskie narzędzie upraszczające odczyt kluczowych parametrów analizy cefalometrycznej. Jego istotą jest wizualizacja graficzna w postaci „koła barw”, czyli prezentacja poziomej i pionowej relacji szczęki i żuchwy. W celu zobrazowania zaburzenia na tak przygotowane „koło barw” nakłada się wykres dwóch współrzędnych obrazujących wyniki dwóch parametrów analizy cefalometrycznej pacjenta: 1) pomiar WITS (Ghodasra i wsp. 2023) w celu przedstawienia relacji przednio-tylnej oraz 2) kąt ML-NL (Daer i wsp. 2016) w celu zobrazowania relacji pionowej. Wykres – układ współrzędnych dwóch parametrów nakłada się w ten sposób, że punkt przecięcia prawidłowych wartości znajduje się na białym polu. Kolor biały przechodzi płynnie w kierunku sąsiedniej barwy od jaśniejszej do ciemniejszej na obwodzie. Im zaburzenie szkieletowe jest bardziej nasilone, tym bliżej obwodu znajduje się punkt przecięcia dwóch wartości, a kolor w tym miejscu jest ciemniejszy. Metoda ta, czyli kolorystyczne ujęcie

wyników analizy cefalometrycznej, usprawnia proces realizacji planu leczenia podczas kolejnych wizyt.

Wykorzystanie kluczowych elementów analizy cefalometrycznej zwizualizowanych w postaci „koła barw” jest istotą autorskiego oprogramowania medycznego „Ortodoncja” (Gorczońska i wsp. 2013; Smółka i wsp. 2018). Program ten od wielu lat jest szeroko wykorzystywany przez lekarzy ortodontów w Polsce. Dzięki licznym uwagom użytkowników powstało wiele wersji tego programu, aktualną jest wersja 9.

2. CEL PRACY

Sformułowano następujące cele pracy:

1. Opracowanie systematycznego przeglądu piśmiennictwa dotyczącego porównania umieszczania cefalometrycznych punktów referencyjnych przez ekspertów z zakresu ortodoncji i radiologii oraz AI.
2. Zbadanie powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania wybranych punktów cefalometrycznych na zdjęciach bocznych czaszki z wykorzystaniem elementów analiz według McNamary, Segnera-Hasunda, WITS oraz kąta TAU.
3. Zbadanie opinii lekarzy ortodontów dotyczących konieczności i celowości wykonywania analizy cefalometrycznej podczas diagnostyki wad zgryzu oraz opracowania planu leczenia a także preferowanych metod analizy.
4. Zweryfikowanie opinii ekspertów na temat przydatności funkcji “koła barw” zawartego w programie “Ortodoncja” w codziennej pracy klinicznej.

3. MATERIAŁ I METODY

W pierwszej publikacji, która jest systematycznym przeglądem piśmiennictwa, zawarto pytanie: „Czy w przypadku cefalometrycznych zdjęć rentgenowskich przeprowadzenie analizy cefalometrycznej przez radiologa lub sztuczną inteligencję doprowadzi do zmiany wartości wyniku pomiarów w porównaniu z wynikami analizy uzyskanymi przez eksperta ortodontę”. Z wyszukanych 263 artykułów ostatecznie włączono do badania 17 pełnotekstowych angielskich prac, które poddano szczegółowej analizie.

W drugiej publikacji wykorzystano własną bazę zdjęć cyfrowych bocznych głowy pacjentów. Wybrano losowo 9 zdjęć telerengenowskich. Wykonano bazę danych zawierającą w/w zanonimizowane i zaszyfrowane zdjęcia. Zdjęcia w przygotowanej bazie danych za pośrednictwem szyfrowanej poczty elektronicznej rozesłano do 33 wybranych lekarzy ekspertów - użytkowników programu “Ortodoncja” v.9. Wybranych lekarzy poproszono o zaznaczenie punktów referencyjnych na każdym z otrzymanych zdjęć. Każdy z ekspertów miał obowiązek przeanalizowania w/w zdjęć pacjentów trzy razy w równych odstępach czasu. Po przeanalizowaniu wszystkich zdjęć zgodnie z wytycznymi opisanymi w mailu eksperci odesłali opracowane bazy danych w celu przeprowadzenia niniejszego badania. Wszystkie

bazy w liczbie 33 sztuk zostały prawidłowo wczytane do oprogramowania statystycznego *Statistica 13.3* celem wykonania odpowiednich analiz.

W ramach trzeciej publikacji opracowano ankietę dla lekarzy dentystów, ekspertów w zakresie leczenia ortodontycznego. Ankietę rozesłaną za pośrednictwem poczty elektronicznej wypełniło 31 lekarzy ekspertów poprzez platformę Google w okresie styczeń-czerwiec 2024 roku. Ankieta dotyczyła różnych aspektów wykorzystania pomiarów analizy cefalometrycznej w leczeniu ortodontycznym. Kwestionariusz składał się z 7 pytań, w tym 5 pytań, w których ekspert mógł wybrać tylko jedną odpowiedź (pytanie nr 1, 3, 4, 6, 7) oraz dwóch pytań, w których ekspert mógł wybrać więcej niż jedną odpowiedź (pytanie nr 2 i 5). Wszyscy eksperci biorący udział w badaniu udzielili odpowiedzi na wszystkie pytania. Odpowiedzi z kwestionariusza zostały wyeksportowane z Google do programu Microsoft Excel i *Statistica 13.3* w celu przeprowadzenia analizy statystycznej.

4. WYNIKI

W pierwszej publikacji przeanalizowano piśmiennictwo pod kątem istnienia rozbieżności w zakresie wprowadzania punktów pomiędzy ekspertami o różnym poziomie doświadczenia i reprezentowanej specjalności, ortodontycznymi programami komputerowymi oraz sztuczną inteligencją (AI) (Smółka i wsp. 2024). Należy zauważyć, że eksperci ze znacznym doświadczeniem klinicznym wykazali się większą biegłością w analizie cefalometrycznej. Wykorzystanie specjalistycznego oprogramowania do analizy cefalometrycznej wykazało liczne zalety, w tym zwiększoną precyzję, krótszy czas analizy i minimalizację błędów ludzkich. Takie błędy mogą być niezamierzone lub wynikać ze zmęczenia operatora. Skuteczność analizy opartej na sztucznej inteligencji (AI) różniła się w poszczególnych badaniach. Niektóre badania podkreślały zalety analizy opartej na sztucznej inteligencji pod względem wygody, krótszego czasu analizy i wysokiej dokładności. Jednak inne badania nie wykazały istnienia znaczących różnic pomiędzy analizą, w której zastosowano sztuczną inteligencję a analizą wykonaną za pomocą metod tradycyjnych. Należy jednak zauważyć, że sztuczna inteligencja w ortodoncji jest nadal w stanie ewolucji i wymaga dalszego udoskonalenia.

W drugiej publikacji po przeanalizowaniu wyników opracowanych baz danych przez lekarzy ekspertów można stwierdzić, że najniższa zgodność lokalizacji w pionie (odległości od linii OX) występuje w przypadku punktów PoI , Or i A , a najwyższa w przypadku punktów Iss , N i Sp . Najniższą zgodność lokalizacji poziomej (odległości od linii OY) zaobserwowano w przypadku punktów TM , Or i PoI . Z kolei punkty Or_x , Or_y , TM_x , TM_y , PoI_x , PoI_y , obarczone były największym standardowym błędem pomiarowym. Największy przedział zgodności zaobserwowano w przypadku pomiarów parametru WITS i kąta ANB, najszerszy w przypadku kąta głębokości szczęki. Największą powtarzalność miały pomiary pierwszy i trzeci wykonane przez tego samego lekarza dla współrzędnych punktu B_x (największy przedział zgodności wynoszący $W_{LA} = 1,18$ mm), Iss_y (1,31 mm) oraz N_x (1,43 mm). Z kolei najmniej powtarzalny był pomiar drugi i trzeci dla współrzędnych TM_x (najszerzy przedział zgodności wynoszący $W_{LA} = 9,72$ mm) oraz Or_x (8,33 mm) i PoI_y (7,93 mm). Najmniejsza zgodność między dwukrotnymi pomiarami dotyczyła również punktów Or ($F = 59,6$ mm²), TM ($F = 43,6$ mm²)

i *PoI* ($F = 37,6 \text{ mm}^2$). Natomiast największą zgodność stwierdzono w przypadku lokalizacji punktów *Iss* ($F = 2,0 \text{ mm}^2$), *N* ($F = 4,8 \text{ mm}^2$) oraz *B* ($F = 5,5 \text{ mm}^2$).

W trzeciej publikacji po analizie wyników ankiet stwierdzono, że zdecydowana większość (90,32%) respondentów rutynowo wykonuje analizę cefalometryczną u 80-100% swoich pacjentów. Parametry WITS oraz kąt ML-NL zostały uznane za najważniejsze przy ogólnej, wstępnej ocenie wady przez większość ankietowanych, co koreluje z obligatoryjnym wykonywaniem analiz cefalometrycznych. "Koło barw" zostało uznane za wartościowe narzędzie przez 74,19% ekspertów. Ponadto 93,54% ortodontów nie przegląda wszystkich danych cefalometrycznych podczas każdej wizyty kontrolnej. Istniała znacząca korelacja między długością użytkowania oprogramowania a postrzeganą przydatnością "koła barw" ($C=0,472$; $p=0,011$).

5. WNIOSKI

1. Lekarze eksperci oraz radiolodzy z większym doświadczeniem wykazali się większą biegłością w analizie cefalometrycznej. Staż kliniczny miał wpływ na dokładność analizy. Wykorzystanie specjalistycznego oprogramowania do analizy cefalometrycznej miało liczne zalety, w tym zwiększoną precyzję, krótszy czas niezbędny do wykonania analizy oraz minimalizację błędów ludzkich. Badania ujęte w przeglądzie systematycznym wykazały, że analiza oparta na oprogramowaniu komputerowym jest lepsza od metod tradycyjnych, inne nie zidentyfikowały żadnych znaczących różnic. Skuteczność analizy opartej na sztucznej inteligencji różniła się w poszczególnych badaniach.
2. Linia *Po-Or*, wyznaczająca płaszczyznę frankfurcką na zdjęciu cefalometrycznym, cechuje się najniższą precyzją w porównaniu do pozostałych linii uwzględnionych w badaniu. Natomiast brzeży siekaczy górnych i dolnych, największe zagłębienie części zębodołowej żuchwy oraz szew nosowo-czołowy (punkt *N*) odznaczają się najwyższą dokładnością oznaczania.
3. Wyznaczanie punktu *Porion* nie spełniało kryteriów powtarzalności i odtwarzalności w wymiarze wertykalnym.
4. Przednio-tylne usytuowanie szczęki i żuchwy względem płaszczyzny okluzji (WITS) wykazywało najwyższą precyzję, podczas gdy najmniejsza dokładność dotyczyła usytuowania stycznej do przedniej powierzchni szczęki prostopadłej względem płaszczyzny frankfurckiej.
5. Kluczem do skutecznej diagnostyki ortodontycznej jest powtarzalne i odtwarzalne oznaczanie referencyjnych punktów cefalometrycznych. Zasadnym jest więc taki dobór analiz, w których używa się punkty referencyjne łatwe do jednoznacznego wyznaczenia.
6. Analiza wyników badania ankietowego wykazała, że funkcja scroll jest przydatnym narzędziem do zwiększenia dokładności oznaczania punktów cefalometrycznych na cyfrowym zdjęciu bocznym czaszki, a „koło barw” w programie „Ortodoncja” umożliwia klinicystom

szybką prezentację kluczowych informacji zębowo-szkieletowych leczonego pacjenta. Zdecydowana większość ekspertów korzysta z tych funkcji i uważa, że parametry WITS oraz ML-NL użyte w „kole barw” słusznie zostały wybrane jako kluczowe parametry diagnostyczne.

7. Dostęp do kluczowych parametrów diagnostycznych charakteryzujących zębowo-szkieletowe cechy pacjenta redukuje ryzyko popełnienia błędów klinicznych oraz zmniejsza czas potrzebny do zapoznania się z dokumentacją pacjenta przed każdą wizytą kontrolną.

8. Wyniki analizy statystycznej wskazują, że czas korzystania z programu "Ortodoncja" oraz możliwość wyboru preferowanych parametrów cefalometrycznych mają istotny wpływ na podejmowanie prawidłowych decyzji klinicznych przez lekarzy-ekspertów na każdym etapie leczenia ortodontycznego.

9. Prowadzenie badań ankietowych wśród ekspertów umożliwia dalsze rozwijanie funkcjonalności ortodontyczno-diagnostycznych programów komputerowych.

6. PIŚMIENNICTWO

1. Starch-Jensen, T.; Hernández-Alfaro, F.; Kesmez, Ö.; Gorgis, R.; Valls-Ontañón, A. Accuracy of Orthognathic Surgical Planning Using Three-Dimensional Virtual Techniques Compared with Conventional Two-Dimensional Techniques: A Systematic Review. *J. Oral Maxillofac. Res.* 2023;14, 14101.
2. Kumar, M.; Shanavas, M.; Sidappa, A.; Kiran, M. Cone Beam Computed Tomography— Know Its Secrets. *J. Int. Oral Health* 2015;7, 64.
3. Downs WB. Variations in facial relationships: Their significance in treatment and prognosis. *Amer J Orthodont.*, 1948;34, 812-840.
4. Steiner CC. Cephalometrics for you and me. *Amer J Orthodont*, 1953: 39, 729-755.
5. Nanda R, Chhibber A, Upadhyay M. *Esthetics and Biomechanics in Orthodontics* 2nd ed. Elsevier Health Sciences. 2015.
6. Athanasiou AE. *Orthodontic Cephalometry*. Mosby-Wolfe. 1995.
7. Sobieska E, Widmańska-Grzywaczewska A. Cephalometry in orthodontic diagnostics – past and present. *Forum Ortodontyczne / Orthodontic Forum.*, 2019. 15, 120-139.
8. Helal NM, Basri OA, Baeshen HA. Significance of cephalometric radiograph in orthodontic treatment plan decision. *J Contemp Dent Pract*, 2019, 20, 789-7793.
9. Minch L, Warmuz J, Kawala B. Diagnostyka ortodontyczna według Charlesa H. Tweeda i Leverna Merrifielda. *Pomiary cefalometryczne. Forum Ortodont*, 2015, 275-282.
10. Anderson G, Fields HW, Beck M, Chacon G, Vig KWL. Development of cephalometric norms using a unified facial and dental approach. *Angle Orthod*, 2006, 76, 612-618.
11. McNamara JA. A method of cephalometric evaluation. *Amer J Orthodont*. 1984;86, 449-469.

12. Adenwalla ST, Kronman JH, Attarzadeh F. Porion and condyle as cephalometric landmarks – An error study. *Amer J Orthodont Dentofac Orthoped.* 1988, 94, 411-415.
13. Coben SE. The integration of facial skeletal variants: A serial cephalometric roentgenographic analysis of craniofacial form and growth. *Amer J Orthod,* 1955, 41, 407-434.
14. Ricketts RM. Perspectives in the Clinical Application of Cephalometrics: The first fifty years. *Angle Orthodont.* 1981, 51, 115-150.
15. Graber L, Vanarsdall R, Vig K, Huang G. *Orthodontics-e-book: current principles and techniques.* Elsevier, St. Louis. 2016.
16. Lundström F, Lundström A. Natural head position as a basis for cephalometric analysis. *Amer J Orthodont Dentofac Orthop,* 1992, 101, 244-247.
17. Vedavathi HK, Roy P, Shashanka PKP, Kyathanahalli Subbaiah S. Orbito-Condylion and Orbito-Basion Lines as Alternatives to Frankfurt and Sella-Nasion Lines in Cephalometry. *Iran J Orthodont,* 2022, 17, 1-6.
18. Proffit WR, Fields WJ, Sarver DM. *Ortodoncja współczesna, T. 1.* Elsevier Urban & Partner. 2009.
19. Jarabak JR, Fizzel JA. *Technique and treatment with lightwire appliances.* Mosby, St. Louis. 1972.
20. Kucia A, Jankowski T, Siewniak M, Janiszewska-Olszowska J, Grocholewicz K, Szych Z, Wilk G. Sella turcica anomalies on lateral cephalometric radiographs of Polish children. *Dentomaxillofacial Radiol,* 2014, 43.
21. Kamoen A, Dermaut L, Verbeeck R. The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results. *Europ J Orthodont,* 2001, 23, 569-578.
22. Ghodasra R, Brizuela M. *Orthodontics, Cephalometric Analysis.* Stat-Pearls 2023.
23. Arnett GW, Bergman RT. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part I. *Amer J Orthodont Dentofac Orthoped* 1993; 103, 299.
24. Rischen RJ, Breuning KH, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM. Records Needed for Orthodontic Diagnosis and Treatment Planning: A Systematic Review. *PLOS ONE* 2013; 8, e74186.
25. Cudziło D, Matthews Brzozowska T, Stoczkiewicz D. Dysmorfia płciowa profilu twarzy w analizie cefalometrycznej. *Dent Forum* 2016; 44, 21.
26. Sassouni V. Diagnosis and treatment planning via roentgenographic cephalometry. *Amer J Orthodont* 1958; 44, 433.
27. Segner D. The shape of the human face recorded by use of contour photography and spline function interpolation. *Europ J Orthodont* 1986; 8, 112.
28. Gorcowska A, Smółka P. Sposoby graficznego przedstawiania danych w analizach cefalometrycznych. *Forum Ortodont* 2013; 9, 102.
29. Smółka P, Sulewski M, Majdan A, Dobrzyński M. Zastosowanie komputerowej analizy cefalogramów bocznych głowy – charakterystyka programu Ortodoncja 8[®], *Inżynier i Fizyk Med* 2018; Vol. 7. 62-65.
30. Smółka, P.; Nelke, K.; Struzik, N.; Wiśniewska, K.; Kiryk, S.; Kensy, J.; Dobrzyński, W.; Kiryk, J.; Matys, J.; Dobrzyński, M. Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Appl. Sci.* 2024; 14, 4972.

III PUBLIKACJE STANOWIĄCE PODSTAWĘ PRACY DOKTORSKIEJ

1. Smółka, P.; Nelke, K.; Struzik, N.; Wiśniewska, K.; Kiryk, S.; Kensity, J.; Dobrzyński, W.; Kiryk, J.; Matys, J.; Dobrzyński, M. Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Appl. Sci.* 2024: 14, 4972. (punktacja IF=2,5; MNiSW=100).
2. Smółka, P.; Malawski-Róg, A.; Struzik, N.; Woś, P.; Kiryk S., Jan Kiryk, J.; Dobrzyński, M. Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych. *Stomatol. Współcz.* 2024: 31, 5, 8-28 (punktacja MNiSW=20).
3. Smółka, P.; Diakowska, D.; Malawski-Róg, A.; Woś, P.; Struzik, N.; Dobrzyński, M. Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów – badania wstępne. *Stomatol. Współcz.* 2024: 31, 4, 8-19 (punktacja MNiSW=20).

IV ZAŁĄCZNIKI

1. Informacja o indywidualnym wkładzie Współautorów
2. Dorobek naukowy autora

Systematic Review

Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review

Piotr Smołka¹, Kamil Nelke^{2,3} , Natalia Struzik⁴, Kamila Wiśniewska⁵, Sylwia Kiryk⁴ , Julia Kensy⁶ ,
Wojciech Dobrzyński⁷ , Jan Kiryk⁵ , Jacek Matys^{5,*}  and Maciej Dobrzyński⁴ 

- ¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, Pomorska 32, 50-218 Wrocław, Poland; biuro@ortobajt.com
 - ² Maxillofacial Surgery Ward, EMC Hospital, Pilczycka 144, 54-144 Wrocław, Poland; kamil.nelke@gmail.com
 - ³ Health Department, Academy of Applied Sciences, Academy of Silesius, Zamkowa 4, 58-300 Walbrzych, Poland
 - ⁴ Department of Pediatric Dentistry and Preclinical Dentistry, Wrocław Medical University, Krakowska 26, 50-425 Wrocław, Poland; natalia.struzik98@gmail.com (N.S.); s.roguzinska@gmail.com (S.K.); maciej.dobrzyński@umw.edu.pl (M.D.)
 - ⁵ Oral Surgery Department, Wrocław Medical University, Krakowska 26, 50-425 Wrocław, Poland; kamila.wisniewska@umw.edu.pl (K.W.); jan.kiryk@umw.edu.pl (J.K.)
 - ⁶ Faculty of Dentistry, Medical University of Wrocław, 50-425 Wrocław, Poland; julia.kensy@student.umw.edu.pl
 - ⁷ Department of Dentofacial Orthopedics and Orthodontics, Division of Facial Abnormalities, Wrocław Medical University, Krakowska 26, 50-425 Wrocław, Poland; wojt.dobrzyński@wp.pl
- * Correspondence: jacek.matys@umw.edu.pl



Citation: Smołka, P.; Nelke, K.; Struzik, N.; Wiśniewska, K.; Kiryk, S.; Kensy, J.; Dobrzyński, W.; Kiryk, J.; Matys, J.; Dobrzyński, M. Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Appl. Sci.* **2024**, *14*, 4972. <https://doi.org/10.3390/app14124972>

Academic Editors: Vincenzo D'Antò, Ersilia Barbato and Rosanna Guarnieri

Received: 22 April 2024

Revised: 3 June 2024

Accepted: 5 June 2024

Published: 7 June 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Cephalometry is a crucial examination in orthodontic diagnostics and during the planning of orthognathic surgical procedures. The objective of this article was to compare cephalometric measurements conducted by different specialists and systems tailored for such measurements, as well as to evaluate the capabilities of artificial intelligence in this field. In January 2024, we conducted electronic searches in the PubMed, Scopus, and Web of Science (WoS) databases. In the Scopus database, the results were refined to titles, abstracts, and keywords, while in PubMed, they were narrowed down to titles and abstracts. In WoS, the results were refined only to abstracts. The search criteria were based on the following terms: (cephalometric) AND (analysis) AND (discrepancy) AND ((orthodontic) OR (radiologist)). A total of 263 articles were identified, of which 17 met the criteria and were incorporated into the review. The review allowed us to conclude that the accuracy of cephalometric measurements relied on the expertise of the operator—specialists with more experience exhibited greater precision compared to novices or individuals not specialized in orthodontics. Cephalometric measurement computer programs yielded outcomes that streamlined work processes, minimized human errors, and enhanced precision. A novel aspect involved the application of artificial intelligence, which also demonstrated high precision and a substantial reduction in working time, although its utilization still necessitates further enhancements. Further research was required to address these limitations and to optimize the incorporation of technology in orthodontic and orthognathic surgery practices.

Keywords: CBCT; cephalograms; orthodontist; X-ray

1. Introduction

Nowadays, orthodontic treatment relies significantly on precise radiographic diagnostics [1]. Traditional panoramic radiographs (dental X-ray of the upper and lower jaw) and lateral cephalograms (standardized lateral view X-ray of the head and neck for the evaluation of bony and soft tissue structures) serve as fundamental tools for assessing jaw, teeth, and dento-alveolar discrepancies [1]. Additionally, modern techniques, like CBCT

(cone-beam computed tomography) and 3D facial evaluation, play supplementary roles in the comprehensive assessment of both facial soft and hard tissues, and become crucial in cases of doubt about the position of cephalometric points (landmarks, defined points found in the area of the human head) or a large defect that may require surgical intervention [1,2]. While some dento-alveolar discrepancies may stem solely from dental issues, others may involve skeletal abnormalities. In such cases, thorough and improved diagnostics become imperative [1,2]. CBCT is an advanced imaging modality that offers a radiation exposure dose that is 10 times less than that of conventional CT scans during maxillofacial exposure and enables three-dimensional imaging of hard tissue structures [3].

Despite the utilization of various diagnostic and orthodontic tools, certain anatomical reference points remain pivotal in establishing basic patient characteristics and, thus, in choosing the right treatment. Classic orthodontic approaches mostly use a standard lateral cephalometric radiograph to evaluate the patient's profile, bite, and occlusion [1–3]. The so-called 3D individual approach for each patient is currently regarded as the method of choice for several reasons [4–7]. Due to improvements in digital diagnostics, orthodontic treatment is greatly influenced by these advancements. The use of 3D devices and the importance of cone-beam computed tomography (CBCT) significantly impact novel orthodontic and orthognathic surgery advances in the field of diagnostics, planning, and evaluation of the craniofacial skeleton. Currently, many reports describe improvements in CBCT, 3D imaging, artificial intelligence (AI) usage, and other devices to enhance overall facial and bite diagnostics. These advancements aim to establish the most accurate and up-to-date treatment plans for each case of dental and skeletal malocclusions [4–7]. Due to the numerous papers focusing on computer-enhanced planning and evaluation, it is essential to understand not only the benefits, limitations, strengths, and weaknesses of each classic 2D versus 3D evaluation but also how new techniques can assess the cephalometric image of each patient in computer-assisted and AI-improved studies [7–11].

In cases of severe dento-alveolar and skeletal discrepancies, a detailed evaluation of the 3D relationship of various cephalometric landmarks is crucial for planning the extent of the surgical operation. While orthodontic evaluations typically rely on individual landmark assessments by each clinician, specialized software can offer automatic features to find these reference points according to a predefined algorithm. During manual examination and evaluation of these cephalometric points, difficulties in finding their position and the angulation of selected variables may be observed [1,2,12,13]. Each orthodontist should enhance their treatment approach and leverage the benefits of new technologies, particularly the recent advances in 3D-CBCT. Software programs, in particular, hold significant potential to greatly enhance each diagnostic step [14,15]. Despite the plethora of available software, CBCTs, and other devices used in today's dental, surgical, and orthodontic practices, there are still many underestimated and not fully evaluated aspects. One of these is the comparison between AI-derived and computer-enhanced automatic cephalometric analysis versus the classic 2D manual approach [14–18]. There seems to be a growing trend towards the integration of new technologies and advancements in both medicine and dentistry. This trend holds the promise of significantly enhancing patient diagnostics, therapies, and overall outcomes, thereby improving patients' quality of life.

Selecting the most accurate cephalometric reference point is influenced by various factors. Foremost among these factors is the experience and expertise of each clinician. Additionally, the quality and clarity of the radiographs used for anthropometric purposes greatly affect the placement of selected points [2]. At the same time the distinction between the hard structures and the soft structures in their proximity is important to establish this position correctly. One potential solution to this issue could involve enhancing clinician training in selecting the most precise anatomical point positions and leveraging artificial intelligence (AI) for the development of automatic measurement protocols to achieve more reliable and accurate anatomical reference points [1,2,12,13,19–24]. The review on the usage of AI-driven and improved cephalometric analysis presented herein is very important for the future of dentistry and orthodontics. This might be related to more accurate,

3D diagnostics, focused on each patient individual anatomy of the facial skeleton, jaws, teeth relations and might improve the reliability and reproducibility of three-dimensional cephalometric landmarks, similar to the findings presented in a review by Lisboa et al. [25].

Currently, cone-beam computed tomography (CBCT) stands as the standard for evaluating craniofacial features, encompassing both dento-alveolar and skeletal abnormalities within the facial skeleton [1,3]. Authors of this systematic review aim to emphasize the utilization of artificial intelligence for manual computer-driven cephalometric evaluations in patients undergoing orthodontic or combined orthodontic-surgical treatments. The purpose of this review is to compare and establish the most accurate and detailed method for the placement and tracing of cephalometric reference points as well as to determine whether the existing literature provides examples of potential solutions for the accurate landmark localization of individual patient characteristics, with a particular focus on artificial intelligence-based modelling. Given the absence of a systematic review on this specific topic in the searched databases, it is deemed essential to address this gap through a systematic approach.

2. Materials and Methods

2.1. Focused Question

This systematic review followed the PICO framework [26] as follows.

PICO question: In the case of cephalometric X-rays (population), will performing a cephalometric analysis by a radiologist or artificial intelligence (investigated condition) lead to a change in the measurements values (outcome) compared to the analysis results obtained by the orthodontist (comparison condition)?

2.2. Protocol

The article selection process for this systematic review was meticulously outlined according to the PRISMA flow diagram (see Figure 1). The systematic review was registered on the Open Science Framework under the following link: <https://osf.io/2vyd7/> (accessed on 3 June 2024).

PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases and registers only

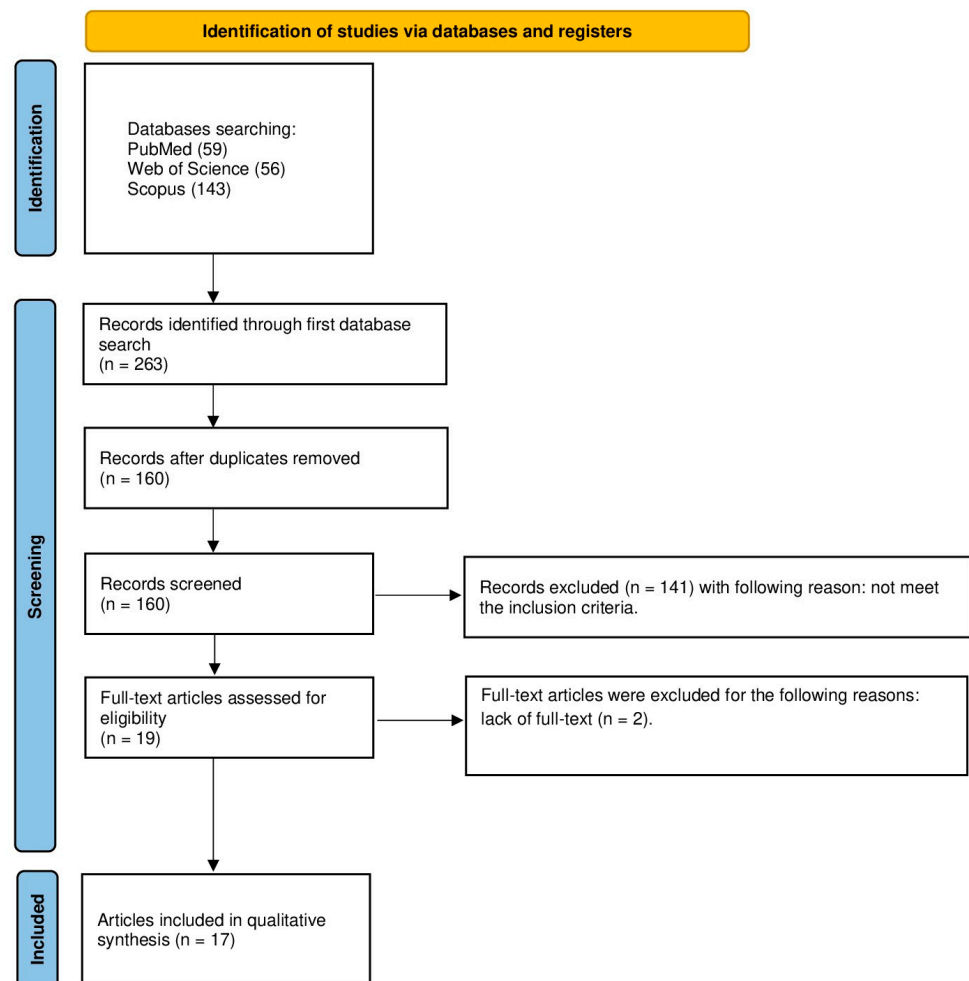


Figure 1. The PRISMA 2020 flow diagram [27].

2.3. Eligibility Criteria

All studies incorporated into the systematic review were required to adhere to the following criteria: they had to investigate discrepancies in cephalometric analysis results between orthodontists and radiologists, as well as between orthodontists and artificial intelligence (AI), encompassing both manual and digital methods of analysis. Additionally, studies needed to be published in English, with no restrictions on the publication date [26,28–38]. The authors of this review established the following exclusion criteria: studies written in languages other than English, comparisons solely between two orthodontists, clinical reports, opinions, editorial papers, review articles, and studies lacking a full-text version [26,28–38].

2.4. Information Sources, Search Strategy, and Study Selection

In January 2024, we conducted electronic searches in the PubMed, Scopus and Web of Science (WoS) databases. In the Scopus database, the results were refined to titles, abstracts and keywords, while in PubMed they were narrowed down to titles and abstracts. In WoS, the results were refined only to abstracts. The search criteria were based on the following keywords: (cephalometric) AND (analysis) AND (discrepancy) AND ((orthodontic) OR (radiologist)). All searches adhered to the established eligibility criteria, and only articles with available full-text versions were considered.

2.5. Data Collection and Data Items

Six researchers (K.W., J.K., N.S., K.N., J.K. and W.D.) meticulously curated the articles that met the predefined criteria. Subsequently, the pertinent data were gathered and recorded in a standardized Microsoft Excel 2013 (Microsoft, Redmond, WA, USA).

2.6. Assessing Risk of Bias in Individual Studies

In the initial phase of the study topic selection, the authors autonomously assessed the titles and abstracts of each paper to mitigate potential bias. The degree of consensus among researchers was evaluated using Cohen's κ test. Any disparities regarding the inclusion or exclusion of a paper were resolved through collaborative discussions among the authors.

2.7. Quality Assessment

Two independent evaluators (J.M. and M.D.) assessed the procedural quality of each study included in the article. The assessment criteria focused on key aspects related to the methods of cephalometric analysis. The criteria for evaluating study design, implementation, and analysis included a minimum group size of 10 subjects, sample size calculation, presence of at least 5 landmarks, blinding, a minimum of triple measurements, and researchers' experience. Studies were assigned scores ranging from 0 to 6 points, with higher scores indicating better study quality. The risk of bias was categorized as follows: 0–2 points denoted a high risk, 3–4 points denoted a moderate risk, and 5–6 points indicated a low risk. Any discrepancies in scoring were resolved through discussion until a consensus was reached [26,28–38].

3. Results

3.1. Study Selection

The initial database search across PubMed, Scopus, and WoS yielded 263 articles potentially relevant for the review. Following the removal of duplicates, 160 articles underwent screening. The initial screening of titles and abstracts resulted in the exclusion of 141 articles that did not involve a comparison of analysis between different specialists or AI/software. Subsequently, 19 articles underwent further full-text analysis, during which 2 articles were excluded for not meeting the inclusion criteria. Ultimately, a total of 17 articles were included in the qualitative synthesis of this review. The considerable heterogeneity among the included studies prevents the possibility of conducting a meta-analysis.

3.2. General Characteristics of the Included Studies

Selected studies compared the quality of cephalometric analysis performed by different specialists with varying levels of experience. The study conducted by Chen et al. [39] compared landmark detection and cephalometric analysis performed by an experienced specialist and a novice specialist. Similarly, Kuyul et al. [40] conducted a study comparing orthodontists, senior assistants, junior assistants, and non-orthodontist dentists. The results of both studies indicated that specialists with more experience demonstrated greater proficiency in performing cephalometric analysis. Furthermore, the accuracy of the analysis was found to be influenced by specialization, with orthodontists performing the analysis more thoroughly than non-orthodontist dentists. However, the level of orthodontists' training did not impact the consistency of the measurements [39].

An alternative to the conventional method of cephalometric analysis involves the utilization of specialized software designed for this purpose. Among the included studies, eleven focused on comparing the accuracy of cephalometric analysis between clinicians and various software programs. The software programs used in these studies include CADCAS [41], CASS [42], PANN [43], PACS [44], Screenceph [45], Ceph X [46], Onyx Ceph (version 2.5.6.) [47], CephNinja (version 4.20) [48], and NemoCeph NX 2009 [49]. In a study conducted by Kumar M et al. [49], the last two software programs were compared with each other in terms of their accuracy. The majority of studies indicated that

analysis performed by software was superior to traditional manually conducted analysis methods [39,42,43,45,46,50].

According to the authors of the included studies, the main benefits of using specialized software for cephalometric analysis are increased accuracy, reduced time, and minimized human error [39,43,46,50]. In their opinion, the use of cephalometric analysis systems makes it possible to reproduce intricate details and parameters that are essential for accurate diagnosis. For instance, the CASS software conducted an analysis on computed tomography, facilitating the recreation of Spee and Wilson curves [42]. However, certain studies did not identify significant differences between analysis conducted by software and that performed by a specialist [39,44,47,51]. Nonetheless, it is important to note that the selected software may not always serve as a flawless replacement. Errors can still occur despite a relatively well-conducted analysis. For instance, Zamrik et al. [52] demonstrated such a scenario in their study, where the measurement of the U1-A point was inaccurately performed. In terms of the efficacy of individual programs, a study by Kumar et al. [49] suggests that orthodontic analysis programs exhibit similar effectiveness.

The results of studies comparing artificial intelligence (AI) and traditional cephalometric analysis vary. Some authors highlight numerous advantages of AI, such as increased convenience, shorter analysis time, and high accuracy [48,53]. For instance, a study by Wang et al. [54] suggests that AI analysis demonstrates high precision, with deviations of up to 2 mm, and a detection rate of up to 80%. However, research conducted by Gupta et al. [55] did not find significant differences between traditional and AI-based analysis methods. This could be attributed to the fact that AI is still a relatively new tool in orthodontics and requires further refinement [53]. A general characteristic of the included studies has been demonstrated in Table 1.

Table 1. General characteristics of studies.

Study	Aim of the Study	Materials and Methods	Results	Conclusions
Chen et al. [39]	Evaluation of time needed by a clinician (expert and novice) and digital cephalometric analysis system (CADCAS) to perform a cephalometric analysis.	6 clinicians (3 experts and 3 novices) were asked to perform the cephalometric analysis (tracing, 19 landmark identification and measurements). The same analysis was conducted using CADCAS.	The time spent on analysis in the novice group was longer than in the expert group in cases of tracing and landmarks identification. The time needed for measurements was similar. The CADCAS showed the measurements results straight after landmarks identification.	The experience of a clinician can speed up the process of tracing anatomical structures and landmark identification but not the measurements process. The computer system CADCAS can reduce the time needed for measurements, and it can also reduce the number of errors committed in manual analysis.
Baker et al. [42]	Using the computer-assisted surgical simulation (CASS) software programs to assist in the planning of orthognathic surgeries.	Eleven patients qualified to perform orthognathic surgery were evaluated with traditional cephalometry and CASS.	In all cases that were simulated by CASS software, the surgery was successful, and all fabricated splints fit well. However, the CASS system turned out to be better in establishing the midline.	The CASS software proved to be an effective instrument for orthognathic surgery planning.
Mario et al. [43]	The use of a paraconsistent artificial neural network (PANN) in cephalometric analysis.	In total, 120 orthodontic patients were subjected to cephalometric analysis by 3 orthodontic experts and PANN using 3 units: anteroposterior, vertical, and dental discrepancy.	The results provided by the experts differed from those of PANN, with inconsistent results.	Manual cephalometric analysis is a subjective analysis by diagnosis that can be made between specialists. PANN treatment methods are more precise and eliminate the disadvantages of traditional analyses
Turner et al. [45]	A method of cephalometric analysis is described in which cephalometric X-rays were scanned using a flat-bed scanner and transparency hood. Then, the image was displayed on a computer monitor for point identification and subsequent cephalometric analysis using dedicated software. The reproducibility of point identification using this method was compared with two other, commonly used, methods.	The study material comprised 25 lateral skull X-rays taken as part of routine orthodontic assessment. Repeat cephalometric point identification was carried out on each X-ray using 3 methods: 1. On-screen digitization of the scanned bitmap image (Screenceph method); 2. Tracing followed by digitization of the identified points; 3. Direct digitization.	For the 8 angular and 4 linear cephalometric measurements examined, the Screenceph method compared favorably with the two conventional methods. The median difference between methods was 0.5 degrees and 0.2 mm. Using constructed Cartesian axes to examine the x, y discrepancy between repeat measurements and comparing Screenceph to tracing followed by digitization, there were significant differences in 3 instances at the 5% level and 2 instances at the 1% level. These differences represented median scores of 0.14 to 0.32 mm greater for Screenceph. Comparing Screenceph to direct digitization, 15 significant differences out of the 28 measurements were noted: 6 at the 5% level and 9 at the 1% level. The actual difference in median scores ranged from 0.2 mm to 0.53 mm	The results demonstrated that Screenceph is sufficiently accurate to use in a clinical setting but is not yet sufficiently exact for use in research projects owing to hardware limitations.

Table 1. *Cont.*

Study	Aim of the Study	Materials and Methods	Results	Conclusions
<p>Kuyul et al. [40]</p>	<p>The aim of this study was twofold: (1) to evaluate the importance of the level of training in orthodontics when estimating skeletal configuration by visual inspection of the soft tissue profile, and (2) to evaluate a possible discrepancy between integumental profile (IP) and skeletal class (SC).</p>	<p>4 test groups comprising 10 orthodontists (O), 10 senior assistants (S), 10 junior assistants (J), and 10 dentists (D) assessed horizontal and vertical skeletal pattern from a series of slides of 100 patients. The assessments were repeated after a 1-month interval. Cephalometric analysis was also carried out by using a number of conventional analyses.</p>	<p>Analysis of the results with Levene’s test, two-factor mixed-design variance analysis, and Newman–Keuls’ multiple-range test showed that (1) orthodontists, independent of their level of training, are more consistent in assessing an IP than dentists; (2) assessments were more consistent for sagittal profile than for vertical profile; (3) sagittally, the Wits’ appraisal corresponds best with IP, and (4) vertically, the Steiner analysis corresponds best with IP.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Duplo-score indicates that sagittal discrepancies were scored more reliably (75%) than the vertical discrepancies (63%). Both scores show a considerable error, indicating that the consistency in scoring an underlying skeletal discrepancy by evaluating the soft tissue profile is not high. 2. Dentists scored less consistently than orthodontists in the repetition test. The level of advanced training in orthodontics had no influence on the consistency of scoring. 3. The recognition of the underlying skeletal discrepancy by evaluating the soft tissue profile was found to be difficult. Dentists had more problems doing so than orthodontists and orthodontists under training. 4. The sagittal profile score was similar between Sassouni’s analysis and the Steiner analysis for all test groups. A small difference was noticed between the Wits’ appraisal and the Steiner standards. The best reference was the Wits’ appraisal reflecting in 65% agreement between the soft tissue profile and the underlying skeletal growth pattern for advanced orthodontists. A percentage of 57% was found for the group of dentists. 5. The highest reflection of the underlying vertical skeletal pattern, evaluated by the soft tissue profile, was found by using the Steiner analysis. The Sassouni standards and the y-axis scored equally. Vertical scores were much lower than the sagittal ones. Differences between the four different test groups were negligible, indicating that advanced training did not contribute to an improvement in the vertical score. 6. The soft tissue profile does not reflect the underlying skeletal growth pattern very well. This does not mean that cephalograms are more accurate in determining the final treatment plan. More significance should be attached to soft tissue profile evaluation than to cephalometric analysis in orthodontic diagnosis and treatment planning.
<p>Wang et al. [54]</p>	<p>To explore and compare automatic landmark detection methods in application to cephalometric X-ray images.</p>	<p>Anatomical landmarks were manually marked on cephalograms of 300 patients aged from 6 to 60 years as ground truth data, generated by 2 experienced doctors. Quantitative evaluation was performed to compare the results of a representative selection of current methods submitted to the challenge.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Three methods are able to achieve detection rates greater than 80% using the 4 mm precision range. – Only one method achieves a detection rate greater than 70% using the 2 mm precision range, which is the acceptable precision range in clinical practice 	<p>Automated methods save time and manual costs and avoid problems caused by intra- and inter-observer variations or errors due to fatigue.</p>

Table 1. Cont.

Study	Aim of the Study	Materials and Methods	Results	Conclusions
Kumar et al. [49]	To compare values of cephalometric analysis performed by CephNinja and NemoCeph for Downs's analysis.	Diagnostic images were cropped, and scale image was placed on top. A laptop with a mouse-controlled cursor was used for NemoCeph, and an Android phone controlled with a finger touch screen was used for CephNinja.	The difference in mean values obtained using the two softwares showed no statistical significance for 70% of the variables. Y-axis, incisor occlusal plane angle, and the upper incisor to A-Pog showed a statistically significant difference.	CephNinja presented a satisfactory result with NemoCeph, and can be used interchangeably with confidence.
Gupta et al. [55]	To evaluate the accuracy of three-dimensional cephalometric measurements obtained through an automatic landmark detection algorithm compared to those obtained through manual identification.	A comparison of 51 cephalometric measurements (28 linear, 16 angles and 7 ratios) on 30 CBCT (cone-beam computed tomography) images. The analysis was performed to compare measurements based on 21 cephalometric landmarks detected automatically and those identified manually by 3 observers.	Inter-observer ICC for each landmark was found to be excellent ([Formula: see text]) among three observers. The unpaired <i>t</i> -test revealed that there was no statistically significant difference in the measurements based on automatically detected and manually identified landmarks. The difference between the manual and automatic observation for each measurement was reported as an error. The highest mean error in the linear and angular measurements was found to be 2.63 mm ([formula: see text] distance) and [formula: see text] ([formula: see text]-Me angle), respectively. The highest mean error in the group of distance ratios was 0.03 (for N-Me/N-ANS and [formula: see text]).	Cephalometric measurements computed from automatic detection of landmarks on 3D CBCT image were as accurate as those computed from manual identification.
Dot et al. [53]	Aimed to train and evaluate a deep learning (DL) pipeline based on SpatialConfiguration-Net for automatic localization of 3D cephalometric landmarks on computed tomography (CT) scans.	A retrospective sample of consecutive presurgical CT scans was randomly distributed between a training/validation set ($n = 160$) and a test set ($n = 38$). The reference data consisted of 33 landmarks, manually localized once by 1 operator ($n = 178$) or twice by 3 operators ($n = 20$, test set only). After inference on the test set, 1 CT scan showed "very low" confidence level predictions; we excluded it from the overall analysis but still assessed and discussed the corresponding results.	The model performance was evaluated by comparing the predictions with the reference data; the outcome set included localization accuracy, cephalometric measurements, and comparison to manual landmarking reproducibility. On the hold-out test set, the mean localization error was 1.0 ± 1.3 mm, while success detection rates for 2.0, 2.5, and 3.0 mm were 90.4%, 93.6%, and 95.4%, respectively. Mean errors were $-0.3 \pm 1.3^\circ$ and -0.1 ± 0.7 mm for angular and linear measurements, respectively. When compared to manual reproducibility, the measurements were within the Bland-Altman 95% limits of agreement for 91.9% and 71.8% of skeletal and dentoalveolar variables, respectively.	To conclude, while our DL method still requires improvement, it provided highly accurate 3D landmark localization on a challenging test set, with a reliability for skeletal evaluation on par with what clinicians obtain.

Table 1. Cont.

Study	Aim of the Study	Materials and Methods	Results	Conclusions
Mosleh et al. [46]	This study utilizes some techniques to evaluate reliability, performance, and usability metrics using SUS methods of the developed cephalometric system, which has not been reported in previous studies.	A new system named Ceph-X was developed to computerize the manual cephalometric measurements. The system was developed by using image processing techniques, such as an enhanced X-ray image model, locating landmark model, and computation model. Ceph-X was then evaluated by using X-ray images of 30 subjects (male and female) obtained from the University of Malaya hospital. Three orthodontics specialists were involved in the evaluation of accuracy to avoid intra examiner error, and performance for Ceph-X, and twenty orthodontics specialists were involved in the evaluation of the usability and user satisfaction for Ceph-X by using the SUS approach.	Statistical analysis for the comparison between the manual and automatic cephalometric approaches showed that Ceph-X achieved a great accuracy of approximately 96.6%, with an acceptable error variation approximately less than 0.5 mm and 1°. Results showed that Ceph-X increased the specialist performance and minimized the processing time to obtain cephalometric measurements of the human skull. Furthermore, SUS analysis approach showed that Ceph-X has excellent usability per users' feedback.	Ceph-X has proved its reliability, performance, and usability and can be used by orthodontists for the analysis, diagnosis, and treatment of cephalometric issues.
Chen et al. [41]	Investigating the difference in the positioning of cephalometric points on digital and original cephalometric X-rays.	Cephalometric points were marked on 27 X-rays and, using a computer program, on their digitized counterparts. The absolute difference between measurements was assessed, and statistical analysis was performed	A statistically significant difference (greater than 2 mm or 2 degrees) was seen in 7 of 27 cephalograms.	The difference between measurements is statistically significant but clinically acceptable.
Bruntz et al. [51]	Assessment of lateral cephalometric distortions by scanning and printing them, and assessing the accuracy of digital images to perform analysis.	8 measurement points were marked on 30 cephalometric X-rays, then they were scanned with an accuracy of 150 points per inch and printed with a laser printer. The difference in dot position on all 3 media was assessed. Statistical analysis was performed.	As a result of scanning, the images were enlarged by 0.8 mm vertically and reduced by 0.4 mm vertically. As a result of printing, vertical elongation of 1.1 mm and horizontal extension of 0.4 mm occurred. All differences are statistically significant.	The differences found are not clinically significant.
Zamrik et al. [52]	Assessment of the repeatability of cephalometric measurements performed using the traditional method and using the OnCeph Android application.	22 measurement points were marked on 30 cephalometric photos, and 26 parameters were measured twice for each method. Statistical analysis was performed.	A statistically significant difference was observed in 5 measurements (SNB and nasolabial angles and linear measurements: N I to Pog, U1-A and upper lip to S-line).	The clinically significant difference concerned only one linear U1-A measurement and resulted from an incorrect measurement by the application. The remaining differences are clinically significant.
Singh et al. [44]	Evaluation of cephalometric measurements performed by the PACS (picture archiving and communication system) compared to the traditional method.	6 measurements were made on 5 cephalometric X-rays. Statistical analysis was performed.	A statistically significant difference was demonstrated for 2 angles: SNB and lower incisors.	The differences demonstrated are not clinically significant.

Table 1. Cont.

Study	Aim of the Study	Materials and Methods	Results	Conclusions
Tsorovas et al. [50]	Evaluation of basic and advanced features of 5 different cephalometric analysis programs. Assessment of their compliance with the results obtained using the hand-tracking technique.	30 digital lateral radiographs comprised the material. 23 measurements were calculated by a single operator, both manually and with the use of 5 different software programs for cephalometric analysis.	Of the 23 measurements tested for each procedure, only 1 (Ii to NB (mm)) showed better agreement with hand-tracing when the advanced features were used. For the remaining 20 measurements, good agreement with hand-tracing was observed for both basic and advanced features. Two measurements (AB on FOP and Ii to A/Pog) showed poor intra-user reproducibility. Hand-tracing required significantly more time compared to both basic and advanced features. The basic features took less time to complete than the advanced features.	A computerized tracing technique, whether basic or advanced, can be considered as equally reliable to hand-tracing for cephalometric measurements, while also being less time-consuming.
Kılınc et al. [48]	Comparison and evaluation the reliability of five different cephalometric assessment methods: 1. Smartphone application 2. Tracing method CephNinja (SATM), 3. Web-based artificial intelligence (AI) 4. The conventional hand-tracing method (CHTM). 5. The driven tracing method with WebCeph (WATM).	The study enrolled 110 lateral cephalometric radiographs. One examiner measured 4 linear and 7 angular parameters using WebCeph, CephNinja, and conventional hand-tracing methods.	Statistically significant differences were found between the methods for SNA, SNB, SN-MP angle, U1-SN angle, L1-NB (mm), and E line–upper lip (mm) measurements.	Statistically and clinically significant differences were found among the groups in various measurements.
Swennen et al. [47]	Presentation of a modified hard and soft tissue lateral cephalometric cleft analysis to determine the accuracy, validity and reliability of this analysis for the future assessment of craniofacial morphology and growth in cleft patients.	Material comprised 40 conventional lateral cephalometric radiographs of non-cleft children, randomly selected. Lateral cephalometric radiographs were taken under standardized conditions. The study aimed to assess the accuracy, reliability, and validity of the modified cleft analysis. Linear and angular measurements of hard and soft tissues were recorded using 2 different methods: conventional and digital cephalometry.	Measurement error, as determined by the Bland and Altman method, was less than 1.00° and 1.00 mm. The squared correlation coefficients (r ²), as determined by the Sackett et al. method, indicated high reliability.	The lateral cephalometric cleft analysis, which utilizes the Onyx Ceph software (version 2.5.6.), has been modified to analyze both hard and soft tissue. The results have demonstrated that this method is accurate, reliable, and suitable for future cleft research.

3.3. Main Study Outcomes

Studies selected in this systematic review varied in their comparison of cephalometric analysis conducted through different methodologies. Among them, one study distinguished itself by comparing analyses between three specialists with varying levels of experience [40]. Additionally, eleven studies focused on comparing analyses performed by clinicians and software programs [39,41–47,50–52]. Another study compared two different software analysis methods [49], while four studies examined the comparison between analyses conducted by clinicians and artificial intelligence [53–55]. Furthermore, one study investigated a comparison between clinicians, software, and artificial intelligence [48]. The studies were not homogeneous in terms of the type of the analysis. Some of the studies focused only on landmarks identification [45,53,54] while the others investigated linear and angular analysis as well [39–44,46–52,55]. The detailed characteristics of the included studies are shown in Table 2.

Table 2. Detailed characteristics of studies.

Authors	Comparison	Type of Analysis	Landmarks	Results
Chen et al. [39]	Clinicians vs. CADCAS	19 landmarks and 26 linear and angular measurements were assessed by 6 dentists (experts and novices) and the CADCAS program	N, S, Po, Or, Ar, Go, Me, Gn, Pog, B, A, ANS, PNS, UIA, UIE, LIA, LIE, UM, and LM	Experienced clinician performed better than novice while identifying landmarks, but measurement times were similar; CADCAS resulted in a reduction in human errors and a reduction in analysis duration
Baker et al. [42]	CASS vs. traditional analysis	Treatments of 11 orthognathic surgery patients were planned both with CASS and traditional cephalometry	Euler angles	CASS—performed similarly or better than traditional analysis; transverse maxillary cants were observed on the CT cephalometric analyses that were not observed on posterior–anterior radiographic analyses, Spee and Wilson curves were fabricated by software with an averaged occlusal plane what led to accurately corrected occlusal cant, mindfulness of discrepancies between soft tissue midline and bony midline is strongly advised
Mario et al. [43]	PANN vs. orthodontists	120 cases were examined by 3 orthodontists and PANN mathematical model	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anterior cranial base 2. Palatal plane (PP) 3. Occlusal plane (OP) 4. Mandibular plane (MP) 5. Cranial base 6. Y-axis 7. Posterior facial feight 8. Anterior facial height—median third 9. Anterior facial height—lower third 10. Anterior facial height 11. SNA 12. SNB 13. Long axis—upper incisor 14. Long axis—lower incisor 15. A point—Pogonion line Wits: distance between the projections of the A and B points on the occlusal plane.	PANN eliminates problems of traditional analysis; the model points out contradictions presented in the data that were not noticed by the orthodontists, precision of the system increases when more cephalometric variables are added at PANN
Turner et al. [45]	Software vs. clinician	On 25 skull X-rays, 14 landmarks were traced in the Screenceph program by mouse cursor, on tracing paper, and then digitized on graphic tablet and directly on graphic tablet; afterwards, 8 angular and 4 linear measurements were taken	S, Ar, Go, PNS, UI Apex, LI Tip, LI Apex, ANS, A, B, UI, Tip, Po, and Me	Screenceph method compared favorably with the two conventional methods; direct digitization of X-rays is the most accurate method of measurement

Table 2. Cont.

Authors	Comparison	Type of Analysis	Landmarks	Results
Kuyl et al. [40]	Orthodontists vs. senior assistants vs. junior assistants vs. dentists	100 cases assessed by 10 well-trained orthodontists, 10 senior postgraduate students, 10 junior postgraduate students, and 10 dentists using the analyses of Steiner, Wits, Sassouni, and Bjork	For the sagittal skeletal pattern, the analyses according to Steiner, Wits, and Sassouni were used, and for the vertical skeletal pattern, those of Steiner, Sassouni, and the y-axis of Bjork were used	Orthodontists perform better than dentists; sagittal profile was more consistently assessed than vertical
Wang et al. [54]	Orthodontists vs. AI	5 automatic landmark detection methods were compared with ground truth data based on landmarks marked manually by orthodontists	Sella turcica, nasion, orbitale, porion, subspinale, supramentale, pogonion, menton, gnathion, gonion, lower incisal incision, upper incisal incision, upper lip, lower lip, subnasale, soft tissue pogonion, posterior nasal spine, anterior nasal spine, articulate	Automated methods save time, intra- and inter-observer variations are eliminated; 3 methods—detection rates greater than 80%, 4 mm precision range; 1 method—detection rate greater than 70%, 2 mm precision range
Kumar et al. [49]	Software vs. software	Down's cephalometric analysis was performed in the programs NemoCeph (landmarks marked on laptop with a mouse cursor) and CephNinja (Android phone controlled with finger touch)	Facial angle Angle of convexity A–B plane angle Mandibular plane angle Y-axis Cant of occlusal plane Inter-incisal angle Incisor occlusal plane angle Incisor mandibular plane angle U1 to A-Pog (linear)	Android-based CephNinja can be an alternative to the computer program NemoCeph
Gupta et al. [55]	Orthodontists vs. AI	3 orthodontists marked 21 landmarks on 30 CBCT images in the MIMICS software (Materialise, Belgium) and those same landmarks were marked in an automatic landmark detection program; afterwards, 51 cephalometric measurements were taken in both methods	Nasion Orbitale left Orbitale right A-point Anterior nasal spine Posterior nasal spine B-point Poronion Menton Gnathion Gonion left Gonion right Condylion left Condylion right #yeomatic point left #yeomatic point right Frontozyzomatic left Frontozyzomatic right Sella Jugal point left Jugal point right	Both methods equally accurate
Dot et al. [53]	Clinicians vs. AI	33 landmarks were located by 1 orthodontist with 5 years of clinical experience or twice by 3 operators (2 trained orthodontists with 5 years of clinical experience, 1 final-year postgraduate maxillofacial surgeon) to create reference data; then, a deep learning-based landmarking model was created	11 Apex 11 Edge 16 Occlusal #1 Apex 21 Edge 26 Occlusal 31 Apex 31 Edge 36 Occlusal Ail apex Ai edge A6 Occlusal A point Anterior nasal spine B point Gnathion Gonion L Gonion R Infraorbital foramen L Infraorbital foramen R Internal acoustic foramen L Internal acoustic foramen R Mental foramen L Mental foramen R Menton Nasion Orbitale L Orbitale R Pogonion Porion L Porion R Posterior nasal spine Sella	Deep learning method provides highly accurate 3D landmark detection but still requires improvement

Table 2. Cont.

Authors	Comparison	Type of Analysis	Landmarks	Results
Mosleh et al. [46]	Orthodontists vs. software	Manual tracing of 30 cases was performed by an orthodontist, then digitalized radiograph samples were evaluated by 3 orthodontists by marking 12 landmarks both manually and on screen with the CephX system; the system automatically measures 6 angles and 12 lines	N: Nasion S: Sella Po: Porion Or: Orbitale Ar articulare Go: gonion Me: menton ANS: anterior nasal spine PNS: posterior nasal spine Point A: sub-spinal Point B: supramental	CephX reduces the time and effort of manual analysis, and it proved reliable
Chen et al. [41]	Orthodontists vs. software	7 orthodontic residents marked 19 landmarks both manually and on screen, and then 27 measurements were obtained and compared	SNA SNB ANB A-Nv Pog-Nv NAPog VVIts ab SN-FH SN-OP SN-MP UFA/LFA Ar-A Ar-Gn A-Gn Ar-A/Ar-Gn AArGn AGNAr ArAGn UI-SN UI-NPog U-L LI-OP LI-MP au DI u	Inter-observer errors in the manual method were comparable to the ones in digitized images; differences between data in both methods were statistically significant but clinically acceptable
Bruntz et al. [51]	Clinician vs. software vs. hard-copy	30 cases were manually traced using acetate tracing paper then digitalized (both initial and final cephalograms); digitalized versions were traced with 42 landmarks in Dolphin Imaging with the mouse cursor, and hard-copies made from digitalized X-ray photos were also traced manually; this study uses Downs, Steiner, Tweed and Riedel analyses	FP, facial plane; CON, angle of convexity; AB, A point–B point plane to Nasion–Pogonion plane; Y, y-axis; OP, occlusal plane; INT, interniscial angle; LIOP, lower incisor to occlusal plane; LIMP, lower incisor to mandibular plane; U1AP, upper incisor to A point–Pogonion plane; U1FH, upper incisor to Frankfort horizontal plane; FH/NA, Frankfort horizontal plane to Nasion–A point plane; U1NA, upper incisor to Nasion–A point plane; L1NB, lower incisor to Nasion–B point plane; PONB, Pogonion to Nasion B point plane; POL1NB, Pogonion–lower incisor plane to Nasion–B point plane.	There is a difficulty in identifying certain landmarks (porion and orbitale) in computerized program and printed hard-copy; otherwise, all cephalometric analyses showed comparable accuracies
Zamrik et al. [52]	Clinician vs. smartphone software	30 cases were traced manually (22 landmarks, 7 planes, 26 linear and angular parameters) and digital versions were traced in the OneCeph program twice by the same investigator	Sella (S), nasion (N), anterior nasal spine (ANS), posterior nasal spine (PNS), A point (A), incisor superius (Is), incisor inferius (Ii), B point (B), pogonion (Pog), gnathion (Gn), menton (Me), gonion (Go), condylon (Cd), articulare (Ar), orbitale (Or), porion (Po), mid-point between molar superioris (Ms) and molar inferioris (Mi), (18) subnasal (Sn), (19) S point (Steiner analysis), (20) labial superius (LS), (21) labial inferioris (LI), (22) soft tissue pogonion (Pog'). (A) SN plane, (B) Frankfort plane (Po-Or), (C) maxillary plane (ANS-PNS), (D) bisecting occlusal plane (BOP), (E) mandibular plane (Go-Gn), (F) mandibular plane (Go-Me), (G) mandibular plane (tangent to lower border of mandible)	Differences between the tracing methods were clinically insignificant except for the U1-A point measurement—the app incorrectly calculated the distance from the A line to the incisal edge of the upper central incisor rather than the facial surface of the upper incisor

Table 2. Cont.

Authors	Comparison	Type of Analysis	Landmarks	Results
Singh et al. [44]	Clinician vs. software	5 cases were traced digitally and manually, and 7 angular and 4 linear parameters were measured by 2 operators with 4 years of experience in the hand-tracing method and 1 year of experience in the digital method	SNA: angle between points S, N, and A; SNB: angle between points S, N, and B; ANB: angle between points A, N, and B; MMPA: angle between the maxillary plane (ANS to PNS) and the mandibular plane (Go to Me)	The PACS system could be an acceptable method for cephalometric analysis—no significant difference between the manual and digitalized methods
Tsorovas et al. [50]	Clinician vs. software	30 cases were traced manually by 1 observer (27 landmarks, 23 measurements) and afterwards were traced digitally in all 5 pieces of software with their basic and advanced features; the total time needed to trace the images was measured and compared	1: Sella (S), the midpoint of sella turcica; 2: nasion (N), junction of the frontal and nasal bones at the naso-frontal suture; 3: glabella (G'), the most anterior point on the forehead, in the region of the supra-orbital ridges; 4: pronasale (Pr'), the most anterior point on the nasal tip; 5: subnasale (Sn'), the junction of the columella of the nose with the philtrum of the upper lip; 6: Labrare Superios. (Ls), the muco-cutaneous junction of the upper lip and philtrum; 7: Labrare Inferios. (Li), the muco-cutaneous junction of the lower lip and philtrum; 8: soft Pogonion (Pg'), the most anterior point on the soft tissue chin; 9:mMenton (Me), the most inferior point on the bony chin; 10: Pogonion (Pg), the most anterior point on the bony chin; 11: point B, the deepest point in the concavity of the anterior mandible between the alveolar crest and pogonion; 12: lower incisor apex, the root apex of the lower central incisor; 13: lower incisor tip, the tip of the crown of the lower central incisor; 14: upper incisor tip, the tip of the crown of the upper central incisor; 15: upper incisor apex, the root apex of the upper central incisor; 16: point A, the deepest point in the concavity of the anterior maxilla between anterior nasal spine and the alveolar crest; 17: anterior nasal spine (ANS), the anterior limit of the floor of the nose, at the tip of anterior nasal spine; 18: posterior nasal spine (PNS), the posterior limit of the floor of the nose, at the tip of posterior nasal spine; 19: lower molar crown, the tip of the mesial cusp of the lower first molar; 20: lower first premolar tip, the tip of the crown of the lower first premolar; 21: inferior gonion, a mid-planned point at a tangent to the inferior border of the mandible near the gonion; 22: posterior gonion, a mid-planned point at a tangent to the posterior border of the mandible near gonion; 23: Ad1, a landmark located at the intersection of the line between PNS and basion with the posterior nasopharyngeal wall; 24: basion (Ba), the most inferior point on the anterior margin of the foramen magnum; 25: articulare (Ar), a mid-planned point located at the intersection of the posterior border of the ramus with the inferior surface of the cranial base; 26: porion (Po), the most superior point of the bony external auditory meatus; 27: orbitale (Or), the most inferior point on the infra-orbital margin	The computerized tracing method (either with basis or advanced features) takes less time and is equally reliable when compared to the manual method
Kılınç et al. [48]	Clinician vs. software vs. AI	110 cases were traced manually by 1 technician, on the smartphone application CephNinja and in WebCeph (an AI web-based orthodontic analysis platform)	SNA, SNB, SN-MP angle, U1-SN angle, L1-NB (mm), and E line—upper lip (mm)	Statistically and clinically significant differences were observed between three methods; however, the zoom function in applications gave much clearer images; AI software promises higher comfort, practicality, and speed

Table 2. Cont.

Authors	Comparison	Type of Analysis	Landmarks	Results
Swennen et al. [47]	Clinician vs. software	40 cases were traced manually by 2 investigators and in Onyx Ceph	<p>Ba = basion, anterior lip of the foramen magnum; S = sella, estimated center of the hypophyseal fossa; R = registration point, point of crossing of the greater wing of the sphenoid and planum sphenoidale; N = nasion, junction of the nasal and frontal bone; NB = lip of nasal bone; ANS = anterior nasal spine; A = point of greatest concavity of the alveolar process of the maxilla; UI = upper incisor; UI-apex = upper incisor apex; LI = lower incisor; LI-apex = lower incisor apex; B = point of greatest concavity of the mandibular alveolar process; Pog = pogonion, most prominent point on the chin; Gn = gnathion, point on the symphysis between pogonion and menton farthest from the condyle; Men = menton, most inferior point on the symphysis; Co = condylion, posterior superior point on the outline of the condyle;</p> <p>PTM = pterygomaxillary fissure, the inferior point in the fissure; PNS = posterior nasal spine. Hard tissue landmarks necessary to construct other cephalometric reference points: TgA = mandibular body tangent; TgP = mandibular ramus tangent; Ar = articulare, point at the intersection between the contour of the mandibular ramus and occipital bone; UM-cusp = upper molar mesial cuspides; LM-cusp = lower molar mesial cuspides. Constructed landmarks: Go = gonion, a constructed point on the outline of the mandible by bisecting the ramus plane (Ar-TgP) and body plane (TgA-Men); PMP = posterior maxillary point, a constructed point created by dropping perpendicular to the maxillary plane (PNS-ANS) from the PTM; OccA = anterior point of the occlusal plane, a constructed point at the midline between UI and LI; OccP = posterior point of the occlusal plane, a constructed point at the midline between UM-cusp and LM-cusp. Reference lines: Ba-N = reference line to scale all linear measurements; S-N = anterior cranial base, line from S through N; MxPl = maxillary plane, line from PNS through ANS; OccPl = occlusal plane, line from OccP through OccA; MdPl = mandibular plane, line from Go through Men</p>	Onyx Ceph software is an accurate and reliable method for lateral cephalometric cleft analysis; both traditional and digitized method proved to be highly accurate and reliable techniques for measuring hard and soft tissues in patients with clefts

N—nasion, S—sella, Po—porion, Or—orbitale, Ar—articulare, Go—gonion, Gn—gnathion, Me—menton, ANS—anterior nasal spine, PNS—posterior nasal spine, Point A—sub-spinal, Point B—supramental, SNA—angle between points S, N, and A, SNB—angle between points S, N, and B, ANB—angle between points A, N, and B, MMPA—angle between the maxillary plane (ANS to PNS) and the mandibular plane (Go to Me), S-N—linear distance from sella turcica (S) to nasion (N), S-N-Ar—angle between anterior cranial base (S-N) and articulare (Ar) represents cranial base flexure, SNA—anteroposterior position of the maxilla relative to the anterior cranial base, N I to A—linear measurement from nasion perpendicular line to A point, Co-A—linear distance from the condylion to A point represents the effective mid-facial length, SNB—anteroposterior position of the mandible relative to the anterior cranial base, N I to Pog—linear measurement from nasion perpendicular line to pogonion (Pog), Co-Gn—linear distance from the condylion to the gnathion represents the effective mandibular length, Go-Gn—linear distance from gonion and gnathion represents mandibular body length, SN-Go Gn—angle between sella turcica–nasion (SN) line and the mandibular plane (Go-Gn), FMFA—angle between Frankfort (orbital–porion) and mandibular planes, Ar-Go-Me—angle between the mandibular plane (Go-Me) and ramal plane (Go-Ar), ANB—difference between SNA and SNB angles, ANS-Me—linear distance from the anterior nasal spine (ANS) to the menton (Me) represents the lower anterior facial height, S-Go/N Me—ratio between total posterior and anterior facial heights (sella–gonion and nasion–menton), U1-A point A—line is constructed through point A parallel to the nasion (perpendicular) and the distance measured to the facial surface of the upper incisor; it relates the upper incisor to the maxilla, LI-A Pog—distance from the facial surface of the lower incisor to the line drawn through point A and pogonion; it relates the lower incisor to the mandible, IMPA—angle between long axis of lower central incisor and the mandibular plane (tangent to lower border of mandible), U1-NA—angle between nasion–A point (NA) line and the long axis of upper incisor, U1-NA—linear measurement from the tip of upper central incisor to the NA line, L1-NB—angle between the nasion–B point (NB) line and the long axis of the lower incisor, L1-NB—the linear measurement from the tip of lower central incisor to NB line, UL to S line—linear measurement from most prominent point of upper lip to Steiner’s S line, LL to S line—linear measurement from most prominent point of the lower lip to Steiner’s S line.

3.4. Quality Assessment

Among the articles included in the review, one [49] was rated as high-quality, achieving a score of 5/6 points. Seven studies [41,42,44,45,47,51,52] were categorized as low-quality. Furthermore, nine studies [39,40,43,46,48,50,53–55] were identified as having a moderate risk of bias, scoring between 3 points (see Table 3).

Table 3. Quality assessment table.

	Group Size at Least 10 Subjects	Sample Size Calculation	Blind Study or Not	At Least 5 Landmarks Used	Triple Measurements	Experience of Researchers	Total Points	Risk of Bias
Chen et al. [39]	1	0	0	1	0	1	3	moderate
Baker et al. [42]	1	0	0	0	0	0	1	high
Mario et al. [43]	1	0	0	1	0	1	3	moderate
Turner et al. [45]	1	0	0	1	0	0	2	high
Kuyl et al. [40]	1	0	0	1	0	1	3	moderate
Wang et al. [54]	1	0	0	1	0	1	3	moderate
Kumar et al. [49]	1	1	1	1	0	1	5	low
Gupta et al. [55]	1	0	0	1	0	1	3	moderate
Dot et al. [53]	1	0	0	1	0	1	3	moderate
Mosleh et al. [46]	1	0	0	1	0	1	3	moderate
Chen et al. [41]	1	0	0	1	0	0	2	high
Bruntz et al. [51]	1	0	0	1	0	0	2	high
Zamrik et al. [52]	1	0	0	1	0	0	2	high
Singh et al. [44]	0	0	0	1	0	1	2	high
Tsorovas et al. [50]	1	0	0	1	0	1	3	moderate
Kılınc et al. [48]	1	0	0	1	0	1	3	moderate
Swennen et al. [47]	1	0	0	1	0	0	2	high

4. Discussion

This review looks at studies relevant to comparing human cephalometric assessments with assessments enhanced by artificial intelligence-enhanced software [23]. Although traditional methods of cephalometric assessment have prevailed for years, the advent of modern tools has made it possible to automatically refine such records based on computation or artificial intelligence [24]. Nevertheless, the number of articles on the subject is small or their availability remains limited, which makes it necessary to postulate that further similar studies should be carried out as widely as possible. AI-enhanced software is already reported in some papers from general dentistry, focusing on its role on dental feelings, occlusion, prosthodontics and general conservative dentistry [56–60]. Each orthodontic treatment focuses on achieving a good, balanced and functioning occlusion to improve patients bite, chewing and overall quality of life. It seems that AI and 3D-CBCT can improve orthodontics and lead to better and more accurate patient outcomes from orthodontic treatments.

Currently, a comprehensive evaluation of the facial skeleton in conjunction with soft tissue proportions, skeletal features, teeth, and occlusion holds paramount importance in contemporary orthodontic treatment and orthognathic surgery protocols. Numerous advancements in orthodontic and orthognathic studies have been reported, as noted by Prasad et al. [61] and Starch-Jensen et al. [1]. The main findings suggest that new technologies in cephalometric assessment are the future, but significant efforts are needed to fully optimize their performance.

In the past, the process of measuring angles and distances on X-ray film, as well as transferring reference points on tracing paper, was a time-consuming one [3]. The time

required to manually draw points and create lines on tracing paper, take measurements with a ruler and protractor, and finally record cephalometric measurements was approximately 30 min. The digitization of X-rays and the ability to trace reference points with a computer mouse on the monitor screen represented a significant advance. The capacity to magnify individual structures on the monitor screen while marking successive reference points, coupled with the ongoing enhancement of digital cephalograms, has markedly enhanced the precision of measurements. Concurrently, the time required for the analysis using computer programs, which automatically count the individual parameters of the cephalometric analyses and place the results in tables and graphs after the doctor has entered the points, has decreased to approximately one to two minutes. It is crucial to recognize the benefits of new technologies and software that can enhance the work of dentists, particularly orthodontists. Over the past decade, advancements in virtual reality techniques, computer-enhanced technologies, cone-beam computed tomography (CBCT), and many others have significantly improved overall dental treatment. Today, 3D cephalometric measurements, 3D virtual treatment planning for skeletal, facial, jaw/bone, and teeth measurements, along with detailed 3D studies of superficial, skeletal, and skin anatomy, appear to greatly enhance success rates and reduce the occurrence of troublesome complications or limitations in treatment algorithms [62–66]. Despite the advancements and improvements in new techniques, it is always important to consider the potential for human and computer errors. Therefore, after each evaluation, it is crucial to double-check the results and ensure that the proposed treatment or diagnostic algorithm is sufficient and adequate for each patient's case.

Some computer programs employ artificial intelligence to perform tasks previously reserved for medical professionals, such as identifying and marking reference points [67]. Nevertheless, the creators of these programs consistently advise medical professionals to verify that the program has correctly identified the relevant points. This is due to the fact that some bone and skin structures that overlap in an X-ray image may be misinterpreted by the computer program. Furthermore, the difficulty of computer programs in reading visual material is a common feature used to detect malicious bots employing CAPTCHA techniques.

The most illustrative example of this type of difficulty in orthodontic practice is the determination of Downs' A-point [68]. In such instances, the bony structure may be erroneously identified as the shadow of the buccal fat pad. An erroneous determination of this point will result in a significant error in the diagnosis of the sagittal position of the maxilla in relation to the mandible, as evidenced by incorrect ANB and WITS parameters. It can be concluded that the reduction in time for the application of reference points achieved by the automatic procedure is a minor advantage, since at most two minutes of analysis time are saved. However, this does not guarantee the correctness of the diagnosis, especially in difficult cases. It is crucial to emphasize that orthodontic diagnosis is not solely dependent on the speed of the process.

In turn, other factors, such as patient positioning, maintaining a good NHP, and ensuring appropriate resting positions of the jaw, teeth, facial features, skull, and body posture during examination, are areas that still warrant attention [1,61]. The most critical aspect of evaluating facial photographs, CBCT scans, and 3D assessments lies in achieving a natural, physiologically balanced head position and patient silhouette. Many authors seem to align with this perspective [12,69]. Consequently, the utilization of craniometric studies in anatomical and radiological tracings can be more dependable. When the patient's head position is secured in the most reliable manner, further cephalometric analysis can be conducted [68]. In the past, such patient positioning for evaluations was pivotal in ensuring the most accurate and precise placement of craniometric and anthropometric points within the assessed data. In today's context, this scenario still holds significant importance. Even though automatic tracing software can identify precise anatomical landmarks, the accuracy of proportions, angles, and correlations between points may be compromised due to head positioning in the NHP (natural head position). Whether

utilizing manual or automatic/computer-enhanced tracing methods, as well as AI software, the NHP and patient posture during the examination are crucial factors. Both the experience and expertise of clinicians, as well as the proficiency and knowledge of younger clinicians, can greatly influence cephalometric tracings and their accuracy [13]. While manual tracings rely on the clinician's experience and knowledge to utilize craniometric reference points, automatic or AI-driven software evaluates images based on algorithms or other automated tools. It seems, however, that the issue of correct patient positioning remains outside the area that can be optimized with computer programs.

Regardless of the method used, the most crucial factor is to establish the most accurate, comprehensive, and sufficient analysis for each patient's case. The precise placement of anatomical cephalometric landmarks to enhance the linear, angular, and planar comparison of selected landmarks is pivotal for planning both orthodontic and orthognathic surgery procedures [20]. Numerous authors, such as Chen et al. [23], Kuyl et al. [40] and others, have studied the skill of placing anatomical and cephalometric points and concluded that a skilled specialist with more years of active clinical practice demonstrates greater proficiency in accurately placing the necessary reference points for conducting a precise cephalometric analysis [19]. Furthermore, it is important to note that clinicians, dentists, surgeons, and orthodontists who perform such analyses routinely possess more experience compared to those who perform them sporadically or infrequently.

With the advancements in 3D software and the computer-enhanced evaluation of radiographs, CBCT studies, and facial photographs, new techniques used in both orthodontics and orthognathic surgery are being widely embraced for their rapid and precise analysis. Similar studies conducted by Chen et al. [39], Baker et al. [42], Mario et al. [43], Turner et al. [45], Mosley et al. [46], and Tsorovas et al. [50], among others, tend to corroborate these findings. Today's software aims not only for precise and accurate measurements but also to mitigate any potential human errors or inaccuracies in craniometric evaluation [1,61]. From the author's perspective, this situation is quite evident, but when patients' head positioning in NHP during radiographs, facial photographs, and CBCT evaluation is misaligned, even with numerous new devices and software, the results may not be accurate. This situation holds particular importance in planning surgical interventions, such as in orthognathic surgery, where establishing the full scope of the soft and hard tissue contour and balance is imperative without any disruptions. When this criterion is not met, numerous disturbances in measurements are observed, irrespective of the computed-enhanced/AI or classic manual evaluation methods utilized in various studies. This aspect is considered one of the most crucial parts of each cephalometric evaluation and has been well-documented [19,20,70]. From the author's perspective, regardless of the anthropometric reference points and techniques used, some cases of severe skeletal malocclusion surpass the capabilities of standard planning methods, necessitating a combined manual-approach and 3D/AI-driven software.

The discussion regarding the comparison between manual classic cephalometric evaluation and those conducted by AI-computed assisted software is steadily gaining traction in the existing literature. Both methods possess their respective advantages and disadvantages, and it is particularly noteworthy that some very complex and challenging cases still require traditional manual hand-made evaluation, cephalometric measurements, and estimation. Presently, the rapidly expanding integration of AI and computed CBCT evaluation holds promise for the future of next-generation orthodontic and orthognathic surgery treatments. However, there is still much work to be carried out, primarily because further improvements are necessary [6]. The most significant clinical observation is that contemporary orthognathic surgery relies heavily on 3D-CBCT patient evaluation, complemented by facial, bite, and occlusal photographs, which are integrated and amalgamated to estimate, measure, and predict the most effective treatment plan for each patient case. Without the aid of new technologies, such as CBCT and AI-automatic software tracings, achieving this level of precision would not be feasible. However, it is important to note that a few exceptionally complex cases of severe skeletal malocclusion may still necessitate manual-based evaluations, particularly those associated with significant skeletal jawbone disproportions

and similar factors [71,72]. While the key conclusions drawn by the authors align partially with those of other relevant papers, it is crucial to acknowledge the variability in results across different studies, attributable to the diverse capabilities and resources of each tool and software program for cephalometric tracings.

The following limitations were encountered during the study: an insufficient number of papers comparing natural head position (NHP) and the usage of AI-driven software, leading to gaps in understanding; significant variability in the software and computer-enhanced programs utilized, along with their 3D/measurement capabilities, complicating comparisons and standardization; a limited number of studies on patients discussing and describing the preparation, positioning, and evaluation process before and during the study, which hinders reproducibility and generalizability; diverse cephalometric measurements utilized across various orthodontic protocols, making it challenging to establish consensus and comparability; limitations in the size, resolution, and accuracy of CBCT scans, traditional radiographs, scanners, and software utilized, affecting the quality and reliability of the data; and a plethora of radiographic software, programs, and companies involved in the dental market, contributing to heterogeneity and potential inconsistencies in methodologies and results. Significant heterogeneity among the included studies does not allow for performing a meta-analysis. However, further research should be conducted to enable proceeding with a meta-analysis.

5. Conclusions

The studies examined comparisons between specialists of varying experience levels, clinicians, software programs, and artificial intelligence (AI). In general, specialists with more experience demonstrated greater proficiency in cephalometric analysis. However, the accuracy of the analysis was influenced by specialization. The utilization of specialized software for cephalometric analysis demonstrated numerous advantages, including enhanced precision, reduced time requirements, and the minimization of human errors. Such errors may be caused by intra- and interobserver variations, or by operator fatigue. While some studies have indicated that software-based analysis is superior to traditional methods, others have not identified any significant differences. The efficacy of AI-based analysis was found to vary across studies. Some studies highlighted the advantages of AI-based analysis in terms of convenience, shorter analysis time, and high accuracy. However, other studies found no significant differences between AI-based analysis and traditional methods. It is, however, important to note that AI in orthodontics is still in a state of evolution and requires further refinement. There are still challenges that need to be addressed, including variations in software and methodologies, limitations in patient positioning protocols, and diverse cephalometric measurement standards across studies. This may indicate that optimization using new software and artificial intelligence is not feasible in all areas. Conversely, the benefits of automated referencing, such as reduced analysis time, are in fact minimal, as the advantage of automated referencing over human referencing is less than two minutes. While AI-driven enhancements offer potential for the future, manual evaluations remain necessary for complex cases. Further research is required to address these limitations and to optimize the incorporation of technology in orthodontic and orthognathic surgery practices.

Author Contributions: Conceptualization, P.S., J.M. and M.D.; methodology, P.S. and J.M.; software, P.S.; validation, P.S. and J.M.; formal analysis, P.S.; investigation, K.N., J.K. (Jan Kiryk), J.K. (Julia Kensity), N.S., K.W., S.K. and W.D.; resources, J.M., P.S. and J.K. (Jan Kiryk); data curation, J.M. and M.D.; writing—original draft preparation, P.S., K.N., J.K. (Jan Kiryk), J.K. (Julia Kensity), N.S., K.W., S.K. and W.D. writing—review and editing, M.D. and J.M.; visualization, J.K. (Jan Kiryk); supervision, P.S., M.D. and J.M.; project administration, J.M. and M.D.; funding acquisition, J.M. and M.D. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by a subsidy from Wroclaw Medical University, number SUBZ.B180.24.058.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Starch-Jensen, T.; Hernández-Alfaro, F.; Kesmez, Ö.; Gorgis, R.; Valls-Ontañón, A. Accuracy of Orthognathic Surgical Planning Using Three-Dimensional Virtual Techniques Compared with Conventional Two-Dimensional Techniques: A Systematic Review. *J. Oral Maxillofac. Res.* **2023**, *14*, 14101. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Alkhayer, A.; Piffkó, J.; Lippold, C.; Segatto, E. Accuracy of Virtual Planning in Orthognathic Surgery: A Systematic Review. *Head Face Med.* **2020**, *16*, 34. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Kumar, M.; Shanavas, M.; Sidappa, A.; Kiran, M. Cone Beam Computed Tomography—Know Its Secrets. *J. Int. Oral Health* **2015**, *7*, 64. [[PubMed](#)]
4. Chien, P.C.; Parks, E.T.; Eraso, F.; Hartsfield, J.K.; Roberts, W.E.; Ofner, S. Comparison of Reliability in Anatomical Landmark Identification Using Two-Dimensional Digital Cephalometrics and Three-Dimensional Cone Beam Computed Tomography in Vivo. *Dentomaxillofacial Radiol.* **2014**, *38*, 262–273. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Hariharan, A.; Diwakar, N.R.; Jayanthi, K.; Hema, H.M.; Deepukrishna, S.; Ghaste, S.R. The Reliability of Cephalometric Measurements in Oral and Maxillofacial Imaging: Cone Beam Computed Tomography versus Two-Dimensional Digital Cephalograms. *Indian J. Dent. Res.* **2016**, *27*, 370–377. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Li, C.; Teixeira, H.; Tanna, N.; Zheng, Z.; Chen, S.H.Y.; Zou, M.; Chung, C.H. The Reliability of Two- and Three-Dimensional Cephalometric Measurements: A CBCT Study. *Diagnostics* **2021**, *11*, 2292. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Gkantidis, N.; Opacic, J.; Kanavakis, G.; Katsaros, C.; Halazonetis, D. Facial Asymmetry and Midsagittal Plane Definition in 3D: A Bias-Free, Automated Method. *PLoS ONE* **2023**, *18*, e0294528. [[CrossRef](#)]
8. Dobai, A.; Markella, Z.; Vízkelety, T.; Fouquet, C.; Rosta, A.; Barabás, J. Landmark-Based Midsagittal Plane Analysis in Patients with Facial Symmetry and Asymmetry Based on Cbct Analysis Tomography. *J. Orofac. Orthop.* **2018**, *79*, 371. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Damstra, J.; Fourie, Z.; De Wit, M.; Ren, Y. A Three-Dimensional Comparison of a Morphometric and Conventional Cephalometric Midsagittal Planes for Craniofacial Asymmetry. *Clin. Oral Investig.* **2012**, *16*, 285–294. [[CrossRef](#)]
10. Wang, Y.; Wu, W.; Christelle, M.; Sun, M.; Wen, Z.; Lin, Y.; Zhang, H.; Xu, J. Automated Localization of Mandibular Landmarks in the Construction of Mandibular Median Sagittal Plane. *Eur. J. Med. Res.* **2024**, *29*, 84. [[CrossRef](#)]
11. Lin, Y.H.; Yao, C.F.; Chen, Y.A.; Liao, Y.F.; Chen, Y.R. Three-Dimensional Positioning of the Maxilla Using Novel Intermediate Splints in Maxilla-First Orthognathic Surgery for Correction of Skeletal Class III Deformity. *Clin. Oral Investig.* **2024**, *28*, 141. [[CrossRef](#)]
12. Lin, L.O.; Kalmar, C.L.; Vu, G.H.; Zimmerman, C.E.; Humphries, L.S.; Swanson, J.W.; Bartlett, S.P.; Taylor, J.A. Value-Based Analysis of Virtual Versus Traditional Surgical Planning for Orthognathic Surgery. *J. Craniofacial Surg.* **2020**, *31*, 1238–1242. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Antonini, F.; Borba, A.M.; Pagnoncelli, R.M.; Han, M.; Markiewicz, M.R.; Miloro, M. Does a Learning Curve Exist for Accuracy in Three-Dimensional Planning for Maxillary Positioning in Bimaxillary Orthognathic Surgery? *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* **2020**, *49*, 787–793. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Frongia, G.; Piancino, M.G.; Bracco, A.A.; Crincoli, V.; Debernardi, C.L.; Bracco, P. Assessment of the Reliability and Repeatability of Landmarks Using 3-D Cephalometric Software. *Cranio*® **2012**, *30*, 255–263. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Sam, A.; Currie, K.; Oh, H.; Flores-Mir, C.; Lagravère-Vich, M. Reliability of Different Three-Dimensional Cephalometric Landmarks in Cone-Beam Computed Tomography: A Systematic Review. *Angle Orthod.* **2019**, *89*, 317–332. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Alam, M.K.; Alftaikhah, S.A.A.; Issrani, R.; Ronsivalle, V.; Lo Giudice, A.; Ciccù, M.; Minervini, G. Applications of Artificial Intelligence in the Utilisation of Imaging Modalities in Dentistry: A Systematic Review and Meta-Analysis of in-Vitro Studies. *Heliyon* **2024**, *10*, e24221. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Miryala, A.G.; Miryala, G.; Khan, Y.; Ramalingam, N.T.; Sevugaperumal, B.; Soman, M.; Padmanabhan, A. Revolutionizing Dental Imaging: A Comprehensive Study on the Integration of Artificial Intelligence in Dental and Maxillofacial Radiology. *Cureus* **2023**, *15*, e50292. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Tabatabaian, F.; Vora, S.R.; Mirabbasi, S. Applications, Functions, and Accuracy of Artificial Intelligence in Restorative Dentistry: A Literature Review. *J. Esthet. Restor. Dent.* **2023**, *35*, 842–859. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. Akhare, P.J.; Dagab, A.M.; Alle, R.S.; Shenoyd, U.; Garla, V. Comparison of Landmark Identification and Linear and Angular Measurements in Conventional and Digital Cephalometry. *Int. J. Comput. Dent.* **2013**, *16*, 241–254.
20. Giannopoulou, M.A.; Kondylidou-Sidira, A.C.; Papadopoulos, M.A.; Athanasiou, A.E. Are Orthodontic Landmarks and Variables in Digital Cephalometric Radiography Taken in Fixed and Natural Head Positions Reliable? *Int. Orthod.* **2020**, *18*, 54–68. [[CrossRef](#)]

21. Wilkat, M.; Liu, S.; Schwerter, M.; Schrader, F.; Saigo, L.; Karnatz, N.; Kübler, N.R.; Rana, M. A New Approach to Virtual Occlusion in Orthognathic Surgery Planning Using Mixed Reality—A Technical Note and Review of the Literature. *J. Pers. Med.* **2023**, *13*, 1709. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Zammit, D.; Ettinger, R.E.; Sanati-Mehrziy, P.; Susarla, S.M. Current Trends in Orthognathic Surgery. *Medicina* **2023**, *59*, 2100. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Chen, Z.; Mo, S.; Fan, X.; You, Y.; Ye, G.; Zhou, N. A Meta-Analysis and Systematic Review Comparing the Effectiveness of Traditional and Virtual Surgical Planning for Orthognathic Surgery: Based on Randomized Clinical Trials. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **2021**, *79*, 471.e1–471.e19. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Bansal, N.; Singla, J.; Gera, G.; Gupta, M.; Kaur, G. Reliability of Natural Head Position in Orthodontic Diagnosis: A Cephalometric Study. *Contemp. Clin. Dent.* **2012**, *3*, 180–183. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. De Oliveira Lisboa, C.; Masterson, D.; da Motta, A.F.J.; Motta, A.T. Reliability and Reproducibility of Three-Dimensional Cephalometric Landmarks Using CBCT: A Systematic Review. *J. Appl. Oral Sci.* **2015**, *23*, 112–119. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Huang, X.; Lin, J.; Demner-Fushman, D. Evaluation of PICO as a Knowledge Representation for Clinical Questions. *AMIA Annu. Symp. Proc.* **2006**, *2006*, 359. [[PubMed](#)]
27. Page, M.J.; McKenzie, J.E.; Bossuyt, P.M.; Boutron, I.; Hoffmann, T.C.; Mulrow, C.D.; Shamseer, L.; Tetzlaff, J.M.; Akl, E.A.; Brennan, S.E.; et al. The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *BMJ* **2021**, *372*, 71. [[CrossRef](#)]
28. Homa, K.; Zakrzewski, W.; Dobrzyński, W.; Piszko, P.J.; Piszko, A.; Matys, J.; Wiglusz, R.J.; Dobrzyński, M. Surface Functionalization of Titanium-Based Implants with a Nanohydroxyapatite Layer and Its Impact on Osteoblasts: A Systematic Review. *J. Funct. Biomater.* **2024**, *15*, 45. [[CrossRef](#)]
29. Piszko, P.J.; Piszko, A.; Kiryk, J.; Lubojański, A.; Dobrzyński, W.; Wiglusz, R.J.; Matys, J.; Dobrzyński, M. The Influence of Fluoride Gels on the Physicochemical Properties of Tooth Tissues and Dental Materials—A Systematic Review. *Gels* **2024**, *10*, 98. [[CrossRef](#)]
30. Murias, I.; Grzech-Leśniak, K.; Murias, A.; Walicka-Cupryś, K.; Dominiak, M.; Deeb, J.G.; Matys, J. Efficacy of Various Laser Wavelengths in the Surgical Treatment of Ankyloglossia: A Systematic Review. *Life* **2022**, *12*, 558. [[CrossRef](#)]
31. Kowalski, J.; Rygas, J.; Homa, K.; Dobrzyński, W.; Wiglusz, R.J.; Matys, J.; Dobrzyński, M. Antibacterial Activity of Endodontic Gutta-Percha—A Systematic Review. *Appl. Sci.* **2023**, *14*, 388. [[CrossRef](#)]
32. Struzik, N.; Wiśniewska, K.; Piszko, P.J.; Piszko, A.; Kiryk, J.; Matys, J.; Dobrzyński, M. SEM Studies Assessing the Efficacy of Laser Treatment for Primary Teeth: A Systematic Review. *Appl. Sci.* **2024**, *14*, 1107. [[CrossRef](#)]
33. Matys, J.; Kensity, J.; Gedrange, T.; Zawisłak, I.; Grzech-Leśniak, K.; Dobrzyński, M. A Molecular Approach for Detecting Bacteria and Fungi in Healthcare Environment Aerosols: A Systematic Review. *Int. J. Mol. Sci.* **2024**, *25*, 4154. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Kensity, J.; Dobrzyński, M.; Wiench, R.; Grzech-Leśniak, K.; Matys, J. Fibroblasts Adhesion to Laser-Modified Titanium Surfaces—A Systematic Review. *Materials* **2021**, *14*, 7305. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Rajewska, J.; Kowalski, J.; Matys, J.; Dobrzyński, M.; Wiglusz, R.J. The Use of Lactide Polymers in Bone Tissue Regeneration in Dentistry—A Systematic Review. *J. Funct. Biomater.* **2023**, *14*, 83. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Rygas, J.; Matys, J.; Wawrzyńska, M.; Szymonowicz, M.; Dobrzyński, M. The Use of Graphene Oxide in Orthodontics—A Systematic Review. *J. Funct. Biomater.* **2023**, *14*, 500. [[CrossRef](#)]
37. Wiench, R.; Skaba, D.; Matys, J.; Grzech-Leśniak, K. Efficacy of Toluidine Blue—Mediated Antimicrobial Photodynamic Therapy on *Candida* Spp. A Systematic Review. *Antibiotics* **2021**, *10*, 349. [[CrossRef](#)]
38. Woźniak, A.; Matys, J.; Grzech-Leśniak, K. Effectiveness of Lasers and APDT in Elimination of Intraoral Halitosis: A Systematic Review Based on Clinical Trials. *Lasers Med. Sci.* **2022**, *37*, 3403–3411. [[CrossRef](#)]
39. Chen, S.-K.; Chen, Y.-J.; Yao, C.-C.J.; Chang, H.-F. Enhanced Speed and Precision of Measurement in a Computer-Assisted Digital Cephalometric Analysis System. *Angle Orthod.* **2004**, *74*, 501–507.
40. Kuyil, M.H.; Verbeeck, R.M.H.; Dermaut, L.R. The Integumental Profile: A Reflection of the Underlying Skeletal Configuration? *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **1994**, *106*, 597–604. [[CrossRef](#)]
41. Chen, Y.-J.; Chen, S.-K.; Yao, C.-C.J.; Chang, H.-F. The Effects of Differences in Landmark Identification on the Cephalometric Measurements in Traditional Versus Digitized Cephalometry. *Angle Orthod.* **2004**, *74*, 155–161. [[PubMed](#)]
42. Baker, S.B.; Goldstein, J.A.; Seruya, M. Outcomes in Computer-Assisted Surgical Simulation for Orthognathic Surgery. *J. Craniofacial Surg.* **2012**, *23*, 509–513. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Mario, M.C.; Abe, J.M.; Ortega, N.R.S.; Del Santo, M. Paraconsistent Artificial Neural Network as Auxiliary in Cephalometric Diagnosis. *Artif. Organs* **2010**, *34*, E215–E221. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Singh, P.; Davies, T.I. A Comparison of Cephalometric Measurements: A Picture Archiving and Communication System versus the Hand-Tracing Method—a Preliminary Study. *Eur. J. Orthod.* **2011**, *33*, 350–353. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Turner, P.J.; Weerakone, S. An Evaluation of the Reproducibility of Landmark Identification Using Scanned Cephalometric Images. *J. Orthod.* **2001**, *28*, 221–230. [[CrossRef](#)]
46. Mosleh, M.A.A.; Baba, M.S.; Malek, S.; Almaktari, R.A. Ceph-X: Development and Evaluation of 2D Cephalometric System. *BMC Bioinform.* **2016**, *17*, 193–201. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Swennen, G.R.J.; Grimaldi, H.; Berten, J.-L.; Kramer, F.-J.; Dempf, R.; Schwestka-Polly, R.; Hausamen, J.-E. Reliability and Validity of a Modified Lateral Cephalometric Analysis for Evaluation of Craniofacial Morphology and Growth in Patients with Clefts. *J. Craniofacial Surg.* **2004**, *15*, 399–412. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

48. Kılınç, D.D.; Kırçelli, B.H.; Sadry, S.; Karaman, A. Evaluation and Comparison of Smartphone Application Tracing, Web Based Artificial Intelligence Tracing and Conventional Hand Tracing Methods. *J. Stomatol. Oral Maxillofac. Surg.* **2022**, *123*, e906–e915. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
49. Kumar, M.; Kumari, S.; Chandna, A.; Konark; Singh, A.; Kumar, H.; Punita. Comparative Evaluation of CephNinja for Android and NemoCeph for Computer for Cephalometric Analysis: A Study to Evaluate the Diagnostic Performance of CephNinja for Cephalometric Analysis. *J. Int. Soc. Prev. Community Dent.* **2020**, *10*, 286–291. [[CrossRef](#)]
50. Tsorovas, G.; Linder-Aronson Karsten, A. A Comparison of Hand-Tracing and Cephalometric Analysis Computer Programs with and without Advanced Features—Accuracy and Time Demands. *Eur. J. Orthod.* **2010**, *32*, 721–728. [[CrossRef](#)]
51. Bruntz, L.Q.; Palomo, J.M.; Baden, S.; Hans, M.G. A Comparison of Scanned Lateral Cephalograms with Corresponding Original Radiographs. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2006**, *130*, 340–348. [[CrossRef](#)]
52. Zamrik, O.M.; Iseri, H. The Reliability and Reproducibility of an Android Cephalometric Smartphone Application in Comparison with the Conventional Method. *Angle Orthod.* **2021**, *91*, 236–242. [[CrossRef](#)]
53. Dot, G.; Schouman, T.; Chang, S.; Rafflenbeul, F.; Kerbrat, A.; Rouch, P.; Gajny, L. Automatic Three-Dimensional Cephalometric Landmarking via Deep Learning. *J. Dent. Res.* **2022**, *101*, 1380–1387. [[CrossRef](#)]
54. Wang, C.W.; Huang, C.T.; Hsieh, M.C.; Li, C.H.; Chang, S.W.; Li, W.C.; Vandaele, R.; Marée, R.; Jodogne, S.; Geurts, P.; et al. Evaluation and Comparison of Anatomical Landmark Detection Methods for Cephalometric X-ray Images: A Grand Challenge. *IEEE Trans. Med. Imaging* **2015**, *34*, 1890–1900. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
55. Gupta, A.; Kharbanda, O.P.; Sardana, V.; Balachandran, R.; Sardana, H.K. Accuracy of 3D Cephalometric Measurements Based on an Automatic Knowledge-Based Landmark Detection Algorithm. *Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.* **2016**, *11*, 1297–1309. [[CrossRef](#)]
56. Mörch, C.M.; Atsu, S.; Cai, W.; Li, X.; Madathil, S.A.; Liu, X.; Mai, V.; Tamimi, F.; Dilhac, M.A.; Ducret, M. Artificial Intelligence and Ethics in Dentistry: A Scoping Review. *J. Dent. Res.* **2021**, *100*, 1452–1460. [[CrossRef](#)]
57. Revilla-León, M.; Gómez-Polo, M.; Vyas, S.; Barmak, A.B.; Özcan, M.; Att, W.; Krishnamurthy, V.R. Artificial Intelligence Applications in Restorative Dentistry: A Systematic Review. *J. Prosthet. Dent.* **2022**, *128*, 867–875. [[CrossRef](#)]
58. Shetty, S.; Gali, S.; Augustine, D.; Sowmya, S.V. Artificial Intelligence Systems in Dental Shade-Matching: A Systematic Review. *J. Prosthodont.* **2023**, 1–14. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
59. Revilla-León, M.; Gómez-Polo, M.; Vyas, S.; Barmak, A.B.; Gallucci, G.O.; Att, W.; Özcan, M.; Krishnamurthy, V.R. Artificial Intelligence Models for Tooth-Supported Fixed and Removable Prosthodontics: A Systematic Review. *J. Prosthet. Dent.* **2023**, *129*, 276–292. [[CrossRef](#)]
60. Ahmed, N.; Abbasi, M.S.; Zuberi, F.; Qamar, W.; Halim, M.S.B.; Maqsood, A.; Alam, M.K. Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry—A Systematic Review. *Biomed. Res. Int.* **2021**, *2021*, 9751564. [[CrossRef](#)]
61. Prasad, S.; Arunachalam, S.; Boillat, T.; Ghoneima, A.; Gandedkar, N.; Diar-Bakirly, S. Wearable Orofacial Technology and Orthodontics. *Dent. J.* **2023**, *11*, 24. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
62. Perrotti, G.; Baccaglione, G.; Clauser, T.; Testarelli, L.; Fabbro, M.D.; Testori, T. Total Face Approach (TFA): A Novel 3D Approach to Describe the Main Cephalometric Craniomaxillofacial Parameters. *Methods Protoc.* **2021**, *4*, 15. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
63. Gateno, J.; Xia, J.J.; Teichgraeber, J.F. New 3-Dimensional Cephalometric Analysis for Orthognathic Surgery. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **2011**, *69*, 606–622. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
64. Thawri, S.R.; Paul, P.; Reche, A.; Rathi, H.P. 3D Technology Used for Precision in Orthodontics. *Cureus* **2023**, *15*, e47170. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
65. Castillo, J.C.; Gianneschi, G.; Azer, D.; Manosudprasit, A.; Hagh, A.; Bansal, N.; Allareddy, V.; Masoud, M.I. The Relationship between 3D Dentofacial Photogrammetry Measurements and Traditional Cephalometric Measurements. *Angle Orthod.* **2019**, *89*, 275–283. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
66. Serafin, M.; Baldini, B.; Cabitza, F.; Carrafiello, G.; Baselli, G.; Del Fabbro, M.; Sforza, C.; Caprioglio, A.; Tartaglia, G.M. Accuracy of Automated 3D Cephalometric Landmarks by Deep Learning Algorithms: Systematic Review and Meta-Analysis. *Radiol. Medica* **2023**, *128*, 544–555. [[CrossRef](#)]
67. Winkler-Schwartz, A.; Bissonnette, V.; Mirchi, N.; Ponnudurai, N.; Yilmaz, R.; Ledwos, N.; Siyar, S.; Azarnoush, H.; Karlik, B.; Del Maestro, R.F. Artificial Intelligence in Medical Education: Best Practices Using Machine Learning to Assess Surgical Expertise in Virtual Reality Simulation. *J. Surg. Educ.* **2019**, *76*, 1681–1690. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
68. Malkoc, S.; Sari, Z.; Usumez, S.; Koyuturk, A.E. The Effect of Head Rotation on Cephalometric Radiographs. *Eur. J. Orthod.* **2005**, *27*, 315–321. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
69. Alkaabi, S.; Maningky, M.; Helder, M.N.; Alsabri, G. Virtual and Traditional Surgical Planning in Orthognathic Surgery—Systematic Review and Meta-Analysis. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* **2022**, *60*, 1184–1191. [[CrossRef](#)]
70. Weingart, J.V.; Schlager, S.; Metzger, M.C.; Brandenburg, L.S.; Hein, A.; Schmelzeisen, R.; Bamberg, F.; Kim, S.; Kellner, E.; Reisert, M.; et al. Automated Detection of Cephalometric Landmarks Using Deep Neural Patchworks. *Dentomaxillofacial Radiol.* **2023**, *52*, 7280319. [[CrossRef](#)]

71. Pittayapat, P.; Bornstein, M.M.; Imada, T.S.N.; Coucke, W.; Lambrechts, I.; Jacobs, R. Accuracy of Linear Measurements Using Three Imaging Modalities: Two Lateral Cephalograms and One 3D Model from CBCT Data. *Eur. J. Orthod.* **2015**, *37*, 202–208. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
72. Pittayapat, P.; Limchaichana-Bolstad, N.; Willems, G.; Jacobs, R. Three-Dimensional Cephalometric Analysis in Orthodontics: A Systematic Review. *Orthod. Craniofacial Res.* **2014**, *17*, 69–91. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Piotr Smółka¹
 Adam Malawski-Róg²
 Natalia Struzik³
 Patryk Woś⁴
 Sylwia Kiryk⁵
 Jan Kiryk⁶
 Maciej Dobrzyński⁷

Stomatologia Współczesna:
 vol. 31, nr 5 2024, 8-28

Słowa kluczowe:

analiza cefalometryczna, punkty referencyjne, powtarzalność pomiarów, odtwarzalność pomiarów, zdjęcie boczne głowy

Key words:

cephalometric analysis, reference points, measurement repeatability, measurement reproducibility, lateral head radiograph

¹ lek. dent. Piotr Smółka

praktyka prywatna, Wrocław

² dr n. med. Adam Malawski-Róg

praktyka prywatna, Łańcut

³ lek. dent. Natalia Struzik

Centrum Badań Przedklinicznych
 Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich
 we Wrocławiu

⁴ lek. dent. Patryk Woś

praktyka prywatna, Wrocław

⁵ lek. dent. Sylwia Kiryk

Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej
 i Stomatologii Przedklinicznej
 Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich
 we Wrocławiu

⁶ dr n. med. Jan Kiryk

ORCID: 0000-0002-5442-1412

Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej
 Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich
 we Wrocławiu

⁷ dr hab. n. med. Maciej Dobrzyński prof. Uczelni
 ORCID 0000-0003-2368-1534

Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej
 i Stomatologii Przedklinicznej
 Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich
 we Wrocławiu

Źródło finansowania: ze środków własnych.



Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej
 i Stomatologii Przedklinicznej
 Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich
 we Wrocławiu
 ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław
 e-mail: maciej.dobrzyński@umw.edu.pl

Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych

Studies of repeatability and reproducibility of landmark determination on lateral teleradiographic photos in selected cephalometric analyses

Abstract

Introduction. Cephalometric analysis is a crucial diagnostic tool in orthodontics, and the accuracy of landmark identification is vital for proper treatment planning. Discrepancies in identifying cephalometric points can lead to different analysis outcomes and varying therapeutic decisions.

The aim of this study was to investigate the repeatability and reproducibility of identifying cephalometric points on lateral skull radiographs using elements of McNamara, Segner-Hasund, WITS and TAU angle analyses.

Methods. The study was conducted using 9 lateral head radiographs that were randomly selected from an orthodontic practice database. 33 orthodontists were asked to mark points from the selected cephalometric analyses on each radiograph. Measurements were taken three times at equal intervals using the "Orthodontics" software.

Results. The lowest agreement in vertical location (distance from the OX line) was observed for points Po1, Or, and A, while the highest agreement was noted for points Iss, N, and Sp. The lowest agreement in horizontal location (distance from the OY line) was observed for points TM, Or, and Po1. Points OrX, OrY, TMX, TMY, Po1X, and Po1Y were associated with the greatest standard measurement error. The narrowest confidence interval was observed for WITS and ANB angle measurements, while the widest was observed for the jaw depth angle.

Conclusions. The Po-Or line, which defines the Frankfurt plane on a cephalometric radiograph, has the lowest precision compared to the other lines considered in the study. On the other hand, the incisal edges of the upper and lower incisors, the deepest point of the alveolar part of the mandible, and the nasofrontal suture (point N) exhibit the highest accuracy of measurement. The determination of the *Porion* point did not meet the criteria for reproducibility and repeatability in the vertical dimension. The anteroposterior positioning of the maxilla and mandible relative to the occlusal plane (WITS) showed the highest precision,

while the lowest accuracy was observed in the positioning of the line tangent to the anterior surface of the maxilla perpendicular to the Frankfurt plane. Consistent and reproducible identification of cephalometric reference points is key to effective orthodontic diagnostics. Therefore, it is advisable to select analyses that use reference points that are easy to unambiguously identify.

Wprowadzenie. Analiza cefalometryczna jest istotnym narzędziem diagnostycznym w ortodoncji, a dokładność wyznaczania punktów pomiarowych ma kluczowe znaczenie dla właściwego planowania leczenia. Rozbieżności w wyznaczaniu punktów cefalometrycznych mogą prowadzić do odmiennych wyników analiz i różnych decyzji terapeutycznych.

Celem pracy było zbadanie powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów cefalometrycznych na zdjęciach bocznych czaszki z wykorzystaniem elementów analiz według McNamary, Segnera-Hasunda, WITS oraz kąta TAU.

Metody. Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem 9 zdjęć bocznych głowy, które zostały losowo wybrane z bazy danych specjalistycznej praktyki ortodontycznej. 33 lekarzy ortodontów poproszono o zaznaczenie na każdym ze zdjęć punktów wybranych analiz cefalometrycznych. Pomiary wykonywano trzykrotnie w równych odstępach czasu przy użyciu programu „Ortodoncja”.

Wyniki. Najniższą zgodność lokalizacji w pionie (odległości od linii OX) zaobserwowano w przypadku punktów *Pol*, *Or* i *A*, a najwyższą w przypadku punktów *Iss*, *N* i *Sp*. Najniższą zgodność lokalizacji poziomej (odległości od linii OY) zaobserwowano w przypadku punktów *TM*, *Or* i *Pol*. Punkty *Or_x*, *Or_y*, *TM_x*, *TM_y*, *Pol_x*, *Pol_y*, obarczone były największym standardowym

błędem pomiarowym. Największy przedział zgodności zaobserwowano w przypadku pomiarów parametru WITS i kąta ANB, najszerzy w przypadku kąta głębokości szczęki. **Wnioski.** Linia Po-Or, wyznaczająca płaszczyznę frankfurcką na zdjęciu cefalometrycznym, cechuje się najniższą precyzją w porównaniu do pozostałych linii uwzględnionych w badaniu. Natomiast brzegi sieczne siekaczy górnych i dolnych, największe zagłębienie części żębobodowej żuchwy oraz szew nosowo-czołowy (punkt N) odznaczają się najwyższą dokładnością oznaczania. Wyznaczanie punktu *Porion* nie spełniało kryteriów powtarzalności i odtwarzalności w wymiarze wertykalnym. Przednio-tylne usytuowanie szczęki i żuchwy względem płaszczyzny okluzji (WITS) wykazywało najwyższą precyzję, podczas gdy najmniejsza dokładność dotyczyła usytuowania stycznej do przedniej powierzchni szczęki prostopadłej względem płaszczyzny frankfurckiej. Kluczem do skutecznej diagnostyki ortodontycznej jest powtarzalne i odtwarzalne oznaczenie referencyjnych punktów cefalometrycznych. Zasadnym jest więc taki dobór analiz, w których używa się punkty referencyjne łatwe do jednoznacznego wyznaczenia.

1. Wstęp

Analiza cefalometryczna według McNamary została stworzona w 1983 roku w odpowiedzi na nowe możliwości leczenia ortodontycznego z wykorzystaniem chirurgii ortognatycznej. Równocześnie rozwijała się ortodoncja czynnościowa, która umożliwiała nie tylko przemieszczanie zębów w danej podstawie kostnej, ale także zmianę wzajemnych relacji podstawy czaszki, szczęk i zębów (McNamara 1984; Ravikumar i wsp. 2019). Analiza ta powstała na bazie analiz cefalometrycznych według Rickettsa i Harvolda, ale pozwalała

na bardziej szczegółowe określenie relacji szczęk dzięki wykorzystaniu linii „nasion perpendicular”. Jest to linia pionowa przechodząca przez punkt *Nasion*, prostopadła do płaszczyzny frankfurckiej, która służy jako punkt odniesienia do oceny przednio-tylnych dysproporcji w położeniu szczęk (Storniolo-Souza i wsp. 2021).

W publikacjach naukowych częściej wykorzystuje się analizę według Segnera-Hasunda (Bock i wsp. 2007). Uwzględnia ona większą liczbę punktów pomiarowych, przez co jest bardziej szczegółowa (Lisowska 2008). Nie koncentruje się wyłącznie na wymiarze przednio-tylnym, przez co jest lepszym narzędziem do oceny zarówno wad pionowych, jak i poziomych. W przeciwieństwie do analizy według McNamary, nie opiera się na danych średnich wartości populacyjnych. Jest analizą bazującą na indywidualnych zmiennych charakterystycznych dla typu twarzy danego pacjenta (Sommer i wsp. 2009).

Każda z tych analiz cefalometrycznych wykorzystuje inne punkty pomiarowe. Poziom trudności w oznaczaniu poszczególnych punktów jest różny. Fakt ten może mieć istotny wpływ na dokładność wykonanej analizy u danego pacjenta, co przekłada się na dalsze decyzje w planowaniu leczenia. Przykładem jest płaszczyzna frankfurcka wyznaczona przez punkty *Porion* i *Orbitale*, którą wykorzystuje w swojej analizie McNamara (Shetty i wsp. 2023).

Antropolodzy w XIX wieku wyznaczyli płaszczyznę frankfurcką na wypreparowanych ludzkich czaszkach. Okazało się, że wyznaczenie tej samej płaszczyzny na zdjęciach RTG jest bardziej problematyczne, ponieważ otwory słuchowe nie są ustawione równoległe do promieni rentgenowskich. Górne ograniczenie otworu słuchowego jest niewyraźne z powodu nakładania się na tę strukturę kości skroniowej na cefalogramie (Parihar i wsp. 2022; Romano i wsp. 2015). Zdarza się niejednokrotnie, że klinicyści, wyznaczając punkt *Porion* zaznaczają na zdjęciu cefalo-

metrycznym cień oliwki cefalostatu lub owalne przejaśnienie odpowiadające otworowi słuchowemu, co może stwarzać rozbieżności w poprawnym usytuowaniu tego punktu.

Pozioma płaszczyzna frankfurcka (FH) jest często używana jako pozioma płaszczyzna odniesienia do analizy antropometrycznej i cefalometrycznej od czasu jej wprowadzenia w 1884 roku (Naini 2013). Jej położenie określają dwa sparowane punkty anatomiczne: *Porion* (Po) i *Orbitale* (Or). *Porion* znajduje się w najwyższym zewnętrznym ograniczeniu kostnym otworu słuchowego, podczas gdy *Orbitale* leży na dolnym brzegu oczodołu w punkcie przecięcia pionowej linii, która przebiega przez środek źrenicy w patrzeniu w dal. *Porion* jest trudny do zlokalizowania na obrazie cefalometrycznym ze względu na nakładanie się prawej i lewej kości skroniowej, dlatego niektórzy klinicyści decydują się na użycie tak zwanego *porionu maszynowego*, który znajduje się 4,5 mm powyżej środka oliwek usznych, które są częścią cefalostatu. Romano i wsp. w 2015 roku (Romano i wsp. 2015) zidentyfikowali pewien stopień zmienności w lokalizacji FH ze względu na dwa możliwe punkty *Porion* (*porion anatomiczny* lub *porion maszynowy*), co prowadzi do zmian w niektórych pomiarach cefalometrycznych, a w rezultacie do różnych diagnoz klinicznych i rozbieżnych decyzji dotyczących leczenia (Proffit i wsp. 2009). Analizy cefalometryczne, takie jak McNamary (Coben 1955), Rickettsa (Ricketts 1981), Tweeda (Graber i wsp. 2016), zalecały stosowanie *porionu anatomicznego* zamiast *porionu maszynowego* w celu określenia płaszczyzny frankfurckiej. McNamara zauważył, że *porion maszynowy* może znajdować się około 1 centymetr od prawidłowej pozycji tej struktury anatomicznej. Przewód słuchowy wewnętrzny, o mniejszym rozmiarze, może znajdować się z tyłu i powyżej przewodu słuchowego zewnętrznego.

Inne analizy, takie jak Steinera (Proffit i wsp. 2009), Jarabaka (Ja-

rabak i wsp. 1972), Cobena (Coben 1955), wykorzystują alternatywną poziomą linię odniesienia, płaszczyznę *Sella turcica* (S)-*Nasion* (N), która jest średnio zorientowana pod kątem od 6 do 7 stopni w stosunku do płaszczyzny frankfurckiej, co zmniejsza dokładność pomiarów (Jarabak i wsp. 1972).

Rentgenodiagnostyka jest podstawową i często pierwszą z wyboru metodą diagnostyczną. Uzyskane dwuwymiarowe obrazy powstają na skutek przechodzenia wiązki promieniowania rentgenowskiego przez tkanki, które w większym bądź mniejszym stopniu zatrzymują to promieniowanie. Do odbiornika dociera więc pomniejszona dawka promieni rentgenowskich (Różyło-Kalinowska i wsp. 2015). Na dwuwymiarowych zdjęciach RTG mamy do czynienia z nakładaniem się prześwietlanych struktur, co może utrudniać analizę otrzymanych obrazów. Określenie konkretnych punktów podczas analizy cefalometrycznej wykorzystującej zdjęcie boczne czaszki jest więc często dość subiektywne.

Punktami cefalometrycznymi zaliczanymi do trudnych w oznaczeniu są punkt A i punkt B. Znajdują się one odpowiednio w największym zagłębieniu wyrostka zębodołowego szczęki (*Subspinale*, punkt A) oraz w największym zagłębieniu części zębodołowej żuchwy (*Supramentale*, punkt B). Ferrazzini (Ferrazzini 1976) stwierdził, że kąt ANB określany za pomocą powyższych punktów zależy nie tylko od relacji przednio-tylnej kości szczęki, którą w założeniu powinien mierzyć, ale też od nachylenia szczęki i prognatyzmu szczęki, jak również nieznacznie od wymiarów twarzy. Może to wpływać na rozbieżność pomiarów u osób o podobnej relacji przednio-tylnej.

Punkt *Orbitale* definiowany jako miejsce przecięcia linii przechodzącej przez źrenicę patrzącej w dal z dolnym brzegiem oczodołu (Karłowska 2009) również jest punktem trudnym do określenia. Inna definicja mówi o najbardziej dolnym

punkcie zewnętrznej granicy jamy oczodołowej (Bulatova i wsp. 2021). Na położenie tego punktu na zdjęciu cefalometrycznym wpływa ułożenie głowy pacjenta podczas wykonywania zdjęcia RTG. Podczas rotacji głowy dochodzi do przemieszczenia punktów skonstruowanych na przecięciu dwóch struktur, co zmienia wyniki pomiaru (Sobieska i wsp. 2019). Podobną sytuację można zaobserwować względem punktu Ar (*Articulare*), który znajduje się w połowie odległości między dwoma tylnymi granicami lewej i prawej gałęzi żuchwy na przecięciu z podstawną częścią kości potylicznej (Bulatova i wsp. 2021).

Trudności w oznaczaniu punktu *Gonion* wynikają z kolei z odmiennego sposobu wyznaczania tego punktu w różnych analizach cefalometrycznych. Może on być wyznaczany bezpośrednio na zarysie żuchwy lub jako punkt konstrukcyjny na przecięciu linii stycznych do dolnego brzegu trzonu żuchwy i tylnego brzegu gałęzi żuchwy (Sobieska i wsp. 2019).

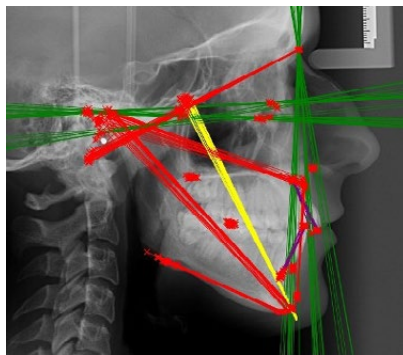
Punktem cefalometrycznym najczęściej określanym jako trudnym w oznaczeniu jest *Porion*. Jednak ze względu na nakładanie się struktur anatomicznych na zdjęciu teleradiograficznym w jego okolicy jednoznaczne wyznaczenie tego punktu przysparza wiele trudności (Parihar i wsp. 2022; Romano i wsp. 2015). Na utrudnioną lokalizację wpływają: gęstość kości skroniowej, zestawienie projekcji odpowiednich piramid kości skroniowej lewej i prawej oraz zastosowany kilowoltaż. W celu ułatwienia oznaczania wprowadzono pojęcie *porionu mechanicznego* lub *metalicznego* – znajduje się on 4,5 mm powyżej punktu wyznaczonego przez oliwkę dokanałowe ustawiane w cefalostacie (metal w oliwkach jest wyraźnie widoczny na zdjęciu). Przewód słuchowy przebiega po krzywej sigmoidalnej, przechodząc przyśrodkowo przez części chrzęstne i kostne, oraz ze względu na możliwość wystąpienia błędów pozycjonowania w obrębie cefalostatu, różnica między tymi

dwoma punktami – *porionem mechanicznym i anatomicznym* – może wynosić ponad 1 cm. Jest to bardzo znaczne przesunięcie odbijające się na efekcie końcowym analizy cefalometrycznej, a tym samym mogące skutkować opracowaniem błędnego planu leczenia (Parihar i wsp. 2022; Romano i wsp. 2015). Wiedza na temat anatomii przewodu słuchowego zewnętrznego jest bardzo istotna. Punkt *Porion* jest zawsze zlokalizowany dotylnie i do góry od punktu kłykciowego. Warto również zaznaczyć, że po porodzie kanał jest prosty i zmienia kształt na esowaty w wieku 9 lat (Adenwalla i wsp. 1988; Parihar i wsp. 2022; Romano i wsp. 2015; Shrinivas i wsp. 2023).

Analiza cefalometryczna, z racji swojej kluczowej roli w diagnostyce ortodontycznej, wymaga precyzyjnego umiejscawiania jej parametrów. Wyznaczane parametry powinna cechować łatwość oznaczania na cyfrowym bocznym zdjęciu głowy danego pacjenta przez różnych lekarzy (odtwarzalność). Ponadto lekarz ortodonta za każdym razem powinien jednoznacznie oznaczać dany parametr cefalometryczny, wykonując kolejne analizy tego samego telereöntgenogramu (powtarzalność) (ryc. 1). Autorzy podjęli próbę zweryfikowania tych zagadnień, wykorzystując powtarzalność i odtwarzalność wybranych pomiarów zawartych w analizach cefalometrycznych według McNamary oraz Hasunda-Segnera.

Powtarzalność odnosi się do zdolności jednego operatora do uzyskania podobnych wyników podczas wielokrotnego wykonywania tych samych pomiarów na tych samych zdjęciach w tych samych warunkach. Jednemu operatorowi zleca się kilkukrotne wyznaczenie tych samych punktów na różnych zdjęciach cefalometrycznych w krótkich odstępach czasu. Wyniki są następnie porównywane w celu oceny zmienności.

Odtwarzalność odnosi się do zdolności różnych operatorów do uzyskania podobnych wyników przy wykonywaniu tych samych pomiarów na tych sa-



Ryc. 1. Zobrazowanie zmienności położenia punktów cefalometrycznych. W przypadku idealnej powtarzalności i odtwarzalności linie łączące pary punktów referencyjnych powinny się na siebie precyzyjnie nakładać. Fig. 1. Displaying the variability of the cephalometric points. For ideal repeatability and reproducibility, the lines connecting pairs of reference points should precisely overlap.

mych zdjęciach, ale w różnych warunkach lub w różnych momentach czasu. Kilku operatorów wykonuje niezależnie wyznaczenie tych samych punktów na tych samych zdjęciach. Porównuje się uzyskane wyniki między operatorami, aby ocenić odtwarzalność.

2. Cel pracy

Wykorzystując elementy popularnych analiz według McNamary, Segnera-Hasunda, WITS a także kąt TAU, autorzy postanowili zbadać powtarzalność i odtwarzalność wyznaczania punktów cefalometrycznych na zdjęciach bocznych czaszki.

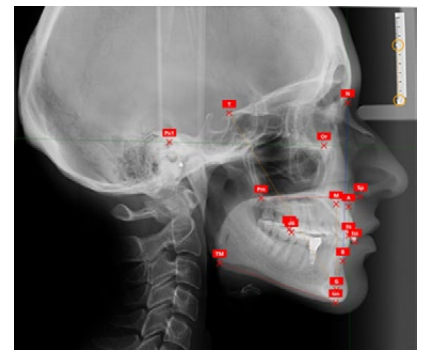
3. Materiał i metody

W pracy wykorzystano bazę zdjęć cyfrowych bocznych głowy pacjentów ze specjalistycznej ortodontycznej praktyki lekarza stomatologa Piotra Smółki we Wrocławiu. Wybrano losowo 9 zdjęć telereöntgenowskich. Wykonano bazę danych zawierającą ww. zanonimizowane i zaszyfrowane zdjęcia. Zdjęcia w przygotowanej bazie danych za pośrednictwem szyfrowanej poczty elektronicznej rozesłano do 33 wybranych ekspertów – użytkowników programu „Ortodoncja” v. 9. Wybranych lekarzy poproszono o zaznaczenie punktów referencyjnych na każdym z otrzymanych zdjęć. Każdy z eks-

pertów miał obowiązek przeanalizowania ww. zdjęć pacjentów trzy razy w równych odstępach czasu. Po przeanalizowaniu wszystkich zdjęć zgodnie z wytycznymi opisanymi w mailu, eksperci odesłali opracowane bazy danych z powrotem w celu przeprowadzenia niniejszego badania. Wszystkie bazy w liczbie 33 sztuk zostały prawidłowo wczytane do oprogramowania statystycznego „Statistica” celem wykonania odpowiednich analiz.

3.1. Powtarzalność i odtwarzalność położenia punktów

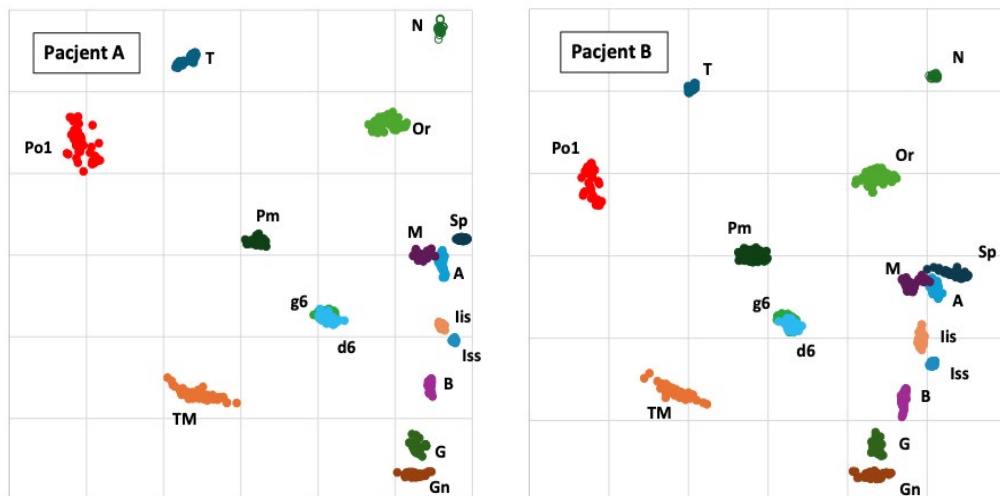
Na cyfrowych bocznych zdjęciach głowy 9 pacjentów wyznaczono 32 parametry, którymi były odległości punktów *N, Or, Sp, A, Iss, Iis, B, Gn, TM, PoI, Pm, g6, d6, T, M i G* od linii referencyjnej *X i Y*. Do wyznaczenia współrzędnych punktów i obliczenia wybranych kątów (ANB, TAU, ML-NL, Jaw Depth) oraz parametru WITS wykorzystano program „Ortodoncja” v. 9. Przykładowe zdjęcie z naniesionymi punktami ilustruje ryc. 2.



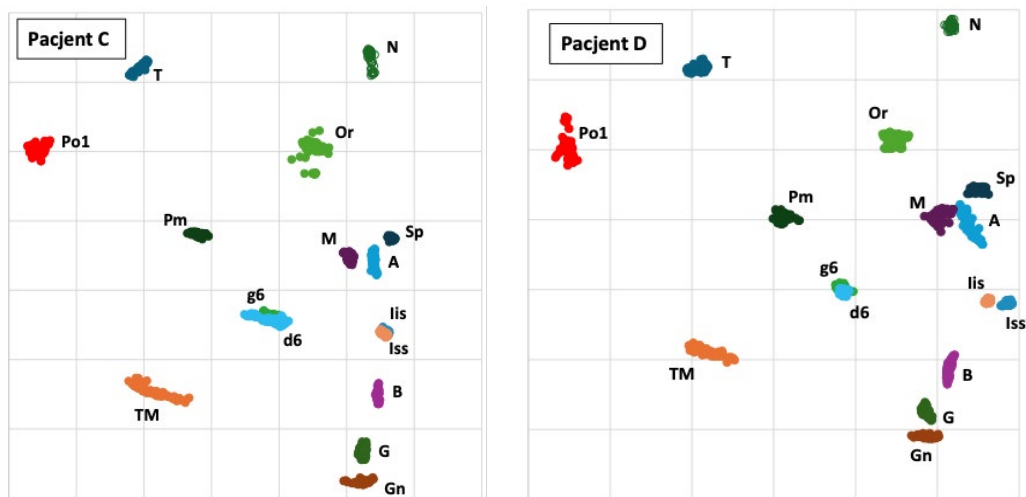
Ryc. 2. Punkty cefalometryczne naniesione na cyfrowe boczne zdjęcie głowy za pomocą programu „Ortodoncja”.

Fig. 2. Cephalometric points located on a digital lateral head radiograph using the „Ortodoncja” program.

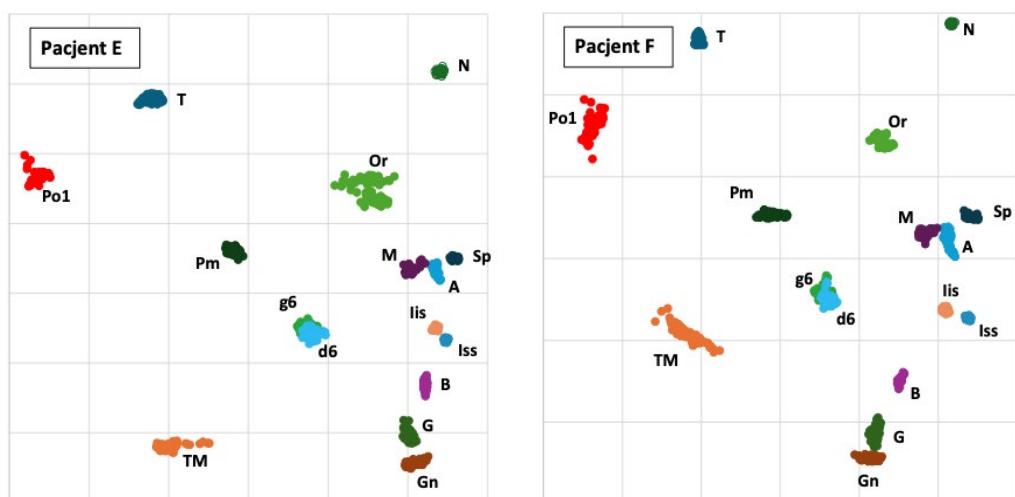
Pomiary zostały wykonane przez 33 lekarzy ekspertów. Każdy lekarz powtórzył pomiary trzykrotnie. W konsekwencji analizie poddano $32 \times 9 \times 33 \times 3 = 28\,512$ wyników. Każdy z 16 analizowanych punktów cefalometrycznych na zdjęciu każdego z 9 pacjentów wprowadzony był 99 razy (33 lekarzy \times 3 powtórzenia). Rozrzut lokalizacji w postaci chmury punktów zilustrowano na ryc. 3-7.



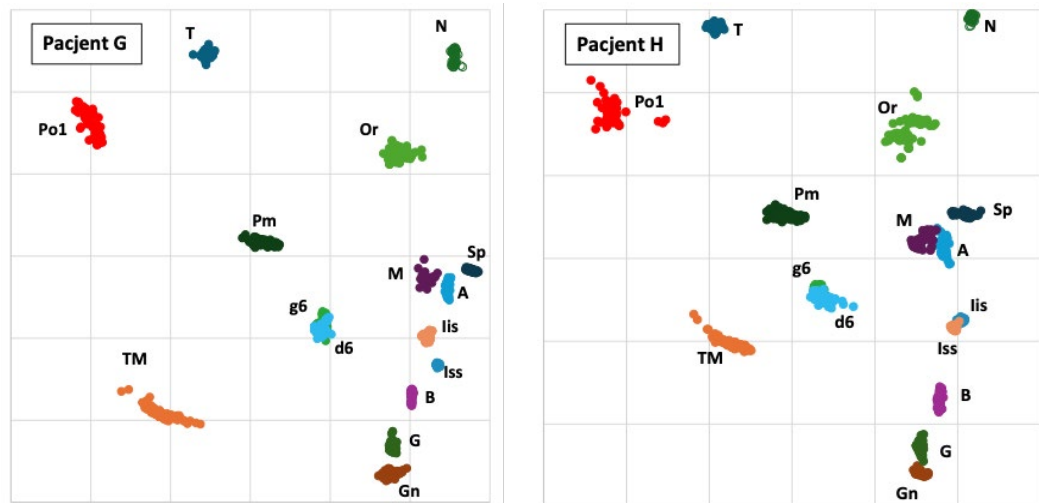
Ryc. 3. Chmura punktów wprowadzonych przez 33 lekarzy na cefalogram pacjenta A i B.
 Fig. 3. Point cloud entered by 33 orthodontists on the cephalogram of patient A and B.



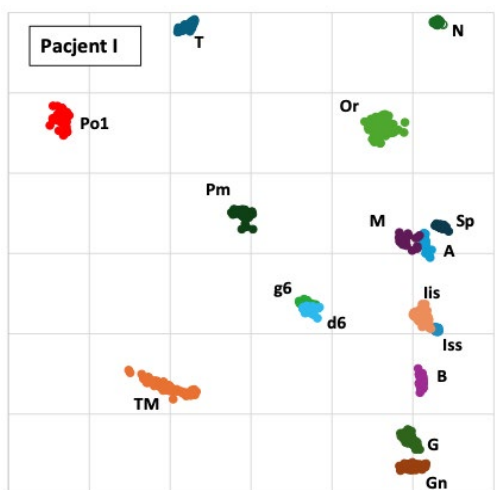
Ryc. 4. Chmura punktów wprowadzonych przez 33 lekarzy na cefalogram pacjenta C i D.
 Fig. 4. Point cloud entered by 33 orthodontists on the cephalogram of patient C and D.



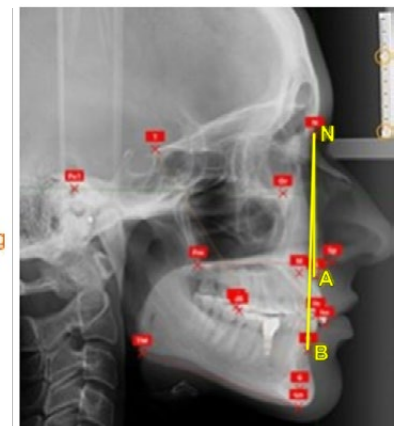
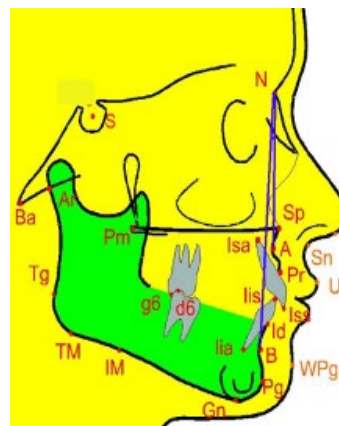
Ryc. 5. Chmura punktów wprowadzonych przez 33 lekarzy na cefalogram pacjenta E i F.
 Fig. 5. Point cloud entered by 33 orthodontists on the cephalogram of patient E and F.



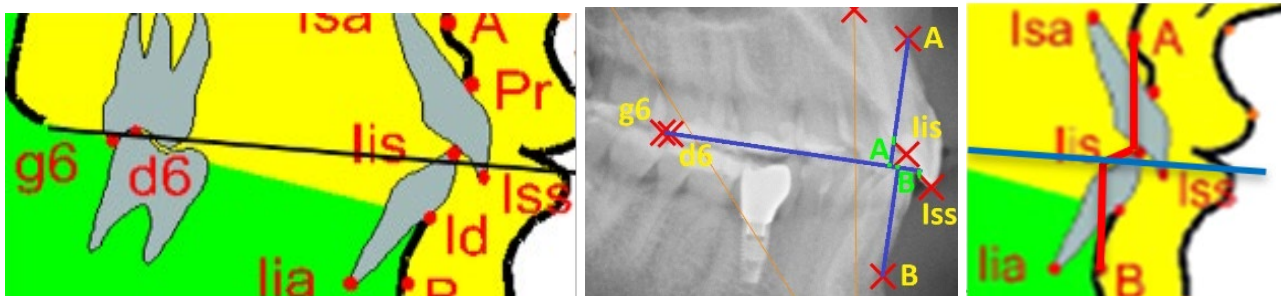
Ryc. 6. Chmura punktów wprowadzonych przez 33 lekarzy na cefalogram pacjenta G i H.
Fig. 6. Point cloud entered by 33 orthodontists on the cephalogram of patient G and H.



Ryc. 7. Chmura punktów wprowadzonych przez 33 lekarzy na cefalogram pacjenta I.
Fig. 7. Point cloud entered by 33 orthodontists on the cephalogram of patient I.



Ryc. 8. Kąt ANB (między liniami N-A i N-B).
Fig. 8. Angle ANB (between lines N-A and N-B).



Ryc. 9. Parametr WITS (odległość między punktami A' i B' – rzutami punktów A i B na płaszczyznę zgryzu).
Fig. 9. Wits parameter (distance between points A' and B' – projections of points A and B on the occlusal plane).

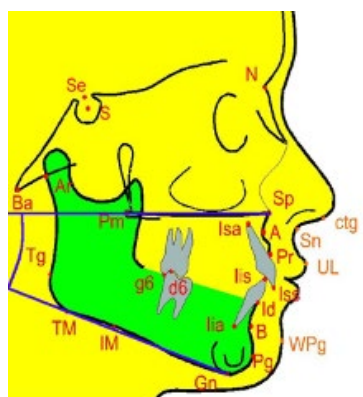
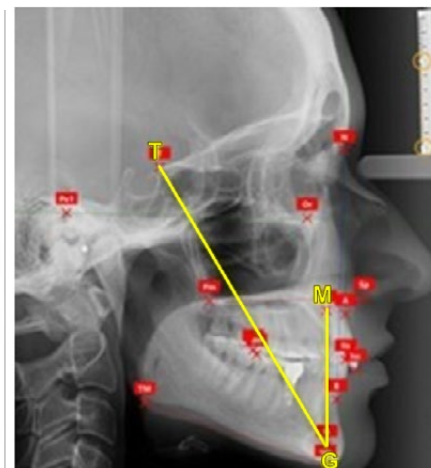
Wprowadzone współrzędne punktów posłużyły do obliczenia wymiarów kątowych: ANB (ryc. 8), TAU (ryc. 10), ML-NL (ryc. 11) i głębokości szczęki (ryc. 12) oraz parametru WITS (ryc. 9).

Do oceny powtarzalności i odtwarzalności lokalizacji punktów wykorzystane zostały następujące metody:

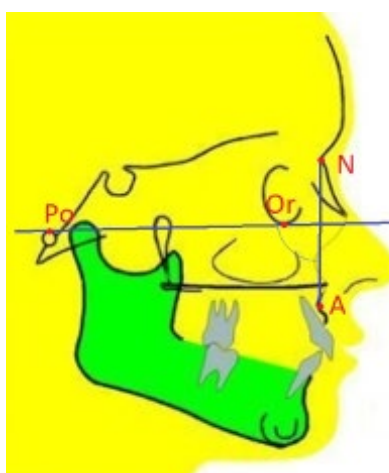
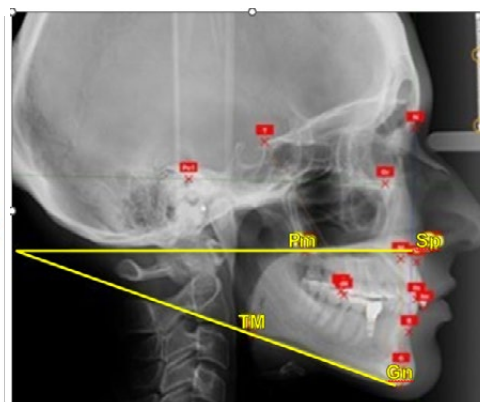
- współczynnik korelacji wewnątrzklasowej (*Intraclass Correlation Coefficient, ICC*). ICC jest wskaźnikiem statystycznym, który mierzy, jaka część całkowitej wariancji pomiarów jest spowodowana różnicami między obiektami (pacjentami), a jaka jest wynikiem różnic w ocenach (błędów lekarzy). Przyjęto następującą interpretację: ICC = 1 – pełna zgodność pomiarów (idealna spójność), ICC > 0,75 – wysoka zgodność, ICC 0,5-0,75 – umiarkowana zgodność i ICC < 0,5 – niska zgodność.
- analiza Blanda-Altmana. Diagramy Blanda-Altmana służą do oceny wizualnej różnicy między dwoma powtarzonymi pomiarami, przedstawiając średnią różnicę i 95% przedział ufności. Jeśli punkty są równomiernie rozłożone wokół linii średniej różnicy, można uznać, że oba pomiary są zgodne, a różnice są losowe. Jeżeli średnia różnica jest bliska zeru, oznacza to brak systematycznej różnicy między pomiarami.
- wskaźnik błędu pomiarowego Dahlberga. Formuła Dahlberga służy do oceny błędu losowego w pomiarach, który wynika z przypadkowych odchyłek podczas wielokrotnego mierzenia tych samych parametrów przez tego samego badacza lub różnych badaczy. W kontekście analizy cefalometrycznej może być stosowana do oceny, jak bardzo dane pomiary różnią się między sobą, gdy są powtarzane.
- metoda R&R (*Repeatability and Reproducibility*), znana również jako analiza Gage R&R. Metoda ta pozwala na określenie, w jakim



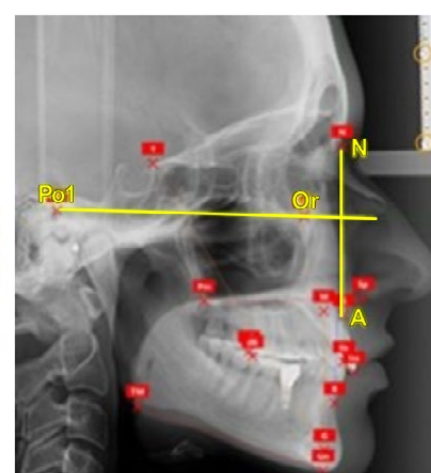
Ryc. 10. Kąt TAU (kąt między liniami T-G oraz M-G).
Fig. 10. TAU angle (angle between T-G and M-G lines).



Ryc. 11. Kąt ML-NL (kąt między liniami Sp-Pm oraz TM i Gn).
Fig. 11. ML-NL angle (angle between lines Sp-Pm and TM and Gn).



Ryc. 12. Głębokość szczęki (kąt między liniami Po1-Or oraz N-A).
Fig. 12. Jaw Depth (angle between lines Po1-Or and N-A).



stopniu zmienność uzyskanych wyników pomiarowych jest spowodowana przez lekarzy, a nie rzeczywistą zmiennością cechy mierzonego obiektu.

- pole powierzchni F (mm^2) prostokątów opisanych na chmurze analizowanych punktów charakterystycznych oraz wskaźnik wysokości do szerokości (H/B) charakteryzujący kształt chmury punktów. Większe F świadczy o większym rozrzucie wyników pomiaru. Wskaźnik H/B większy od jedności informuje o większym rozrzucie punktów w pionie, a mniejszy od jedności o większym rozrzucie w poziomie.

3.2. Analiza precyzji wyznaczania punktów cefalometrycznych na cyfrowych bocznych zdjęciach głowy w programie „Ortodoncja” v. 9

Analizie poddano wyniki (współrzędne) 16 punktów cefalometrycznych naniesionych trzykrotnie przez 33 lekarzy ekspertów na cyfrowe boczne zdjęcie głowy 9 pacjentów. W programie „Ortodoncja” v. 9 przyjęto kartezjański układ współrzędnych, w którym każdy punkt jest jednoznacznie określony na płaszczyźnie przez dwie współrzędne (x, y). Oś pozioma (Ox) i pionowa (Oy) przecinają się w punkcie zwanym początkiem układu współrzędnych (punkt 0, 0), który znajdował się w lewym dolnym rogu zdjęcia. W rezultacie analizowano 32 współrzędne.

4. Wyniki

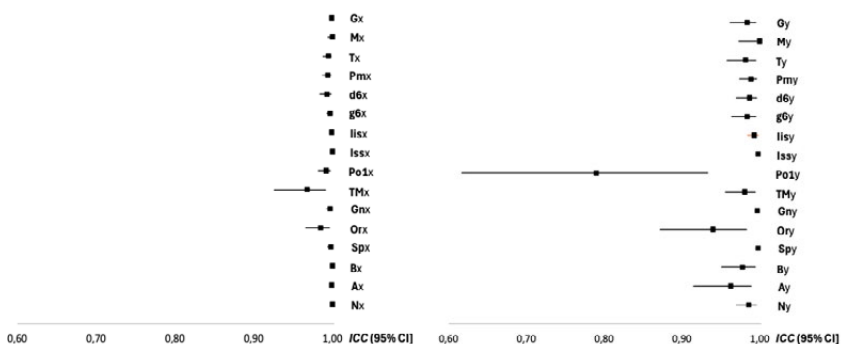
Współczynniki korelacji międzyklasowej ICC

Wartości ICC dla punktów cefalometrycznych mogą się różnić w zależności od kilku czynników, takich jak: doświadczenie badacza, jakość obrazowania, typ oprogramowania używanego do analizy. Wartości współczynników korelacji wewnątrzklasowej (ICC) i ich 95% przedziały ufności (95% CI) dla współrzędnych (średnich z trzech pomiarów) 16 punktów cefalometrycznych ustalonych przez 33 lekarzy zamieszczono w tabeli I.

Tab. 1. Wartości współczynników ICC dla analizowanych punktów cefalometrycznych.

Tab. 1. ICC factors values for the analyzed cephalometric points.

Parametr	ICC [95% CI]	Parametr	ICC [95% CI]
N_x (mm)	1,000 [0,999; 1,000]	N_y (mm)	0,986 [0,970; 0,996]
A_x (mm)	0,999 [0,998; 0,999]	A_y (mm)	0,963 [0,915; 0,989]
B_x (mm)	1,000 [1,000; 1,000]	B_y (mm)	0,978 [0,951; 0,994]
Sp_x (mm)	0,998 [0,994; 0,999]	Sp_y (mm)	0,998 [0,996; 0,999]
Or_x (mm)	0,985 [0,966; 0,996]	Or_y (mm)	0,940 [0,872; 0,983]
Gn_x (mm)	0,997 [0,992; 0,999]	Gn_y (mm)	0,997 [0,994; 0,999]
TM_x (mm)	0,968 [0,926; 0,991]	TM_y (mm)	0,981 [0,956; 0,994]
Pol_x (mm)	0,992 [0,982; 0,997]	Pol_y (mm)	0,790 [0,617; 0,933]
Iss_x (mm)	1,000 [0,999; 1,000]	Iss_y (mm)	0,998 [0,996; 0,999]
Iis_x (mm)	0,999 [0,998; 0,999]	Iis_y (mm)	0,993 [0,985; 0,998]
$g6_x$ (mm)	0,997 [0,993; 0,999]	$g6_y$ (mm)	0,984 [0,964; 0,995]
$d6_x$ (mm)	0,993 [0,984; 0,998]	$d6_y$ (mm)	0,987 [0,970; 0,996]
Pm_x (mm)	0,994 [0,987; 0,998]	Pm_y (mm)	0,989 [0,974; 0,996]
T_x (mm)	0,995 [0,988; 0,998]	T_y (mm)	0,982 [0,958; 0,995]
M_x (mm)	0,997 [0,994; 0,999]	M_y (mm)	0,989 [0,973; 0,996]
G_x (mm)	0,999 [0,998; 1,000]	G_y (mm)	0,984 [0,962; 0,995]



Ryc. 13. Wartości współczynników korelacji międzyklasowej i ich 95% przedziały ufności dla analizowanych punktów cefalometrycznych.
Fig. 13. The values of the interclass correlation factors and their 95% confidence intervals for the analyzed cephalometric points.

Najniższą zgodność lokalizacji w pionie (odległości od linii Ox) zaobserwowano w przypadku punktów Pol (ICC = 0,790), Or (ICC = 0,940) i A (ICC = 0,963), a najwyższą w przypadku punktów Iss , N i Sp (ICC = 1,000). Najniższą zgodność lokalizacji poziomej (odległości od linii Oy) zaobserwowano w przypadku punktów TM (ICC = 0,968), Or (ICC = 0,985) i Pol (ICC = 0,992). Wartości ICC wraz z ich 95% przedziałami ufności zilustrowano na ryc. 13. Najmniej precyzyjna była lokalizacja współrzędnej Pol_y (najszerzy 95% przedział ufności).

zacja współrzędnej Pol_y (najszerzy 95% przedział ufności).

Analiza Blanda-Altmana

Ocenę zgodności pomiarów uzyskanych w dwóch powtórzeniach przedstawiono w formie wykresu rozrzutu (wykres Blanda-Altmana), na którym naniesiono trzy poziome linie odpowiadające średniej różnicy (niebieska linia) oraz dolnej i górnej granicy zgodności (*Limits of Agreement* – czerwone linie), tzn. przedziały,

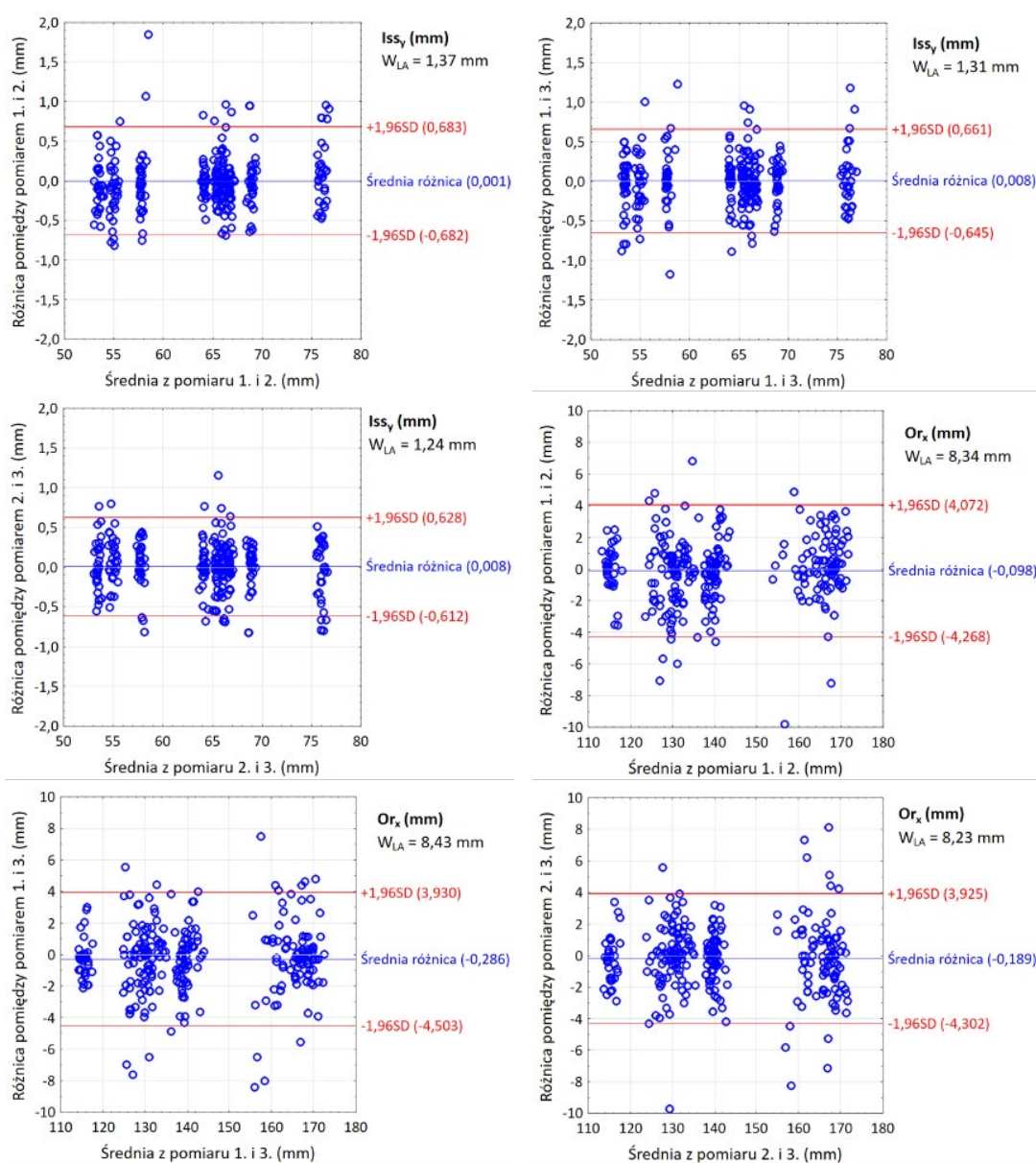
w których mieści się 95% różnic między pomiarami. Węższe granice oznaczają lepszą zgodność pomiarów, a szerokie granice mogą wskazywać na duże rozbieżności między pomiarami. Wykresy Blanda-Altmana pozwalają na wizualną i statystyczną ocenę zgodności dwóch pomiarów, wskazując zarówno na średnią różnicę, jak i na rozkład tych różnic względem średniej.

Ponieważ każdy z ekspertów dokonywał pomiarów trzykrotnie, oceniono powtarzalność pomiaru

pierwszego z drugim, pierwszego z trzecim oraz drugiego z trzecim. Wyniki w postaci średniej różnicy (D) i szerokości 95% przedziału zgodności (W_{LA}) zamieszczono w tabeli II. Dla dwukrotnego pomiaru współrzędnej punktu Iss_y różnica między pierwszym i drugim pomiarem wynosiła $D = 0,001$ mm, granice 95% przedziału zgodności dla średniej różnicy: $-0,68$ mm i $0,68$ mm, a szerokość przedziału zgodności $W_{LA} = 1,37$ mm (ryc. 14). Linia reprezentująca

średnią różnicę między pomiarami leży blisko zera, co oznacza, że pomiary nie mają dużego systematycznego błędu względem siebie.

Największą powtarzalność miały pomiary 1. i 3. współrzędnych punktu B_x (najwęższy przedział zgodności wynoszący $W_{LA} = 1,18$ mm), Iss_y ($1,31$ mm) oraz N_x ($1,43$ mm), a najmniej powtarzalny był pomiar 2. i 3. współrzędnych TM_x (najszerzy przedział zgodności wynoszący $W_{LA} = 9,72$ mm) oraz Or_x ($8,33$ mm) i PoI_y ($7,93$ mm).



Ryc. 14. Wykresy Blanda-Altmana dla wyników pomiaru współrzędnej pionowej punktu Iss i poziomej punktu Or przeprowadzonych trzykrotnie przez 33 lekarzy oraz granice 95% przedziału zgodności i ich szerokości W_{LA} .

Fig. 14. Bland-Altman charts for the results of the vertical coordinate of the Iss point and the horizontal coordinate of the Or point measured three times by 33 physicians and the limits of the 95% interval of agreement and their W_{LA} widths.

Tab. II. Wyniki analizy Blanda-Altmana powtarzalności pomiarów współrzędnych punktów cefalometrycznych.
Tab. II. Results of the Bland-Altman analysis of the repeatability of the coordinate measurements of cephalometric points.

Parametr	Pomiar 1. vs 2.		Pomiar 1. vs 3.		Pomiar 2. vs 3.		Razem	
	D	W_{LA}	D	W_{LA}	D	W_{LA}	$W_{sr.}$	F_{CA}
N_x (mm)	-0,02	1,43	0,00	1,51	0,02	1,35	1,43	4,81
N_y (mm)	0,02	3,35	-0,03	3,33	-0,05	3,42	3,37	
Or_x (mm)	-0,10	8,34	-0,29	8,43	-0,19	8,23	8,33	59,56
Or_y (mm)	0,17	7,95	0,09	6,75	-0,09	6,74	7,15	
Sp_x (mm)	-0,20	3,87	0,03	4,39	0,23	4,15	4,14	6,73
Sp_y (mm)	0,04	1,58	0,02	1,70	-0,02	1,60	1,63	
A_x (mm)	-0,04	1,91	-0,01	1,85	0,03	1,96	1,91	7,31
A_y (mm)	-0,06	3,70	-0,08	4,01	-0,02	3,79	3,83	
Iss_x (mm)	-0,03	1,60	-0,04	1,48	-0,01	1,47	1,52	1,98
Iss_y (mm)	0,00	1,37	0,01	1,31	0,01	1,24	1,31	
Iis_x (mm)	0,05	2,37	0,07	1,99	0,03	2,28	2,21	5,58
Iis_y (mm)	-0,02	2,98	0,05	2,09	0,07	2,49	2,52	
B_x (mm)	-0,04	1,21	-0,05	1,12	-0,01	1,21	1,18	5,53
B_y (mm)	-0,18	4,68	-0,14	4,56	0,04	4,81	4,68	
Gn_x (mm)	-0,12	4,30	-0,07	4,94	0,05	4,53	4,59	7,97
Gn_y (mm)	0,02	1,76	0,03	1,65	0,02	1,80	1,74	
TM_x (mm)	-0,03	9,13	-0,17	8,92	-0,14	9,72	9,26	43,57
TM_y (mm)	0,03	4,68	0,02	4,55	-0,01	4,89	4,71	
Pol_x (mm)	-0,06	4,02	-0,14	5,16	-0,09	5,06	4,75	37,63
Pol_y (mm)	-0,04	7,92	0,06	7,76	0,10	8,10	7,93	
Pm_x (mm)	0,33	5,40	0,16	5,50	-0,17	5,69	5,53	16,26
Pm_y (mm)	-0,04	2,78	-0,07	3,20	-0,03	2,84	2,94	
$g6_x$ (mm)	-0,05	3,77	0,03	4,39	0,09	3,90	4,02	14,16
$g6_y$ (mm)	-0,05	3,49	-0,02	3,65	0,02	3,43	3,52	
$d6_x$ (mm)	0,02	5,68	0,06	7,54	0,04	6,32	6,51	24,60
$d6_y$ (mm)	0,02	3,39	0,01	4,16	-0,02	3,78	3,78	
T_x (mm)	-0,06	3,50	-0,03	3,93	0,03	3,46	3,63	9,51
T_y (mm)	-0,09	2,78	-0,06	2,55	0,03	2,53	2,62	
M_x (mm)	-0,07	3,57	-0,13	3,88	-0,06	3,12	3,52	12,77
M_y (mm)	0,09	3,64	-0,05	3,77	-0,13	3,46	3,62	
G_x (mm)	0,01	2,20	0,07	2,52	0,06	2,50	2,41	8,69
G_y (mm)	0,02	3,45	0,07	3,68	0,06	3,70	3,61	

$W_{sr.}$ – średnia różnica dwóch pomiarów (D); F – pole powierzchni 95% przedziału zgodności.

Dodatkowym wskaźnikiem spójności pomiarów był obszar zgodności (compliance area) F_{ca} (mm²) obliczony na podstawie średnich szerokości przedziałów zgodności ($W_{sr.}$).

Najgorsza zgodność między dwukrotnymi pomiarami dotyczyła również punktów Or ($F = 59,6 \text{ mm}^2$), TM ($F = 43,6 \text{ mm}^2$) i Pol ($F = 37,6 \text{ mm}^2$). Największa zgodność dotyczyła lokalizacji punktów Iss ($F = 2,0 \text{ mm}^2$), N ($F = 4,8 \text{ mm}^2$) i B ($F = 5,5 \text{ mm}^2$).

Wskaźnik błędu pomiarowego Dahlberga

Formuła Dahlberga oblicza standardowy błąd pomiaru (*Standard Error of Measurement*, SEM) na podstawie różnic między dwukrotnie wykonanymi pomiarami tej samej cechy. Wskaźnik ten jest obliczany za pomocą następującego wzoru:

$$SEM = \sqrt{\frac{\sum(X_1 - X_2)^2}{2n}}$$

gdzie: X_1 i X_2 – wyniki dwóch pomiarów tej samej cechy dla każdego z badanych obiektów, n – liczba obiektów (np. osób, na których przeprowadzono pomiary).

Mały wskaźnik SEM oznacza, że pomiary są bardzo precyzyjne, a różnice między nimi są niewielkie, co świadczy o dobrej powtarzalności, a duży wskaźnik SEM sugeruje, że pomiary są obarczone większym błędem, co może wskazywać na problem z dokładnością pomiarów lub ich powtarzalnością. Wyniki oszacowań SEM dla pomiarów współrzędnych 16 punktów zamieszczono w tabeli III.

Metoda R&R

Do oceny powtarzalności i odtwarzalności lokalizacji punktów cefalometrycznych na cyfrowych bocznych zdjęciach głowy za pomocą programu „Ortodoncja” v.9 wykorzystano również metodę R&R, narzędzie stosowane w analizie procesów przemysłowych. W metodzie tej zmienność (wariancję) współrzędnych wyznaczonych punktów dzieli się na trzy grupy:

- zmienność położenia punktów cefalometrycznych w grupie 9 badanych pacjentów (*wariancja międzygrupowa*),

Tab. III. Wyniki oceny wskaźnika błędu pomiarowego Dahlberga (SEM) powtarzalności pomiarów współrzędnych punktów cefalometrycznych.

Tab. III. Results of the evaluation of the Dahlberg error index (SEM) of the repeatability of measurements of the coordinate of cephalometric points.

Parametr	Pomiar 1. vs 2.	Pomiar 1. vs 3.	Pomiar 2. vs 3.	Parametr	Pomiar 1. vs 2.	Pomiar 1. vs 3.	Pomiar 2. vs 3.
	SEM_{12}	SEM_{13}	SEM_{23}		SEM_{12}	SEM_{13}	SEM_{23}
N_x (mm)	0,26	0,29	0,22	N_y (mm)	0,59	0,61	0,56
Or_x (mm)	1,28	1,58	1,37	Or_y (mm)	1,48	1,20	1,16
Sp_x (mm)	0,59	0,83	0,76	Sp_y (mm)	0,26	0,30	0,28
A_x (mm)	0,33	0,33	0,35	A_y (mm)	0,70	0,75	0,71
Iss_x (mm)	0,30	0,27	0,26	Iss_y (mm)	0,22	0,22	0,21
Iis_x (mm)	0,27	0,31	0,28	Iis_y (mm)	0,44	0,31	0,40
B_x (mm)	0,19	0,18	0,21	B_y (mm)	0,88	0,77	0,84
Gn_x (mm)	0,74	0,78	0,62	Gn_y (mm)	0,27	0,26	0,30
TM_x (mm)	1,51	1,58	1,57	TM_y (mm)	0,73	0,73	0,68
Pol_x (mm)	0,62	0,92	0,94	Pol_y (mm)	1,34	1,43	1,50
Pm_x (mm)	0,84	0,96	0,86	Pm_y (mm)	0,46	0,55	0,47
$g6_x$ (mm)	0,65	0,82	0,71	$g6_y$ (mm)	0,63	0,60	0,56
$d6_x$ (mm)	0,95	1,50	1,35	$d6_y$ (mm)	0,63	0,75	0,68
T_x (mm)	0,52	0,57	0,58	T_y (mm)	0,38	0,34	0,39
M_x (mm)	0,64	0,74	0,56	M_y (mm)	0,53	0,63	0,54
G_x (mm)	0,35	0,44	0,42	G_y (mm)	0,55	0,64	0,64

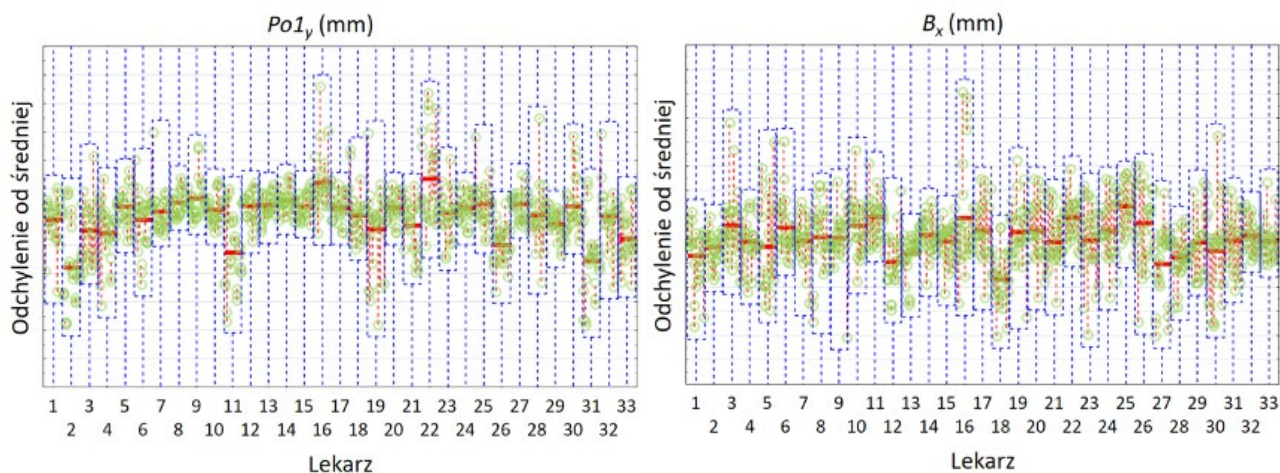
- zmienność położenia punktów cefalometrycznych wykonanych przez 33 różnych lekarzy (*odtwarzalność*),
- błędy pomiaru na przestrzeni trzech pomiarów prowadzonych przez tego samego lekarza u tych samych pacjentów (*powtarzalność*).

W idealnym przypadku niemal cała zmienność pomiarów powinna odpowiadać wariancji międzygrupowej (zmienności osobniczej pacjentów), a tylko nieistotna część zmienności powinna pochodzić od niepełnej odtwarzalności ekspertów i niepełnej powtarzalności pomiarów.

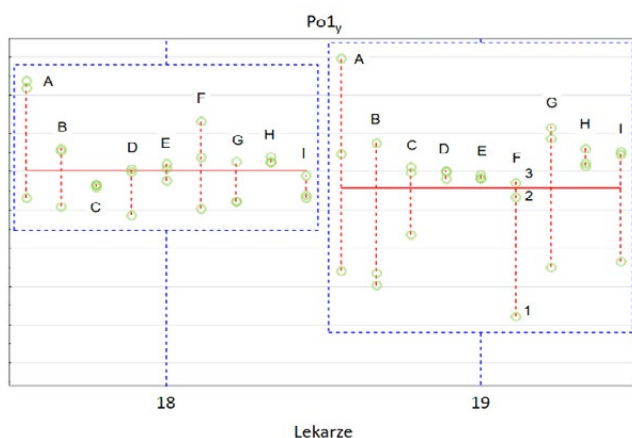
Do analizy powtarzalności i odtwarzalności wykorzystano moduł R&R (*Repeatability and Reproducibility*) programu „Statistica” v.13.3 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA).

Ryc. 15 ilustruje wyniki trzykrotnego pomiaru współrzędnych Pol_y

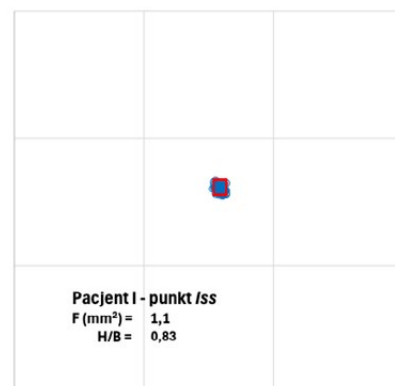
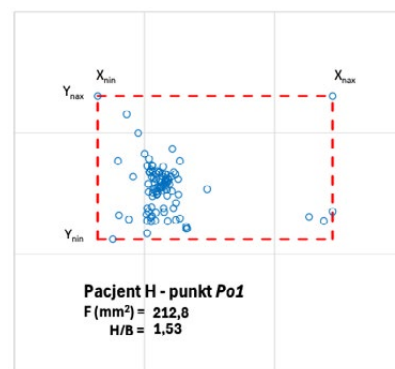
i B_x przez 33 lekarzy u 9 pacjentów. Zielone punkty na wykresie przedstawiają odchylenia pojedynczych pomiarów od średniej dla danego pacjenta. Każdy lekarz reprezentowany jest na wykresie przez niebieską ramkę. Czerwona pozioma linia oznacza wartość średnią każdego lekarza. Pozycja ramki w pionie wskazuje na ewentualne, ogólne odchylenie wyników danego lekarza od średniej. W przypadku współrzędnej Pol_y u lekarza nr 19 (ryc. 16) widać występowanie tzw. „dużego błędu”. U pacjenta F wynik pierwszego pomiaru Pol_y wynosił 104,4 mm, drugiego 110,6 mm a w trzecim 111,4 mm. Wynik pierwszego pomiaru odbiegał znacznie od dwóch pozostałych, co wpłynęło na wysokość ramki i świadczy o gorszej powtarzalności wyników pomiarów. Ramka lekarza nr 19 jest zdecydowanie wyższa od ramki lekarza 18, co świadczy o słabej powtarzalności wyników pomiaru Pol_y .



Ryc. 15. Wykresy powtarzalności i odtwarzalności trzykrotnej lokalizacji współrzędnych punktów B_x i $Po1_y$ przez 33 lekarzy na cefalogramach 9 pacjentów.
 Fig. 15. Repeatability and reproducibility graphs of the three-time localization of the B_x and $Po1_y$ point coordinates by 33 physicians on cephalograms of 9 patients.



Ryc. 16. Wykresy powtarzalności i odtwarzalności trzykrotnej lokalizacji współrzędnej punktu $Po1_y$ przez lekarzy nr 18 i 19 na cefalogramach 9 pacjentów.
 Fig. 16. Repeatability and reproducibility graphs of the three-time localization of the B_x and $Po1_y$ point coordinates by 33 physicians on cephalograms of 9 patients.



Ryc. 17. Chmura punktów $Po1$ wprowadzonych przez 33 lekarzy na cefalogram pacjenta H oraz punktów Iss u pacjenta I w kwadracie o wymiarach 30×30 mm, miary rozrzutu punktów, tzn. pola powierzchni prostokątów opisanych na wartościach minimalnych i maksymalnych F (mm^2) i stosunki wysokości do szerokości prostokątów H/B .
 Fig. 17. Cloud of $Po1$ points entered by 33 physicians on the cephalogram of patient H and Iss points in patient I in a square of dimensions 30×30 mm, measures of point dispersion, i.e. the area of the rectangles described by the minimum and maximum values F (mm^2) and the height to width ratios of the rectangles H/B .

Podobną analizę przeprowadzono dla wszystkich 32 współrzędnych. Wyniki łącznej powtarzalności i odtwarzalności (R&R) zamieszczono w tabeli IV. Przyjmuje się, że łączny udział powtarzalności i odtwarzalności (%R&R) nie powinien przekraczać 10%. Uzyskane wyniki wskazują, że jedynie współrzędna pionowa $Po1_y$ nie spełniała tego warunku (%R&R = 20,12%). Najbardziej precyzyjna była lokalizacja współrzędnej poziomej punktu B_x (%R&R = 0,02%).

Wartości %R&R odnoszą się do procentowego udziału całkowitej zmienności systemu pomiarowego (czyli zmienności wynikającej

z powtarzalności i odtwarzalności) w stosunku do całkowitej zmienności obserwowanej w procesie pomiarowym. Im mniejsza wartość %R&R, tym lepszy jest system pomiarowy. Przyjmuje się następującą interpretację wartości %R&R:

- 0-10% – system pomiarowy jest doskonały i może być stosowany bez zastrzeżeń. Zmienność wynikająca z samego systemu pomiarowego jest bardzo mała w stosunku do całkowitej zmienności procesu.
- 10-30% – system pomiarowy jest akceptowalny, ale może wymagać dalszej analizy lub optymalizacji. W tej kategorii zaleca się spraw-

Tab. IV. Składniki wariancji współrzędnych punktów cefalometrycznych.
Tab. IV. Components of variance of cephalometric point coordinates.

Współrzędne	Powtarzalność	Lekarz	Pacjent	Interakcja	%R&R
N_x (mm)	0,02	0,01	99,96	0,01	0,04
N_y (mm)	0,53	0,14	98,71	0,62	1,29
Or_x (mm)	0,62	0,43	98,81	0,14	1,19
Or_y (mm)	3,53	2,26	92,26	1,95	7,74
Sp_x (mm)	0,15	0,07	99,74	0,04	0,26
Sp_y (mm)	0,11	0,02	99,84	0,03	0,16
A_x (mm)	0,03	0,02	99,91	0,04	0,09
A_y (mm)	0,69	1,91	96,65	0,76	3,35
Iss_x (mm)	0,02	0,01	99,96	0,01	0,04
Iss_y (mm)	0,11	0,02	99,86	0,01	0,14
Iis_x (mm)	0,05	0,01	99,93	0,02	0,07
Iis_y (mm)	0,34	0,15	99,35	0,16	0,65
B_x (mm)	0,01	0,00	99,98	0,00	0,02
B_y (mm)	1,12	0,68	97,73	0,48	2,27
Gn_x (mm)	0,15	0,21	99,60	0,04	0,40
Gn_y (mm)	0,13	0,08	99,75	0,04	0,25
TM_x (mm)	0,91	1,81	97,03	0,25	2,97
TM_y (mm)	0,73	0,65	98,22	0,40	1,78
Pol_x (mm)	0,27	0,12	99,26	0,34	0,74
Pol_y (mm)	8,32	7,05	79,88	4,75	20,12
Pm_x (mm)	0,33	0,20	99,32	0,14	0,68
Pm_y (mm)	0,70	0,09	98,87	0,33	1,13
$g\delta_x$ (mm)	0,14	0,07	99,72	0,07	0,28
$g\delta_y$ (mm)	0,84	0,42	98,56	0,18	1,44
$d\delta_x$ (mm)	0,37	0,04	99,37	0,22	0,63
$d\delta_y$ (mm)	0,97	0,22	98,56	0,25	1,44
T_x (mm)	0,15	0,22	99,49	0,14	0,51
T_y (mm)	0,74	0,77	98,00	0,48	2,00
MT_x (mm)	0,11	0,08	99,76	0,05	0,24
MT_y (mm)	0,65	0,27	98,85	0,22	1,15
G_x (mm)	0,04	0,02	99,90	0,03	0,10
G_y (mm)	0,57	0,84	98,38	0,21	1,62

dzienie, czy można wprowadzić jakieś poprawki w celu zmniejszenia zmienności wynikającej z systemu pomiarowego.

- > 30% – system pomiarowy jest nieakceptowalny, ponieważ wprowadza zbyt dużą zmienność do całkowitego wyniku. W takiej sytuacji konieczne jest podjęcie działań naprawczych, takich jak kalibracja urządzeń pomiarowych, szkolenie operatorów czy też nawet zmiana metodologii pomiarowej.

Pole powierzchni F

Za miarę precyzji lokalizacji każdego punktu cefalometrycznego przez 33 lekarzy u poszczególnych pacjentów przyjęto pole powierzchni F prostokąta opisanego na wskazanych lokalizacjach. Do obliczenia parametru F wykorzystano skrajne wartości współrzędnych (X_{min} , X_{max} , Y_{min} i Y_{max}). Do oceny kształtu chmury punktów obliczono również współczynniki kształtu (H/B , ryc. 17) będące stosunkiem wysokości prostokąta do jego szerokości. Dla chmury punktów rozłożonych w pionie $H/B > 1$, dla rozłożonych poziomo $H/B < 1$. Na ryc. 17 zamieszczono chmury punktów o maksymalnym rozrzucie (punkt Pol u pacjenta H) i rozrzucie minimalnym (punkt Iss u pacjenta I). Podstawowe parametry tych miar dla wszystkich punktów i pacjentów zamieszczono w tabelach V i VI.

Tab. V. Miary rozrzutu punktów cefalometrycznych wprowadzonych trzykrotnie przez 33 lekarzy na cefalogramy pacjentów.

Tab. V. Measures of the dispersion of cephalometric points entered three times by 33 physicians on the patients' cephalometrics.

	Pacjent (cefalogram)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
N – Nasion									
B (mm)	1,3	2,1	2,3	2,5	2,3	1,5	3,1	1,9	2,5
H (mm)	5,0	1,2	7,6	3,5	2,8	1,0	4,8	3,1	1,5
F (mm ²)	6,7	2,6	17,9	8,6	6,6	1,5	15,0	5,9	3,7
H/B	0,27	1,72	0,31	0,70	0,83	1,51	0,64	0,62	1,72
Or – Orbitale									
B (mm)	9,1	10,3	10,3	3,4	14,9	6,1	9,6	11,6	9,9
H (mm)	5,1	5,9	2,7	5,1	9,1	3,8	5,8	16,0	7,2
F (mm ²)	46,6	60,6	28,3	17,1	135,8	23,3	55,9	185,0	71,5
H/B	1,78	1,75	3,76	0,67	1,64	1,62	1,65	0,73	1,38
Sp – Sella posterior									
B (mm)	2,9	10,3	2,4	5,2	2,2	3,5	3,1	7,1	3,4
H (mm)	1,0	2,7	1,9	2,4	1,5	2,2	1,4	2,1	1,9
F (mm ²)	2,9	28,3	4,5	12,5	3,4	7,7	4,3	14,9	6,5
H/B	2,94	3,76	1,26	2,13	1,46	1,60	2,28	3,41	1,77
A – A-point									
B (mm)	2,0	3,4	2,0	5,8	2,0	3,0	1,6	3,7	2,3
H (mm)	6,6	5,1	7,6	11,4	5,1	7,3	5,5	8,5	6,1
F (mm ²)	12,9	17,1	15,0	65,9	10,0	21,8	8,7	31,9	14,1
H/B	0,30	0,67	0,26	0,51	0,38	0,41	0,29	0,44	0,38
Iss – Infradentale superius									
B (mm)	1,0	1,5	2,0	2,6	1,1	1,5	1,0	2,1	1,0
H (mm)	1,3	1,2	2,0	1,8	1,4	1,4	1,3	1,7	1,2
F (mm ²)	1,3	1,8	4,0	4,6	1,6	2,2	1,4	3,5	1,1
H/B	0,78	1,22	1,02	1,50	0,77	1,07	0,78	1,28	0,83
Iis – Infradentale inferius									
B (mm)	1,7	1,8	2,7	1,4	1,8	2,0	2,7	2,1	4,5
H (mm)	2,1	6,1	2,3	1,5	1,8	1,8	3,2	2,3	6,1
F (mm ²)	3,5	10,7	6,3	2,2	3,2	3,6	8,5	4,7	27,4
H/B	0,80	0,29	1,16	0,95	1,03	1,07	0,85	0,90	0,73
B – B-point									
B (mm)	1,3	1,4	1,4	2,0	0,9	1,8	0,7	1,5	1,3
H (mm)	4,1	6,7	5,9	8,4	6,0	4,0	4,0	6,1	6,0
F (mm ²)	5,3	9,5	8,3	16,9	5,6	7,1	2,7	9,4	7,9
H/B	0,31	0,21	0,24	0,24	0,16	0,44	0,17	0,25	0,22
Gn – Gnation (najniżej położony punkt na przedniej powierzchni żuchwy)									
B (mm)	6,9	8,5	7,6	5,3	5,8	6,9	7,1	3,6	6,6
H (mm)	1,4	2,0	2,1	1,5	3,4	1,6	3,1	2,6	1,9
F (mm ²)	9,9	16,7	15,8	8,0	19,8	10,9	21,8	9,5	12,7
H/B	4,83	4,32	3,70	3,56	1,70	4,30	2,31	1,39	3,42

B – szerokość prostokąta, H – wysokość prostokąta, F – pole powierzchni prostokąta

Tab. VI. Miary rozrzutu punktów cefalometrycznych wprowadzonych trzykrotnie przez 33 lekarzy na cefalogramy pacjentów.
Tab. VI. Measures of the dispersion of cephalometric points entered three times by 33 physicians on the patients' cephalometrics.

	Pacjent (cefalogram)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
TM – Tuberculum mandibulare									
B (mm)	17,9	15,7	17,9	11,2	13,3	16,3	19,8	13,8	16,4
H (mm)	6,2	6,3	7,1	5,6	3,3	8,5	8,0	8,8	6,6
F (mm ²)	111,5	99,4	127,5	62,2	43,5	138,7	158,1	121,0	107,9
H/B	2,88	2,49	2,51	2,00	4,06	1,92	2,47	1,58	2,49
Po1 – anatomiczny punkt Porion									
B (mm)	8,5	5,0	6,7	5,3	6,4	5,1	6,8	18,0	4,3
H (mm)	11,5	10,2	5,9	13,9	8,8	13,8	10,6	11,8	7,3
F (mm ²)	98,7	51,3	39,7	74,3	56,3	70,8	72,3	212,8	31,4
H/B	0,74	0,49	1,13	0,38	0,73	0,37	0,65	1,53	0,58
Pm – punkt Porion									
B (mm)	5,4	7,3	6,3	6,5	4,4	7,8	9,4	9,2	5,3
H (mm)	3,1	3,4	2,1	4,1	4,2	2,0	3,2	4,2	5,0
F (mm ²)	16,8	24,8	13,5	26,7	18,6	15,4	29,6	38,6	26,5
H/B	1,75	2,16	2,94	1,56	1,04	3,99	2,96	2,21	1,06
g6 – punkt na powierzchni mezjalnej pierwszego stałego trzonowca górnego									
B (mm)	5,6	5,1	5,8	3,9	5,2	4,7	3,3	3,2	4,1
H (mm)	2,7	4,4	2,8	2,9	5,6	6,1	6,0	3,1	3,2
F (mm ²)	15,1	22,2	16,2	11,3	29,2	28,3	19,5	9,9	13,3
H/B	2,08	1,17	2,07	1,37	0,92	0,77	0,55	1,01	1,29
d6 – punkt na powierzchni mezjalnej pierwszego stałego trzonowca dolnego									
B (mm)	6,7	5,8	13,1	2,3	5,8	4,1	4,2	10,4	4,1
H (mm)	3,8	3,4	3,8	2,4	5,2	5,4	4,8	4,5	3,0
F (mm ²)	25,7	19,4	49,8	5,3	30,0	22,0	20,3	47,1	12,1
H/B	1,74	1,72	3,43	0,96	1,11	0,75	0,89	2,28	1,39
T – punkt styczności łuku jarzmowego z boczną ścianą oczodołu									
B (mm)	5,4	1,9	5,4	5,1	6,3	2,4	5,5	4,3	4,2
H (mm)	3,7	2,4	4,9	4,2	3,1	3,2	4,4	2,6	3,1
F (mm ²)	19,8	4,4	26,1	21,3	19,8	7,6	24,1	11,2	13,1
H/B	1,47	0,79	1,11	1,21	2,02	0,73	1,24	1,68	1,33
M – Menton									
B (mm)	5,7	7,0	3,3	7,1	5,4	4,7	4,8	6,1	5,1
H (mm)	3,1	4,1	3,9	6,8	4,3	3,9	5,1	5,0	4,5
F (mm ²)	17,7	28,5	12,9	47,8	23,5	18,4	24,6	30,6	22,9
H/B	1,84	1,73	0,86	1,05	1,24	1,21	0,93	1,21	1,13
G – środek największego okręgu styczego do wewnętrznej przedniej i dolnej pozycji spojenia żuchwy									
B (mm)	4,2	2,9	2,6	2,6	3,3	3,0	2,0	1,8	4,8
H (mm)	5,5	5,6	5,2	5,2	6,6	6,9	5,3	6,5	5,0
F (mm ²)	22,7	16,5	13,2	13,6	21,4	20,9	10,4	11,6	23,7
H/B	0,76	0,53	0,49	0,49	0,50	0,44	0,37	0,27	0,95

B – szerokość prostokąta, H – wysokość prostokąta, F – pole powierzchni prostokąta

Największy rozrzut (największe pole powierzchni F) zaobserwowano dla punktów Pol (u pacjenta H: $F = 212,8 \text{ mm}^2$), Or (u pacjenta H: $F = 185,0 \text{ mm}^2$) i TM (u pacjenta G: $F = 158,1 \text{ mm}^2$). Najmniejszy rozrzut dla punktów Iss (u pacjenta H: $F = 1,1 \text{ mm}^2$), N (u pacjenta F: $F = 1,5 \text{ mm}^2$), Iis (u pacjenta D: $F = 2,2 \text{ mm}^2$) oraz B (u pacjenta G: $F = 2,7 \text{ mm}^2$).

Analiza precyzji wyznaczania kątów cefalometrycznych na cyfrowych bocznych zdjęciach głowy w programie „Ortodoncja” v. 9

Precyzja wyznaczania położenia punktów cefalometrycznych wpływa na precyzję pomiaru kątów wyznaczonych przez te punkty. Niżej zamieszczono oceny współczynników korelacji międzyklasowej ICC (tab. VII), wyniki analizy Blanda-Altmana (tab. VIII), błędy pomiarowe Dahlberga (tab. IX), oceny powtarzalności i odzwierciedlenia metodą R&R oraz pola powierzchni dla kątów ANB, TAU, YEN, ML-NL, głębokości szczęki oraz parametru WITS (tab. X).

Największy przedział zgodności (największą precyzję) zaobserwowano w przypadku pomiarów parametru WITS i kąta ANB, najszerzy w przypadku kąta głębokości szczęki.

Tab. VII. Wartości współczynników ICC dla analizowanych parametrów cefalometrycznych.
Tab. VII. ICC coefficient values for the analyzed cephalometric parameters.

Parametr	ICC [95% CI]
Kąt ANB (°)	0,961 [0,916; 0,989]
Kąt TAU (°)	0,955 [0,902; 0,987]
Kąt YEN (°)	0,939 [0,870; 0,983]
Kąt ML-NL (°)	0,990 [0,977; 0,997]
Kąt głębokości szczęki (°)	0,233 [0,107; 0,546]
Parametr WITS (mm)	0,974 [0,943; 0,993]

Tab. VIII. Wyniki analizy Blanda-Altmana powtarzalności pomiarów kątów cefalometrycznych.
Tab. VIII. Results of the Bland-Altman analysis of the repeatability of cephalometric angles measurements.

Parametr	Pomiar 1. vs 2.		Pomiar 1. vs 3.		Pomiar 2. vs 3.	
	D	W_{LA}	D	W_{LA}	D	W_{LA}
Kąt ANB (°)	0,06	2,04	0,06	1,99	0,00	1,99
Kąt TAU (°)	-0,02	5,28	-0,15	5,73	-0,13	4,67
Kąt YEN (°)	-0,03	5,98	-0,14	6,26	-0,11	5,40
Kąt ML-NL (°)	0,05	2,65	-0,05	2,65	-0,10	5,30
Kąt głębokości szczęki (°)	-0,07	6,99	-0,05	6,80	0,01	6,99
Parametr WITS (mm)	0,02	1,51	0,01	1,56	-0,01	1,50

Tab. IX. Wyniki oceny wskaźnika błędów Dahlberga (SEM) powtarzalności pomiarów kątów cefalometrycznych.
Tab. IX. Results of the Dahlberg error index (SEM) evaluation of the repeatability of cephalometric angles measurements.

Parametr	Pomiar 1. vs 2.	Pomiar 1. vs 3.	Pomiar 2. vs 3.
	SEM_{12}	SEM_{13}	SEM_{23}
Kąt ANB (°)	0,37	0,36	0,36
Kąt TAU (°)	0,95	1,04	0,85
Kąt YEN (°)	1,08	1,13	0,98
Kąt ML-NL (°)	0,48	0,48	0,96
Kąt głębokości szczęki (°)	1,26	1,23	1,26
Parametr WITS (mm)	0,27	0,28	0,27

Tab. X. Składniki wariancji kątów cefalometrycznych.
Tab. X. Components of variance of cephalometric angles.

Współrzędne	Powtarzalność	Lekarz	Pacjent	Interakcja	%R&R
Kąt ANB (°)	1,84	0,00	96,15	2,01	3,85
Kąt TAU (°)	2,54	1,49	94,41	1,06	5,09
Kąt YEN (°)	2,64	1,76	94,06	1,54	5,94
Kąt ML-NL (°)	3,18	0,26	95,85	0,71	4,15
Kąt głębokości szczęki (°)	37,02	0,37	23,51	39,10	10,41
Parametr WITS (mm)	1,69	0,42	97,01	0,88	2,99

5. Dyskusja

Znaczenie analizy cefalometrycznej w diagnostyce ortodontycznej i planowaniu leczenia zmieniało się na przestrzeni lat. W momencie jej wprowadzenia głównym celem leczenia ortodontycznego było uzyskanie idealnego zwarcia zębowego zgodnie z paradygmatem Angle'a. Zdjęcie cefalometryczne stopniowo stało się podstawą diagnostyki ortodontycznej (Downs 1948; Steiner 1953). Przeprowadzanie analizy cefalometrycznej jest współcześnie standardową procedurą podczas wykonywania diagnostyki ortodontycznej. Pozwala ona na ocenę podstawy czaszki, relacji szczęki do podstawy czaszki, wielkości i położenia żuchwy względem podstawy czaszki, relacji między szczęką a żuchwą, wymiaru pionowego, uzębienia szczęki i żuchwy oraz tkanek miękkich (Nanda i wsp. 2015). Dzięki temu umożliwia różnicowanie szkieletowych wad zgryzu od wad zębowo-wyrostkowych. Według znakomitej większości ortodontów prawidłowa ocena warunków anatomicznych pacjenta daje lekarzowi możliwość prawidłowego zaplanowania leczenia ortodontycznego (Athanasios 1995; Sobieska i wsp. 2019). Helal i wsp. (Helal i wsp. 2019) badali zgodność planów leczenia, które były przygotowane z wykorzystaniem analizy cefalometrycznej oraz bez niej. Stwierdzili, że w około 90% przypadków decyzja o sposobie leczenia była spójna. Obserwacja ta jest zgodna z wcześniejszymi badaniami przeprowadzonymi przez Han i wsp. (Han i wsp. 1991), Bruks i wsp. (Bruks i wsp. 1999) oraz Nijkamp i wsp. (Nijkamp i wsp. 2008). Devereux i wsp. (Devereux i wsp. 2011) wynioskowali na podstawie swoich badań, że analiza cefalometryczna nie miała znaczącego wpływu na decyzje dotyczące planowania leczenia. Silling i wsp. (Silling i wsp. 1979) podali, że 92% ortodontów uważało, że mogą przygotować prawidłowy plan leczenia niezależnie od posiadania zdjęć cefalometrycznych pacjentów.

W badaniach Atchison i wsp. (Atchison i wsp. 1991) było ich 75%. W 2015 r. Durão i wsp. (Durão i wsp. 2015) stwierdzili, że plan leczenia zmienia się średnio w 36% przypadków po wykonaniu analizy cefalometrycznej. Badanie przeprowadzone przez Goyal i wsp. (Goyal i wsp. 2018) w 2017 r. wykazało, że w opinii większości ortodontów cefalogramy są niezbędne do opracowania planu leczenia. W badaniu przeprowadzonym przez Stupar i wsp. (Stupar i wsp. 2018) zaobserwowano, że analiza cefalometryczna ma niewielki wpływ na planowanie leczenia pacjentów z wadą II klasy. Autorzy ci sugerują wykonywanie jej jako narzędzia uzupełniającego, biorąc pod uwagę możliwą redukcję narażenia pacjentów na promieniowanie rentgenowskie. Korzystając z analizy cefalometrycznej do przygotowania planu leczenia, możliwe jest uzyskanie bardziej przewidywalnych i stabilnych efektów leczenia, a także skrócenie jego czasu (Helal i wsp. 2019; Minch i wsp. 2015). Dodatkową korzyścią wykonywania cefalometrii jest ocena wzrostu pacjenta lub ocena efektów leczenia ortodontycznego przez porównanie zdjęć wykonanych w odstępach czasu (Athanasios 1995; Sobieska i wsp. 2019). Powstało wiele analiz licznych autorów wykorzystujących różne parametry cefalometryczne. Każdy z nich uważał inne parametry za kluczowe w swojej analizie.

W przypadku analizy Stainera oraz w bardzo podobnej analizie Segnera-Hasunda, kluczowymi parametrami wskazywanymi przez lekarzy ortodontów jako najbardziej istotne do oceny rozbieżności pionowych i poziomych są kąt ANB oraz kąt ML-NL. Niektóre badania wskazują na przydatność kąta ANB, jednak jest on mocno zależny od położenia punktów A i B względem przedniej podstawy czaszki. Gdy wartości kątów SNA i SNB są większe, rośnie również wartość kąta ANB (Paddenberg i wsp. 2023). Ponadto, różnica w odległości strzałkowej między punktami A i B zwiększa się wraz

z rosnącą pionową odległością między nimi (Jaworski i wsp. 2016; Kotuła i wsp. 2022). Oznacza to, że na jego wartość ma wpływ zmienność anatomiczna środkowego piętra twarzy u poszczególnych pacjentów i nie jest on najlepszym i jedynym parametrem do oceny wad przednio-tylnych. Warto więc skorzystać z dodatkowej analizy WITS. Zarówno WITS, jak i kąt ML-NL nie zależą od punktów znajdujących się w przednim, środkowym, czy tylnym dole czaszki. Bazują na wzajemnych relacjach kości szczęk oraz w przypadku pomiaru WITS, ich relacji do płaszczyzny zgryzu (Anderson i wsp. 2006).

W związku z tym, analizując nasze wyniki badań, należy zwrócić szczególną uwagę na wartości powtarzalności i odtwarzalności punktów, które służą do obliczania tych kluczowych dla klinicystów parametrów. Kąt ML-NL bierze pod uwagę relacje podstaw szczęk, czyli punkty Sp, Pm, Gn oraz TM. Z kolei WITS jest obliczany na podstawie punktów g6, d6, Iss, Iis, A oraz B. W naszym badaniu wszystkie z wyżej wymienionych punktów charakteryzowały się akceptowalną powtarzalnością i odtwarzalnością za wyjątkiem punktu TM, który obarczony był największym standardowym błędem pomiarowym. Wskazuje to na problem z dokładnością w jego oznaczaniu (odtwarzalnością) lub niską powtarzalnością. Ma to również wpływ na uzyskiwaną wartość kąta ML-NL.

Z kolei analiza McNamary bazuje na dwóch prostopadłych do siebie liniach – płaszczyźnie frankfurckiej przechodzącej przez punkty Po i Or oraz linii „nasion perpendicular” przechodzącej przez punkt *Nasion* (McNamara 1984). W odniesieniu do tej drugiej linii ocenia się wady w płaszczyźnie strzałkowej. Płaszczyzna frankfurcka została zapożyczona od antropologów, którzy wymyślili ją do pozycjonowania czaszek w przestrzeni. Wyznaczanie płaszczyzny frankfurckiej na rentgenogramie bocznym głowy, wydaje się jednak problematyczne ze względu na po-

tencjalne trudności w wyznaczaniu punktu *Porion*, który nie jest wyraźnie widoczny w rentgenogramie (Adenwalla i wsp. 1988) w odróżnieniu od bardzo dobrze wyznaczalnego punktu *Porion* na czaszce.

Wyniki naszych badań wskazały, że powtarzalność i odtwarzalność w przypadku punktów *Porion* i *Orbitale* jest nieakceptowalna. Zaobserwowano najniższą zgodność lokalizacji w pionie (odległości od linii *OX*) jak i w poziomie (odległości od linii *OY*), co jest miarą niskiej precyzji oznaczania wyżej wymienionych punktów. Powyższe informacje pozwalają stwierdzić, że dokładne wyznaczanie płaszczyzny frankfurckiej jest mocno utrudnione. Z tego względu analiza ta traci na swojej precyzji. Ponadto współcześnie – ze względu na istnienie programów komputerowych umożliwiających sprawne zaznaczanie punktów i obliczanie parametrów na cyfrowych cefalogramach – dawna zaleta powyższej analizy w postaci krótkiego czasu wykonania nie jest już znacząca (Smołka i wsp. 2024).

Każda analiza zawierająca płaszczyznę frankfurcką, a więc między innymi analizy McNamary (Coben 1955), Rickettsa (Ricketts 1981) czy Tweeda (Graber i wsp. 2016), wykorzystuje punkty *Porion* i *Orbitale*. Oba te punkty są uważane za trudne do oznaczenia, pierwszy ze względu na nakładanie się struktur anatomicznych na zdjęciach radiologicznych, drugi ze względu na możliwą rotację głowy pacjenta podczas wykonywania zdjęcia telertg. Abdel Mohsen i wsp. (Abdel Mohsen i wsp. 2018) zauważyli, że współcześnie mając możliwość wykorzystania diagnostyki 3D (badania CBCT), widoczna staje się asymetria występująca pomiędzy prawą i lewą stroną czaszki pacjenta. Z tego względu prawy i lewy punkt *Porion* mogą znajdować się na różnej wysokości na tym samym zdjęciu telertg, a co za tym idzie możliwe jest wykreślenie nawet do kilku różnych płaszczyzn frankfurckich u tego samego pacjenta. Innym problemem

napotykanym podczas określania płaszczyzny frankfurckiej jest pozycja głowy pacjenta. W latach 50. XX wieku do ortodoncji wprowadzono pojęcie naturalnej pozycji głowy (NHP). Gdy głowa była utrzymywana w naturalnej pozycji, płaszczyzna FH zmieniała się znacząco w zależności od poziomych lub pionowych linii odniesienia (Lundström i wsp. 1992). Problem ten wymusił opracowanie alternatywy dla płaszczyzny frankfurckiej. Jedną z nich jest linia Orbito-Condylar zaproponowana przez Vedavathi i wsp. (Vedavathi i wsp. 2022), a kolejną płaszczyzną *Sella turcica* (S) – *Nasion* (N) wykorzystywana w analizach Segnera-Hasunda, Steinera (Proffit i wsp. 2009), Jarabaka (Jarabak i wsp. 1972) oraz Cobena (Coben 1955). Punkt *Sella turcica* definiowany w powyższych analizach jako geometryczny środek siodła tureckiego można również uznać za trudny do oznaczenia. Środek geometryczny jest wyznaczany na podstawie subiektywnej oceny eksperta. Zarys siodła tureckiego na zdjęciu rentgenowskim różni się osobniczo, co zauważono w badaniach Kuci i wsp. (Kucia i wsp. 2014). Niesie to za sobą dużą trudność w uzyskaniu odtwarzalności tego punktu. Analizując otrzymane w naszym badaniu wyniki względem punktu *Nasion*, stwierdzamy, że punkt ten cechowała najwyższa zgodność lokalizacji oraz największa powtarzalność.

Według badań Kamoen i wsp. (Kamoen i wsp. 2001), najczęstszą przyczyną błędów w pomiarach cefalometrycznych jest nieprawidłowe pozycjonowanie punktów referencyjnych. Błędy pomiarowe mogą prowadzić do postawienia nieprawidłowej diagnozy, a co za tym idzie implikować negatywne konsekwencje w postępowaniu klinicznym. Wielu autorów (Athanasίου 1995; Bishara i wsp. 1984; Cooke i wsp. 1988; Lundström i wsp. 1995; Moorrees 1994; Solow i wsp. 1971; Tng i wsp. 1993; Viazis 1991) zauważyło, że pomiary tj. SNA, głębokość szczęki czy głębokość twarzy nie korelują i nie korespondują

z rzeczywistą wadą zgryzu pacjenta. Może to świadczyć o tym, że rozbieżność w punktach pomiarowych jest częstym zjawiskiem.

Nieprawidłowe oznaczenie punktów pomiarowych może zasugerować lekarzowi, że ma do czynienia z wadą szkieletową wymagającą leczenia zespołowego ortodontyczno-chirurgicznego, podczas gdy w rzeczywistości jest to wyłącznie problem zębowo-wyrostkowy (Ghodasra i wsp. 2023). W efekcie pacjent jest narażony na wydłużenie procesu diagnostycznego, dodatkowe koszty generowane przez zbędne konsultacje specjalistyczne, a także stres związany z perspektywą leczenia chirurgicznego. Ponadto może stracić zaufanie do lekarza i jego kompetencji. Jest możliwa również sytuacja odwrotna, kiedy pomiary cefalometryczne wynikające z nieprawidłowego oznaczenia punktów referencyjnych sugerują wadę o mniejszym nasileniu niż w rzeczywistości. W badaniach Dantas i wsp. (Dantas i wsp. 2015) nawet 23,3% pacjentów z III klasą szkieletową, którzy byli leczeni chirurgicznie na podstawie analizy cefalometrycznej nie wymagała takiego postępowania. Podobny przypadek może mieć miejsce u pacjentów z wadami klasy II, u których zdaniem Ferreira i wsp. (Ferreira i wsp. 2020) na zdjęciach cefalometrycznych wykonanych w maksymalnym zaguzkowaniu analiza wykazuje znacznie mniejszą trudność leczenia ortodontycznego niż występuje w rzeczywistości. Według autorów, zdjęcie cefalometryczne powinno być wykonywane w relacji centralnej.

Brak powtarzalności pomiarów może również doprowadzić do przeoczenia nieprawidłowego kierunku wzrostu pacjenta, co w konsekwencji odroczy wdrożenie niezbędnego leczenia czynnościowego. Może to skutkować koniecznością zastosowania leczenia chirurgicznego w wieku dorosłym.

Dokładność analiz cefalometrycznych obecnie bardzo się poprawiła, ponieważ dekady temu zdjęcia rtg na kliszy były gorszej jakości niż współ-

czesne cyfrowe zdjęcia rtg. Znacznej poprawie uległa także rozdzielczość zdjęć. Przejście z ręcznych pomiarów wykonywanych bezpośrednio na folii naklejonej na kliszę do cyfrowego oznaczenia punktów za pomocą oprogramowania komputerowego dedykowanego klinicytom ułatwia dokładne zaznaczenie punktów. Należy podkreślić, że dzięki technologiom komputerowym czas wykonania analizy w ciągu ostatnich 30 lat istotnie się skrócił. Funkcjonalności oprogramowania, takie jak możliwość powiększania cefalogramów zwiększając dokładność umiejscawiania punktów, przez co przekładają się na dokładność pomiarową. Mimo możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji w oznaczaniu parametrów na zdjęciu cefalometrycznym, istniejące ograniczenia technologiczne nie pozwalają całkowicie wykluczyć roli lekarza w tym procesie.

Kluczowym dla skutecznej diagnostyki ortodontycznej jest powtarzalne i odtwarzalne oznaczanie referencyjnych punktów cefalometrycznych. Zasadnym jest więc dobór analiz nieposiadających trudno wyznaczalnych punktów referencyjnych. Wyniki badania podkreślają potrzebę standaryzacji procedur wyznaczania punktów cefalometrycznych aby zminimalizować błędy diagnostyczne w praktyce ortodontycznej.

6. Wnioski

- Linia Po-Or, wyznaczająca płaszczyznę frankfurcką na zdjęciu cefalometrycznym, cechuje się najniższą precyzją w porównaniu do pozostałych linii uwzględnionych w badaniu. Natomiast brzegi sieczne siekaczy górnych i dolnych, największe zagłębienie części zębodołowej zuchwy oraz szew nosowo-czołowy (punkt N) odznaczają się najwyższą dokładnością oznaczania.
- Wyznaczanie punktu *Porion* nie spełniało kryteriów powtarzalności i odtwarzalności w wymiarze wertykalnym.
- Przednio-tylne usytuowanie szczęki i zuchwy względem płaszczyzny okluzji (WITS) wykazywało najwyższą precyzję, podczas gdy najmniejsza dokładność dotyczyła usytuowania stycznej do przedniej powierzchni szczęki prostopadłej względem płaszczyzny frankfurckiej.
- Kluczem do skutecznej diagnostyki ortodontycznej jest powtarzalne i odtwarzalne oznaczanie referencyjnych punktów cefalometrycznych. Zasadnym jest więc taki dobór analiz, w których używa się punkty referencyjne łatwe do jednoznaczniego wyznaczenia.

Piśmiennictwo

McNamara JA. A method of cephalometric evaluation. *Amer J Orthodont.* 1984,86, 449-469.

Ravikumar DNS, Ramakrishna M, Sharna N, Robindro W. Evaluation of McNamara's analysis in South Indian (Tamil Nadu) children between 8-12 years of age using lateral cephalograms. *J Oral Biol and Craniofac Res.* 2019, 9, 193-197.

Storniolo-Souza JM, Seminario MP, Pinzan-Vercelino CRM, Pinzan A, Janson G. McNamara analysis cephalometric parameters in White-Brazilians, Japanese and Japanese-Brazilians with normal occlusion. *Dent Press J Orthodont.* 2021, 26, e2119133.

Bock JJ, Fuhrmann RAW. Evaluation of vertical parameters in cephalometry. *J Orofac Orthoped = Fortschritte der Kieferorthopaedie: Organ/official J Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopaedie.* 2007, 68, 210-222.

Lisowska I. Orthodontic evaluation of the results of surgical treatment of mandibular prognathism based on the cephalometric analysis using the Segner-Hasund method. *Annal Acad Medic Stetin.* 2008, 54, 82-93.

Sommer T, Ciesielski R, Erbersdobler J, Orthuber W, Fischer-Brandies H. Precision of cephalometric analysis via fully and semiautomatic evaluation of digital lateral cephalographs. *Dento Maxillo Facial Radiol* 2009, 38, 401-406.

Shetty SS, Kamath A, Shetty P, Quadras DD, Siddartha R, Rao A. SIDS plane: A simple and innovative alternative to Frankfurt horizontal plane. *J Orthod Sci.*, 2023: 12, 27.

Parihar A, More, R. Porion – a cumulative exploration. *Academia Letters.* 2022.

Romano FL, Ramalli EL, Tavares SW, Sarmento J, Neto P, Borges MB, Magnani A, Flávio Nouer D. Comparison between cephalometric measure using anatomic and metallic porion point. *Braz J Oral Sci.*, 2015. 4, 730-734.

Naini FB. The Frankfort Plane and Head Positioning in Facial Aesthetic Analysis – The Perpetuation of a Myth. 2013 [https://home.liebertpub.com/fpsam.](https://home.liebertpub.com/fpsam), 15, 333-334.

Proffit WR, Fields WJ, Sarver DM. *Ortodoncja współczesna*, T. 1. Elsevier Urban & Partner. 2009.

Coben SE. The integration of facial skeletal variants: A serial cephalometric roentgenographic analysis of craniofacial form and growth. *Amer J Orthod*, 1955, 41, 407-434.

Ricketts RM. Perspectives in the Clinical Application of Cephalometrics: The first fifty years. *Angle Orthod.* 1981, 51, 115-150.

Graber L, Vanarsdall R, Vig K, Huang G. *Orthodontics-e-book: current principles and techniques.* Elsevier, St. Louis. 2016.

Jarabak JR, Fizzel JA. *Technique and treatment with lightwire appliances.* Mosby, St. Louis. 1972.

- Różyło-Kalinowska I, Różyło TK, Masłowska M. Współczesna radiologia stomatologiczna. Czelej, 2015.
- Ferrazzini G. Critical evaluation of the ANB angle. *Amer J Orthodont*, 1976, 69, 620-626.
- Karłowska I. Zarys współczesnej ortodoncji. Warszawa 2009.
- Bulatova G, Kusnoto B, Grace V, Tsay TP, Avenetti DM, Sanchez FJC. Assessment of automatic cephalometric landmark identification using artificial intelligence. *Orthodont Craniofac Res*, 2021;24, 37-42.
- Sobieska E, Widmańska-Grzywaczewska A. Cephalometry in orthodontic diagnostics – past and present. *Forum Ortodontyczne / Orthodontic Forum.*, 2019. 15, 120-139.
- Adenwalla ST, Kronman JH, Attarza-deh F. Porion and condyle as cephalometric landmarks – An error study. *Amer J Orthodont Dentofac Orthoped*. 1988, 94, 411-415.
- Shrinivas KA, Sudhakar SS, Kannan G, Shetty P, Quadras DD, Raghava S. Predictive Equation for Construction of Anatomic Porion with Machine Porion as Reference Point. *J Contemp Dent Pract*, 2023, 24, 257-260.
- Downs WB. Variations in facial relationships: Their significance in treatment and prognosis. *Amer J Orthodont.*, 1948;34, 812-840.
- Steiner CC. Cephalometrics for you and me. *Amer J Orthodont*, 1953; 39, 729-755.
- Nanda R, Chhibber A, Upadhyay M. *Esthetics and Biomechanics in Orthodontics* 2nd ed. Elsevier Health Sciences. 2015.
- Athanasίου AE. *Orthodontic Cephalometry*. Mosby-Wolfe. 1995.
- Helal NM, Basri OA, Baeshen HA. Significance of cephalometric radiograph in orthodontic treatment plan decision. *J Contemp Dent Pract*, 2019, 20, 789-7793.
- Han UK, Vig KWL, Weintraub JA, Vig PS, Kowalski CJ. Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *Amer J Orthodont Dentofac Orthoped.*, 1991, 100, 212-219.
- Bruks A, Enberg K, Nordqvist I, Hansson AS, Jansson L, Svenson B. Radiographic examinations as an aid to orthodontic diagnosis and treatment planning. *Swed Dent J*, 1999, 23, 77-85.
- Nijkamp PG, Habets LLMH, Aartman IHA, Zentner A. The influence of cephalometrics on orthodontic treatment planning. *Europ J Orthodont*, 2008, 30, 630-635.
- Devereux L, Moles D, Cunningham SJ, McKnight M. How important are lateral cephalometric radiographs in orthodontic treatment planning? *Amer J Orthodont Dentofac Orthoped*, 2011, 139, e175-e181.
- Silling G, Rauch MA, Pentel L, Garfinkel L, Halberstadt G. The significance of cephalometrics in treatment planning. *The Angle Orthodont*, 1979, 49, 259-262.
- Atchison KA, Luke LS, White SC. Contribution of pretreatment radiographs to orthodontists' decision making. *Oral Surg, Oral Medic, Oral Pathol*, 1991, 71, 238-245.
- Durão AR, Alquerban A, Ferreira AP, Jacobs R. Influence of lateral cephalometric radiography in orthodontic diagnosis and treatment planning. *The Angle Orthodont*, 2015, 85, 206-210.
- Goyal M, Rastogi S. Importance of pilot and co-pilots in diagnosis and treatment planning of young orthodontic patients. *Int J Scien Res.*, 2018, 13, 39-41.
- Stupar I, Yetkiner E, Wiedemeier D, Attin T, Attin R. Influence of Lateral Cephalometric Radiographs on Orthodontic Treatment Planning of Class II Patients. *The Open Denti J*. 2018, 12, 296.
- Minch L, Warmuz J, Kawala B. Diagnostyka ortodontyczna według Charlesa H. Tweeda i Leverna Merrifielda. *Pomiary cefalometryczne. Forum Ortodont*, 2015, 275-282.
- Paddenberg E, Proff P, Kirschneck C. Floating norms for individualising the ANB angle and the WITS appraisal in orthodontic cephalometric analysis based on guiding variables. *J Orofac Orthoped*, 2023, 84, 10-18.
- Jaworski A, Smektała T, Królikowski M, Sporniak-Tutak K, Olszewski R. How Do Landmark Deviations Affect Angular Measurements? The Concept of Individual Cephalometric Calibration. *Dent Medic Probl.*, 2016, 53, 309-319.
- Kotuła J, Kuc AE, Lis J, Kawala B, Sarul M. New Sagittal and Vertical Cephalometric Analysis Methods: A Systemat Rev *Diagnost* 2022, Vol. 12, Page 1723, 12, 1723.
- Anderson G, Fields HW, Beck M, Chacon G, Vig KWL. Development of cephalometric norms using a unified facial and dental approach. *Angle Orthod*, 2006, 76, 612-618.
- Smółka P, Nelke K, Struzik N, Wiśniewska K, Kiryk S, Kensity J, Dobrzyński W, Kiryk J, Matys J, Dobrzyński M. Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. *App Sci*, 2024, 14, 4972.
- Mohsen NA, Radwanelbeialy AR, El-Din Eid SH, Abu Zeid S. Reliability of Different Frankfurt Reference Planes for Three Dimensional Cephalometric Analysis: "An Observational Study." *IOSR J Dent Medic Sci (IOSR-JDMS)* e-ISSN., 2018, 17, 41-52.

Lundström F, Lundström A. Natural head position as a basis for cephalometric analysis. Amer J Orthodont Dentofac Orthop, 1992, 101, 244-247.

Vedavathi HK, Roy P, Shashanka PKP, Kyathanahalli Subbaiah S. Orbito-Condylion and Orbito-Basion Lines as Alternatives to Frankfurt and Sella-Nasion Lines in Cephalometry. Iran J Orthodont, 2022, 17, 1-6.

Kucia A, Jankowski T, Siewniak M, Janiszewska-Olszowska J, Grocholewicz K, Szych Z, Wilk G. Sella turcica anomalies on lateral cephalometric radiographs of Polish children. Dentomaxillofacial Radiol, 2014, 43.

Kamoen A, Dermaut L, Verbeeck R. The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results. Europ J Orthodont, 2001, 23, 569-578.

Bishara SE, Peterson LC, Bishara EC. Changes in facial dimensions and re-

lationships between the ages of 5 and 25 years. Amer J Orthodont, 1984, 85, 238-252.

Cooke MS, Orth D, Wei SHY. The reproducibility of natural head posture: A methodological study. Amer J Orthodont Dentofac Orthoped. 1988, 93, 280-288.

Lundström A, Lundström F. The Frankfurt horizontal as a basis for cephalometric analysis. Amer J Orthodont Dentofac Orthoped, 1995, 107, 537-540.

Moorrees CFA. Natural head position – a revival. Amer J Orthodont Dentofac Orthoped, 1994, 105, 512-513.

Solow B, Tallgren A. Natural Head Position in Standing Subjects. Acta Odontol Scandin, 1971, 29, 591-607.

Tng TTH, Chan TCK, Cooke MS, Hägg U. Effect of head posture on cephalometric sagittal angular

measures. Amer J Orthodont Dentofac Orthoped, 1993, 104, 337-341.

Viazis AD. A cephalometric analysis based on natural head position. J Clin Orthodont, JCO, 1991, 25, 172-181.

Ghudasra R, Brizuela M. Orthodontics, Cephalometric Analysis. Stat-Pearls 2023.

Dantas JFC, de Carvalho SHG, de Andrade Freitas Oliveira LS, Barbosa DBM, de Souza RF, Sarmiento VA. Accuracy of Two Cephalometric Analyses in the Treatment of Patients with Skeletal Class III Malocclusion. Brazil Dent J, 2015, 26, 186-192.

Ferreira RP, Seraidarian, PI, Silveira GS, Rebello Horta MC, Palomo JM. How a Discrepancy Between Centric Relation and Maximum Intercuspation Alters Cephalometric and Condylar Measurements, Compend Contin Educ Dent 2020 e1-e6.

POSTAW NA SDPwO

Ruszyły zapisy na dziewiątą edycję Studium Doskonalenia Praktycznego w Ortodoncji, czyli **pierwszej, najstarszej na polskim rynku szkoły** kompleksowo przygotowującej do pracy z pacjentami wymagającymi interwencji ortodonty!

Nie zwlekaj i zarezerwuj sobie miejsce już dzisiaj!

Dlaczego Studium?

- ➔ **Ortodoncja od A do Z? Tylko u nas!**
- ➔ **Możliwość uzyskania dofinansowania - nawet do 80%!**
- ➔ **160 godzin nauki - w tym bardzo dużo praktyki!**
- ➔ **Ponad 10 lat doświadczenia!**
- ➔ **SDPwO przygotowuje swoich uczestników do kompleksowego leczenia ortodontycznego.**
- ➔ **Dobra lokalizacja - spotkania odbywają się w centrum Warszawy.**

Piotr Smółka¹Dorota Diakowska²Adam Malawski-Róg³Patrik Woś⁴Natalia Struzik⁵Maciej Dobrzyński⁶Stomatologia Współczesna:
vol. 31, nr 4 2024, 8-19**Słowa kluczowe:**analiza cefalometryczna,
diagnostyka wad zgryzu,
interpretacja graficzna, Wits,
ML-NL, „koło barw”**Key words:**cephalometric analysis,
malocclusion diagnosis,
graphical interpretation, Wits,
ML-NL, “color wheel”¹ lek. dent. Piotr Smółka
praktyka prywatna Wrocław
² prof. dr hab. Dorota Diakowska
ORCID: 0000-0002-1377-5601
Zakład Nauk Podstawowych
Uniwersytet Medyczny
im. Piastów Śląskich we Wrocławiu³ dr n. med. Adam Malawski-Róg
praktyka prywatna Łańcut⁴ lek. dent. Patrik Woś
praktyka prywatna Wrocław⁵ lek. dent. Natalia Struzik
Centrum Badań Przedklinicznych
Uniwersytet Medyczny
im. Piastów Śląskich we Wrocławiu⁶ dr hab. n. med. prof. uczelni
Maciej Dobrzyński
ORCID: 0000-0003-2368-1534
Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej
i Stomatologii Przedklinicznej,
Uniwersytet Medyczny
im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

Źródło finansowania: ze środków własnych.

Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej
i Stomatologii Przedklinicznej
Uniwersytet Medyczny
im. Piastów Śląskich we Wrocławiu
ul. Krakowska 26
50-425 Wrocław
e-mail: maciej.dobrzyński@umw.edu.pl

Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów – badania wstępne

The usefulness of graphical expression of key elements of cephalometric analysis in the opinions of orthodontists – preliminary study

Abstract**Introduction.** Cephalometric analysis is a crucial tool in the work of an orthodontist, providing essential diagnostic data and enabling treatment planning. Traditional cephalometric reports, often comprising extensive numerical data and graphs, can complicate the rapid diagnostic process. Graphical simplification of key parameters may increase clinical utility. The aim of this study is to investigate orthodontists' opinions on the necessity, preferred methods, and effectiveness of cephalometric analysis, as well as to evaluate the usefulness of the graphical tool “color wheel” integrated into the “Ortodoncja” software, which visualizes jaw relationships in the sagittal and vertical planes.**Methods.** An electronic survey was completed by 31 orthodontists between January and June 2024. The questionnaire included seven questions covering various aspects of cephalometric analysis usage. Responses were statistically analyzed using descriptive methods and correlation tests.**Results.** The vast majority (90.32%) of respondents routinely perform cephalometric analysis on 80-100% of their patients. The Wits index and the ML-NL angle were considered the most important for the general initial assessment of malocclusion by most respondents, correlating with the routine performance of cephalometric analyses and review of their results during follow-up visits. The “color wheel” was considered a valuable tool by 74.19% of experts. Additionally, 93.54% of orthodontists do not review all cephalometric data. There was a significant correlation between the length of software use and the perceived usefulness of the “color wheel” ($C = 0,472$; $p = 0,011$).**Conclusion.** The graphical presentation of cephalometric data using the “color wheel” simplifies the interpretation of key diagnostic parameters, supporting effective treatment planning. The results suggest that further refinement and broader adoption of such tools could enhance orthodontic practice. Further research with a larger sample size is recommended to validate these preliminary results.

Wprowadzenie. Analiza cefalometryczna jest kluczowym narzędziem w pracy lekarza ortodonta, dostarczającym niezbędnych danych diagnostycznych oraz umożliwiającym planowanie leczenia. Tradycyjne raporty cefalometryczne, często obejmujące obszerne dane liczbowe i wykresy mogą komplikować szybki proces diagnostyczny. Graficzne uproszczenie kluczowych parametrów może zwiększyć użyteczność kliniczną. Celem pracy jest zbadanie opinii ortodontów na temat konieczności stosowania preferowanych metod oraz skuteczności analizy cefalometrycznej, a także ocena przydatności narzędzia graficznego „koła barw” zintegrowanego z oprogramowaniem „Ortodoncja”, które wizualizuje relacje szczęk w płaszczyźnie strzałkowej i wertykalnej.

Metody. Ankieta elektroniczna została wypełniona przez 31 ortodontów w okresie styczeń-czerwiec 2024 roku. Kwestionariusz zawierał siedem pytań dotyczących różnych aspektów wykorzystania analizy cefalometrycznej. Odpowiedzi zostały poddane analizie statystycznej przy użyciu metod opisowych i testów korelacyjnych.

Wyniki. Zdecydowana większość (90,32%) respondentów rutynowo wykonuje analizę cefalometryczną u 80-100% swoich pacjentów. Parametry Wits oraz kąt ML-NL zostały uznane za najważniejsze przy ogólnej, wstępnej ocenie wady przez większość ankietowanych, co koreluje z obligatoryjnym wykonywaniem analiz cefalometrycznych. „Koło barw” zostało uznane za wartościowe narzędzie przez 74,19% ekspertów. Ponadto 93,54% ortodontów nie przegląda wszystkich danych cefalometrycznych podczas każdej wizyty kontrolnej. Istniała znacząca korelacja między długością użytkowania oprogramowania a postrzeganą przydatnością „koła barw” ($C = 0,472$; $p = 0,011$).

Wnioski. Graficzna prezentacja danych cefalometrycznych za pomocą

„koła barw” upraszcza interpretację kluczowych parametrów diagnostycznych, wspomagając efektywne planowanie leczenia. Wyniki sugerują, że dalsze doskonalenie i szersze zastosowanie takich narzędzi mogłoby usprawnić praktykę ortodontyczną. Zaleca się przeprowadzenie dalszych badań na większej grupie uczestników w celu potwierdzenia wstępnych wyników.

Wstęp

Analiza cefalometryczna jest ważnym narzędziem pracy ortodonta, umożliwiającym postawienie trafnej diagnozy oraz ustalenie właściwego planu leczenia. Pomaga ona określić wzajemny stosunek podstaw kostnych szczęki i żuchwy w płaszczyźnie sagittalnej i wertykalnej, a także określić relację zębów względem siebie oraz innych struktur czaszki (Malisz i wsp. 2018; Segner 1986; Subramanian i wsp. 2022).

Wyniki analizy przedstawiane są w postaci szeregu liczb składających się z wartości liniowych i kątowych oraz wykresów, które nierzadko zajmują kilka stron wydruku. Niemniej tak duża ilość danych utrudnia opracowanie szybkiej diagnozy (Smołka i wsp. 2024). Podczas realizacji założeń terapeutycznych na dalszych etapach leczenia, wraca się zawsze jedynie do kluczowych parametrów analizy określających stosunki zębowo-szkieletowe (Durão i wsp. 2015; Holdaway 1983).

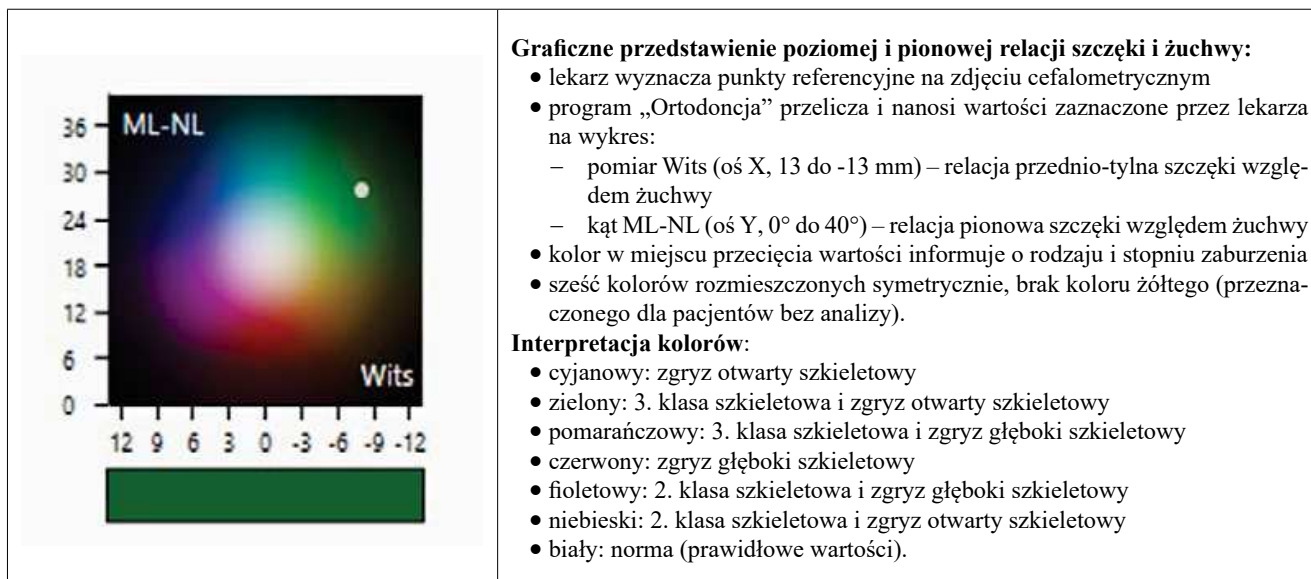
Zdarza się, że w dalszym etapie leczenia pomija się wnioski wynikające z wyjściowej analizy cefalometrycznej. Podczas każdej wizyty pacjenta istotnym jest regularnie wracać do kluczowych danych z pierwotnego badania cefalometrycznego (Arnett i wsp. 1993). Chroni to klinicystę przed popełnieniem błędów w mechanice leczenia głównych rodzajów wad zgryzu (Rischen i wsp. 2013).

Dla klinicysty najważniejsze jest na początku każdej wizyty szybkie zwizualizowanie wyjściowej wady

zgryzu pacjenta w płaszczyźnie strzałkowej i wertykalnej, gdyż parametry te są niezbędne do ustalenia właściwych procedur możliwych do zastosowania w danym momencie (Cudziło i wsp. 2016). W analizie cefalometrycznej obecnych jest wiele parametrów szkieletowych określających przednio-tylną i pionową relację szczęk (Sassouni 1958; Segner 1986). Problemem jest wybranie takich, które najtrafniej określają dane zaburzenie i umożliwiają klinicyście podjęcie właściwych kroków terapeutycznych.

Wychodząc naprzeciw potrzebom klinicystów, stworzono autorskie narzędzie upraszczające odczyt kluczowych parametrów analizy cefalometrycznej. Jego istotą jest wizualizacja graficzna w postaci „koła barw”, czyli prezentacja poziomej i pionowej relacji szczęki i żuchwy (ryc. 1). W celu zobrazowania zaburzenia na tak przygotowane „koło barw” nakłada się wykres dwóch współrzędnych obrazujących wyniki dwóch parametrów analizy cefalometrycznej pacjenta: 1) pomiar Wits (Ghodasra i wsp. 2023) w celu przedstawienia relacji przednio-tylnej oraz 2) kąt ML-NL (Daer i wsp. 2016) w celu zobrazowania relacji pionowej. Wykres – układ współrzędnych dwóch parametrów nakłada się w ten sposób, że punkt przecięcia prawidłowych wartości znajduje się na białym polu. Kolor biały przechodzi płynnie w kierunku sąsiedniej barwy od jaśniejszej do ciemniejszej na obwodzie. Im zaburzenie szkieletowe jest bardziej nasilone, tym bliżej obwodu znajduje się punkt przecięcia dwóch wartości, a kolor w tym miejscu jest ciemniejszy. Metoda ta, czyli kolorystyczne ujęcie wyników analizy cefalometrycznej, usprawnia proces realizacji planu leczenia podczas kolejnych wizyt.

Wykorzystanie kluczowych elementów analizy cefalometrycznej zwizualizowanych w postaci „koła barw” jest istotą oprogramowania medycznego „Ortodoncja” autorstwa lek. stom. Piotra Smołki (Gorcowska i wsp. 2013; Smołka i wsp. 2018). Program ten od wielu lat jest szeroko



Ryc. 1. „Kółko barw” – autorskie narzędzie graficzne w programie „Ortodoncja” upraszczające odczyt kluczowych parametrów analizy cefalometrycznej.

Fig. 1. “Colour Wheel” –A proprietary graphical tool in the “Ortodoncja” program that simplifies the reading of key parameters for cephalometric analysis.

Tab. I. Pytania i odpowiedzi zawarte w ankiecie.

Tab. I. Questions and answers included in the survey.

Numer	Pytanie	Odpowiedzi
1.	W jakim odsetku Pani/Pana pacjentów wykonywane są analizy cefalometryczne przed leczeniem ortodontycznym?	a. 0-30% b. 30-50% c. 50-80% d. 80-100%
2.	Które parametry w analizie cefalometrycznej są najbardziej przydatne do ogólnej oceny charakteru wady?	a. Wits & ML-NL b. ANB & GoGn-SN c. Overjet & Overbite d. Kąt 1-NA* & Kąt 1-NB & Kąt międzysieczny 1-1
3.	Czy na każdej wizycie kontrolnej przegląda Pani/Pan WSZYSTKIE wyniki analizy cefalometrycznej?	a. Tak b. Nie
4.	Czy „kółko barw” w programie „Ortodoncja” wizualizujące problem ortodontyczny pacjenta jest przydatnym narzędziem w procesie terapeutycznym?	a. Tak b. Nie
5.	Zazwyczaj robię analizę:	a. Segner i Hasund b. Steiner (z modyfikacją Kaminka) c. Mc Namara d. Björk e. Ricketts f. FACE g. Tweed h. Jefferson i. Inne
6.	Czy podczas wprowadzania punktów cefalometrycznych używa Pani/Pan funkcji „scroll” do powiększenia zdjęcia rtg.?	a. Tak b. Nie
7.	Czy używa Pani/Pan programu „Ortodoncja”, a jeżeli tak, to jak długo?	a. Nie używam b. 0-5 lat c. 5-10 lat d. > 10 lat

wykorzystywany przez lekarzy ortodontów w Polsce. Dzięki licznym uwagom użytkowników powstało wiele wersji tego programu, aktualną jest wersja 9.

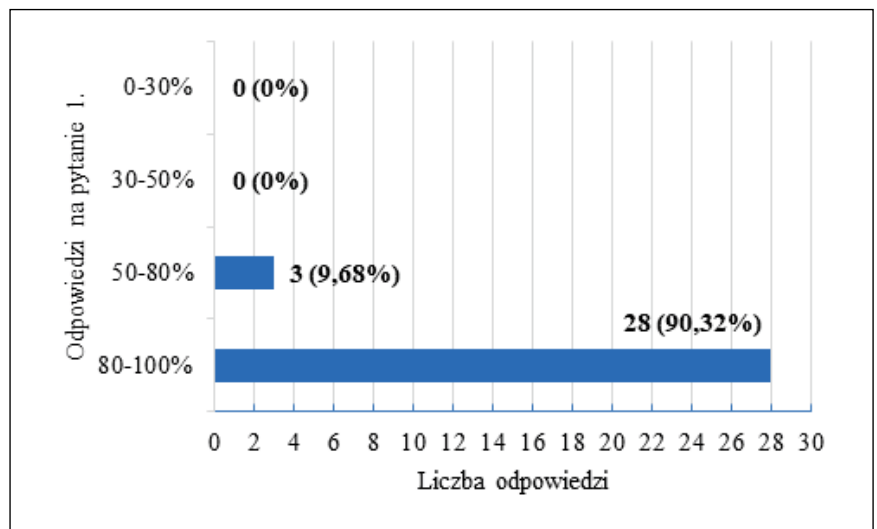
Celem pracy jest zbadanie opinii lekarzy ortodontów dotyczących konieczności i celowości wykonywania analizy cefalometrycznej podczas diagnostyki wad zgryzu oraz opracowania planu leczenia, a także preferowanych metod analizy. Ponadto zweryfikowano opinie na temat przydatności funkcji programu w postaci „koła barw” zawartego w programie „Ortodoncja” w codziennej pracy klinicznej.

Materiały i metody

Badanie polegało na opracowaniu ankiety dla lekarzy dentyistów, ekspertów w zakresie leczenia ortodontycznego. Ankiety rozesłaną za pośrednictwem poczty elektronicznej wypełniło 31 lekarzy ortodontów poprzez platformę Google w okresie styczeń-czerwiec 2024 roku.

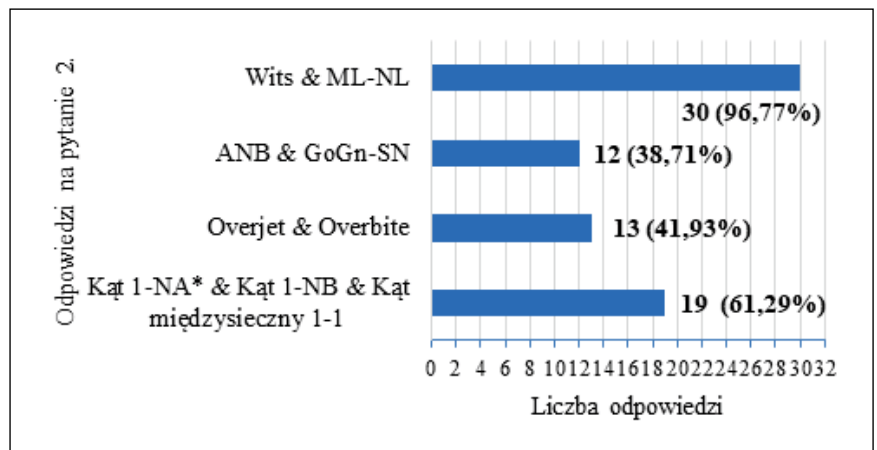
Ankieta dotyczyła różnych aspektów wykorzystania pomiarów analizy cefalometrycznej w leczeniu ortodontycznym. Kwestionariusz składał się z 7 pytań, w tym 5 pytań, w których ekspert mógł wybrać tylko jedną odpowiedź (pytanie nr 1, 3, 4, 6, 7) oraz dwóch pytań, w których ekspert mógł wybrać więcej niż jedną odpowiedź (pytanie nr 2 i 5). Pytania oraz dystrybucje odpowiedzi przedstawiono w tabeli I. Wszyscy eksperci biorący udział w badaniu udzielili odpowiedzi na wszystkie pytania.

Odpowiedzi z kwestionariusza zostały wyeksportowane z Google do programu Ms Excel i Statistica 13.3 (Tibco Software Inc., Palo Alto, CA, USA) w celu przeprowadzenia analizy statystycznej. Przeprowadzono analizy opisowe odpowiedzi na każde pytanie, a dane przedstawiono jako liczba odpowiedzi i procent. Korelacje między zmiennymi były testowane za pomocą współczynnika kontyngencji (C), który jest miarą



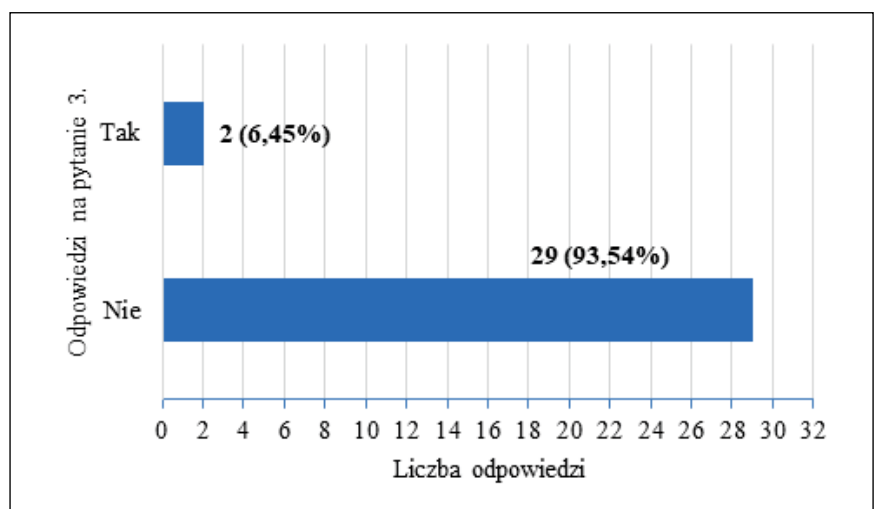
Ryc. 2. W jakim odsetku Pani/Pana pacjentów wykonywane są analizy cefalometryczne przed leczeniem ortodontycznym?

Fig. 2. In what percentage of your patients are cephalometric analyses performed prior to orthodontic treatment?



Ryc. 3. Które parametry w analizie cefalometrycznej są najbardziej przydatne do ogólnej oceny charakteru wady?

Fig. 3. Which parameters in cephalometric analysis are most useful for the overall assessment of the nature of the defect?



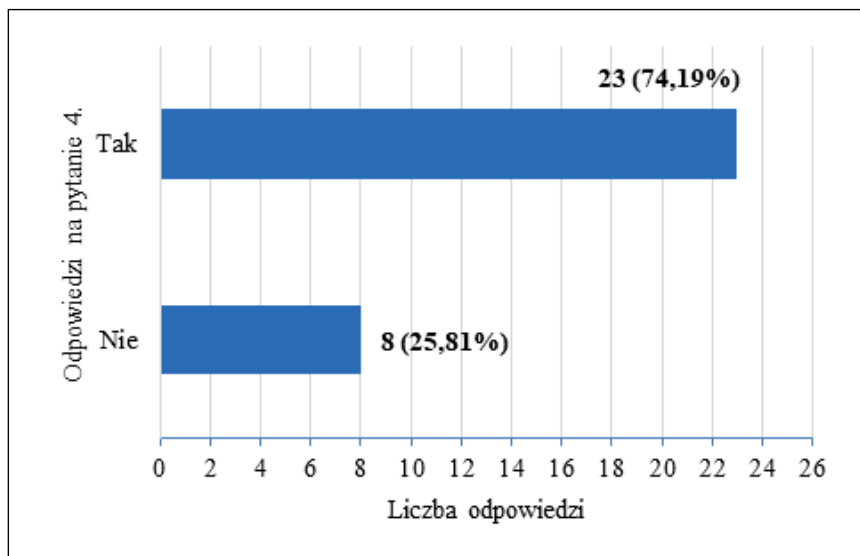
Ryc. 4. Czy na każdej wizycie kontrolnej przegląda Pani/Pan WSZYSTKIE wyniki analizy cefalometrycznej?

Fig. 4. Do you review ALL the results of the cephalometric analysis at each follow-up visit?

zależności opartą na teście chi-kwadrat dla zmiennych jakościowych oraz współczynnika korelacji φ (φ) dla tabel 2x2. Przyjęto następującą skalę zgodności opinii ekspertów na podstawie wartości współczynnika korelacji: bardzo dobra (wartość współczynnika $> 0,70$), dobra (wartość współczynnika $0,70-0,51$), zadowalająca (wartość współczynnika $0,50-0,31$), niewystarczająca (wartość współczynnika $< 0,30$). Wartości p poniżej $0,05$ uznano za statystycznie istotne, a wartości $0,05 < p < 0,1$ wyznaczały tendencję do istotności statystycznej.

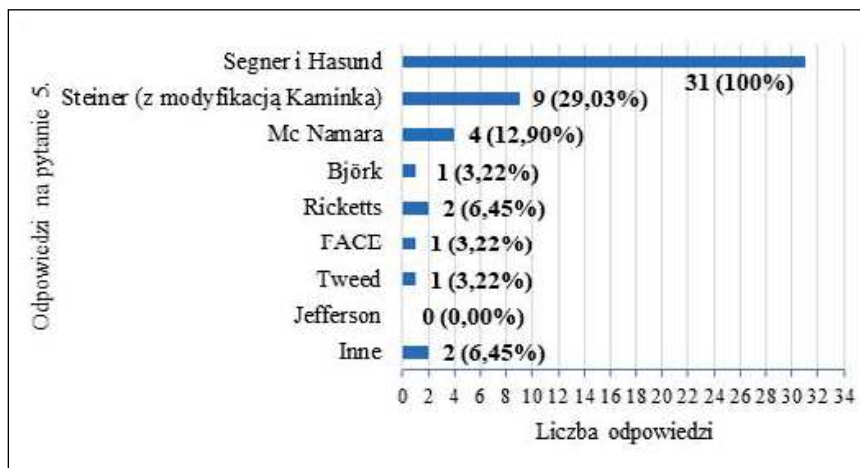
Wyniki

Zdecydowana większość ekspertów odpowiedziała, że wykonuje analizę cefalometryczną u wszystkich lub prawie wszystkich pacjentów. Jedynie 3 osoby uczestniczące w ankiecie (9,68%) wykonują analizę w 50-80% przypadków (ryc. 2). Aż 96,77% badanych uważa, że parametry Wits oraz ML-NL, czyli parametry ujęte w „kole barw” są jednymi z najbardziej przydatnych parametrów do ogólnej oceny charakteru wady (ryc. 3). Prawie wszyscy ankietowani (93,54%) zaznaczyli, że nie przeglądają wyników analizy cefalometrycznej przy każdej wizycie pacjenta (ryc. 4), a znaczący procent ekspertów (74,19%) twierdzi, że koło kolorów jest przydatnym narzędziem (ryc. 5). Najbardziej popularną analizą okazała się analiza Segnera-Hasunda, używają jej wszyscy eksperci (ryc. 6). Odpowiedzi na pytanie nr 6 wskazują, że funkcja przybliżania obrazu podczas wprowadzania punktów analizy umożliwiającą zwiększenie dokładności jest wykorzystywana przez zdecydowaną większość (87,09%) osób (ryc. 7). W ankiecie brały udział zarówno osoby, które używają programu „Ortodoncja” od niedawna (0-5 lat) – 38,71%, osoby z większym doświadczeniem korzystania z programu (5-10 lat) – 35,48% oraz takie, które korzystają z niego już od przynajmniej 10 lat – 25,81% (ryc. 8).



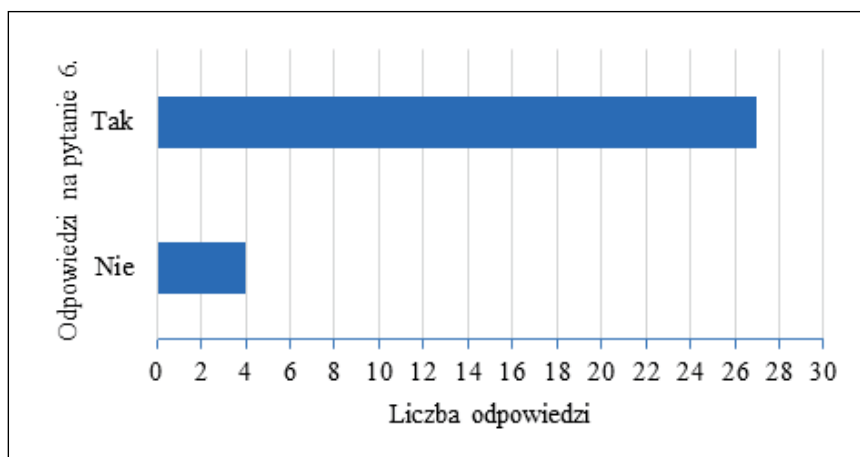
Ryc. 5. Czy „koło barw” w programie „Ortodoncja” wizualizujące problem ortodontyczny pacjenta jest przydatnym narzędziem w procesie terapeutycznym?

Fig. 5. Is the "colour wheel" in the "Ortodoncja" programme visualising the patient's orthodontic problem a useful tool in the therapeutic process?



Ryc. 6. Zazwyczaj robię analizę:

Fig. 6. I usually do the analysis:

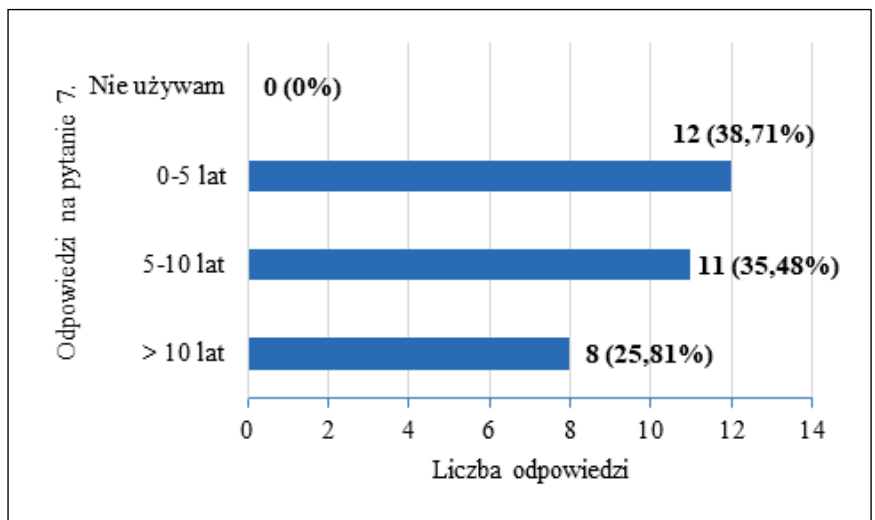


Ryc. 7. Czy podczas wprowadzania punktów cefalometrycznych używa Pani/Pan funkcji „scroll” do powiększenia zdjęcia rtg.?

Fig. 7. When entering cephalometric points, do you use the "scroll" function to enlarge the X-ray image?

Analiza statystyczna wyników badań ankietowych wykazała, że choć wykonywanie analiz cefalometrycznych przed leczeniem ortodontycznym jest powszechną praktyką, nie wpływa znacząco na większość odpowiedzi ekspertów (tab. II-IV; ryc. 9). Zdecydowana większość ekspertów uważa, że parametry Wits oraz ML-NL są jednymi z najbardziej przydatnych do ogólnej oceny wady ortodontycznej, co koreluje z częstszym wykonywaniem analiz cefalometrycznych przez te osoby ($\varphi = 0,557$; $p = 0,002$) (tab. III, ryc. 10).

W badaniu znaleziono istotną korelację między czasem korzystania z programu „Ortodoncja” a postrze-



Ryc. 8. Czy używa Pani/Pan programu „Ortodoncja”, a jeżeli tak to jak długo?
Fig. 8. Have you been using the “Ortodoncja” programme, and if so for how long?

Tab. II. Korelacje między pytaniami, w których ekspert mógł wybrać jedną odpowiedź.
Tab. II. Correlations between questions where the expert could choose one answer.

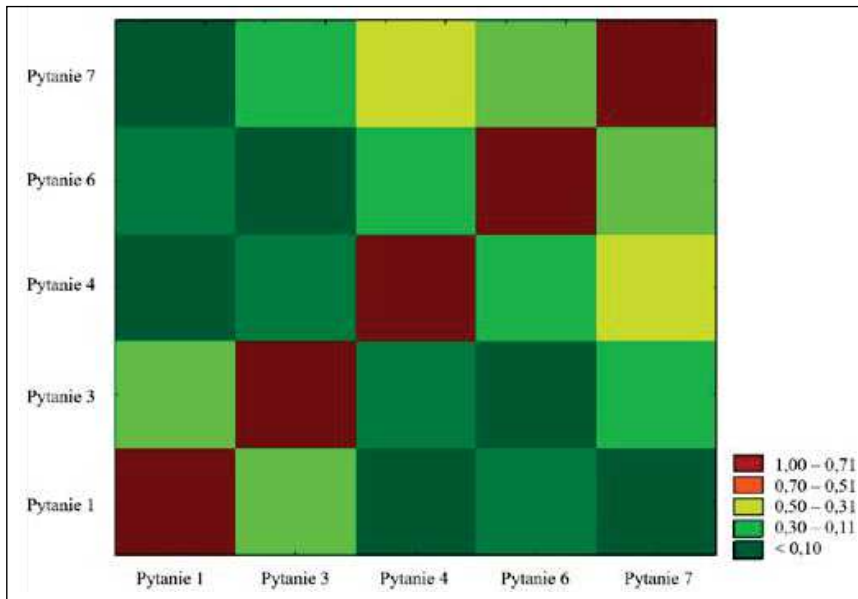
	Pytanie 1	Pytanie 3	Pytanie 4	Pytanie 6	Pytanie 7
Pytanie 1	1,000				
Pytanie 3	C = 0,337 p = 0,187	1,000			
Pytanie 4	C = 0,056 p = 1,000	C = 0,153 p = 1,000	1,000		
Pytanie 6	C = 0,125 p = 1,000	C = 0,100 p = 1,000	C = 0,208 p = 0,268	1,000	
Pytanie 7	C = 0,057 p = 0,950	C = 0,202 p = 0,518	C = 0,472 p = 0,011*	C = 0,330 p = 0,149	1,000

C – współczynnik kontyngencji; p – wartość prawdopodobieństwa; * – statystycznie istotne
C – contingency coefficient; p – probability value; * – statistically significant

Tab. III. Korelacje między pytaniem 2, w którym ekspert mógł wybrać więcej niż jedną odpowiedź, a pytaniami 1, 3, 4, 6 i 7.
Tab. III. Correlations between question 2, where the expert could select more than one answer, and questions 1, 3, 4, 6 and 7.

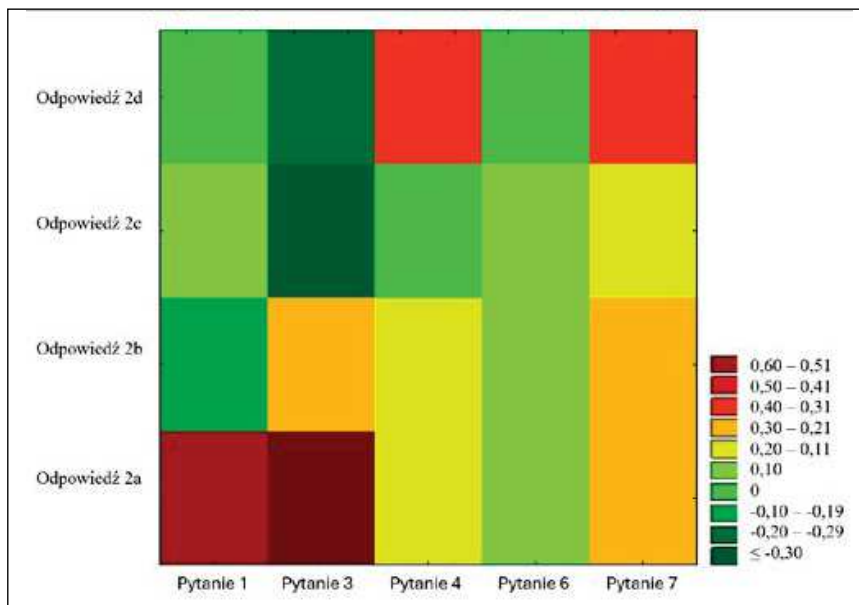
	Pytanie 1	Pytanie 3	Pytanie 4	Pytanie 6	Pytanie 7
Odpowiedź 2a	$\varphi = 0,557$ $p = 0,002^*$	$\varphi = 0,695$ $p = 0,0001^*$	$\varphi = 0,107$ $p = 0,548$	$\varphi = 0,070$ $p = 0,695$	C = 0,223 p = 0,441
Odpowiedź 2b	$\varphi = -0,187$ $p = 0,295$	$\varphi = 0,208$ $p = 0,245$	$\varphi = 0,136$ $p = 0,446$	$\varphi = 0,089$ $p = 0,619$	C = 0,291 p = 0,236
Odpowiedź 2c	$\varphi = 0,057$ $p = 0,750$	$\varphi = -0,309$ $p = 0,085$	$\varphi = -0,053$ $p = 0,767$	$\varphi = 0,062$ $p = 0,726$	C = 0,106 p = 0,837
Odpowiedź 2d	$\varphi = -0,036$ $p = 0,840$	$\varphi = -0,208$ $p = 0,245$	$\varphi = 0,317$ $p = 0,077$	$\varphi = -0,089$ $p = 0,619$	C = 0,348 p = 0,098

φ – współczynnik korelacji; C – współczynnik kontyngencji; p – wartość prawdopodobieństwa; * – statystycznie istotne
 φ – correlation coefficient; C – contingency coefficient; p – probability value; * – statistically significant



Ryc. 9. Korelacje między pytaniami, w których ekspert mógł wybrać jedną odpowiedź. Kolory odpowiadają zakresom współczynników korelacji.

Fig. 9. Correlations between questions where the expert was allowed to select one answer. Colours correspond to ranges of correlation coefficients.



Ryc. 10. Korelacje między pytaniami, w których ekspert mógł wybrać jedną odpowiedź. Kolory odpowiadają zakresom współczynników korelacji. Ciemnobrązowy i jasnobrązowy wskazują na statystycznie istotne korelacje.

Fig. 10. Correlations between questions where the expert was allowed to select one answer. Colours correspond to ranges of correlation coefficients. Dark brown and light brown indicate statistically significant correlations.

ganiem przydatności „koła barw” w tym programie ($C = 0,472$; $p = 0,011$) (tab. II, ryc. 9). Im dłużej eksperci korzystają z programu „Ortodoncja”, tym bardziej uważają „koło barw” za przydatne narzędzie w procesie terapeutycznym. Jest to obserwacja wskazująca, że dłuższe

korzystanie z programu wpływa pozytywnie na ocenę jego narzędzi.

Ocena odpowiedzi ekspertów na temat stosowania różnych metod analizy cefalometrycznej wykazała, że lekarze stosujący analizę Steinera rzadziej przeglądają wszystkie wyniki na każdej wizycie (tab. IV).

Wskazuje to na możliwe różnice w podejściu do monitorowania wyników w zależności od stosowanej metody analizy.

Badanie ankietowe pokazało również, że wybór najbardziej przydatnych parametrów cefalometrycznych do ogólnej oceny wady, takich jak ANB & GoGn-SN, Overjet & Overbite, kąt 1-NA & kąt 1-NB & kąt międzysieczny 1-1, nie wpływa znacząco na inne odpowiedzi ekspertów (tab. IV). Stwierdzono brak istotnych korelacji dla pozostałych analiz cefalometrycznych (m.in. Björka, Rickett’a, FACE, Tweeda) co sugeruje, że wybór tych metod nie wpływa na pozostałe odpowiedzi ekspertów (tab. IV). Może to wskazywać na dużą zmienność w indywidualnych podejściach do leczenia ortodontycznego.

Dyskusja

Wprowadzona w pierwszej połowie dwudziestego wieku radiografia cefalometryczna stała się podstawowym narzędziem klinicznym i naukowym do badania wad zgryzu oraz dysproporcji szkieletowych (Proffit i wsp. 2009; Williams i wsp. 2012). Zadaniem cefalometrii jest opis stosunków zębowo-szkieletowych diagnozowanego pacjenta. Istnieje wiele metod analizy cefalometrycznej (Sobieska i wsp. 2019), wśród których najbardziej znanymi są opracowane przez Schwarza, Steinera, Sassouniego, Segnera i Hasunda, Harvolda, Björka, Jarabaka, Jeffersona, Rickettsa, Tweeda czy McNamary.

Analiza cefalometryczna uznawana jest za „złoty standard” diagnostyczny ze względu na jej precyzję, obiektywność, standaryzację, użyteczność w planowaniu i monitorowaniu leczenia ortodontycznego, solidne wsparcie naukowe oraz możliwość integracji z nowoczesnymi technologiami (Narkhede i wsp. 2024). Aż 90,32% badanych wykonuje ją u 80-100% leczonych pacjentów ortodontycznych, co potwierdza jej zasadność oraz popularność.

Tab. IV. Korelacje między pytaniem 5, w którym ekspert mógł wybrać więcej niż jedną odpowiedź, a pytaniami 1, 3, 4, 6 i 7.

Tab. IV. Correlations between question 5, where the expert could select more than one answer, and questions 1, 3, 4, 6 and 7.

	Pytanie 1	Pytanie 3	Pytanie 4	Pytanie 6	Pytanie 7
Odpowiedź 5a	$\varphi = 0,000$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,000$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,000$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,000$ $p = 1,000$	-
Odpowiedź 5b	$\varphi = -0,271$ $p = 0,194$	$\varphi = -0,410$ $p = 0,077^{\#}$	$\varphi = 0,110$ $p = 0,659$	$\varphi = -0,034$ $p = 1,000$	$C = 0,356$ $p = 0,117$
Odpowiedź 5c	$\varphi = 0,125$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,101$ $p = 1,000$	$\varphi = -0,007$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,425$ $p = 0,070$	$C = 0,213$ $p = 0,533$
Odpowiedź 5d	$\varphi = 0,059$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,047$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,309$ $p = 0,258$	$\varphi = 0,474$ $p = 0,129$	$C = 0,309$ $p = 0,245$
Odpowiedź 5e	$\varphi = 0,085$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,068$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,145$ $p = 0,455$	$\varphi = 0,290$ $p = 0,245$	$C = 0,205$ $p = 0,383$
Odpowiedź 5f	$\varphi = 0,059$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,047$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,309$ $p = 0,258$	$\varphi = -0,070$ $p = 1,000$	$C = 0,246$ $p = 0,344$
Odpowiedź 5g	$\varphi = 0,059$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,047$ $p = 1,000$	$\varphi = -0,107$ $p = 1,000$	$\varphi = -0,070$ $p = 1,000$	$C = 0,246$ $p = 0,344$
Odpowiedź 5h	-	-	-	-	-
Odpowiedź 5i	$\varphi = 0,085$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,068$ $p = 1,000$	$\varphi = 0,145$ $p = 0,455$	$\varphi = -0,101$ $p = 1,000$	$C = 0,445$ $p = 0,054^{\#}$

φ – współczynnik korelacji; C – współczynnik kontyngencji; p – wartość prawdopodobieństwa; $\#$ – tendencja do istotności statystycznej
 φ – correlation coefficient; C – contingency coefficient; p – probability value; $\#$ – statistical significance bias

Z wielu różnych metod analizy cefalometrycznej, analiza według Segnera-Hasunda jest uznawana za najbardziej komplementarną i wartościową. Wartości zmiennych cefalometrycznych są porównywane z indywidualnymi zmiennymi oczekiwanymi dla typu twarzy danego pacjenta (Karłowska 2009; Segner, Hasund 1998). Wykorzystuje ona rozbudowaną listę punktów referencyjnych, co pozwala na bardziej dokładną ocenę relacji struktur. Punkty te obejmują zarówno twarde, jak i miękkie tkanki, co zapewnia kompleksowy obraz anatomiczny pacjenta. Koresponduje to z opinią respondentów, z której wynika, że wszyscy ankietowani stosują tę metodę nawet

jeśli dodatkowo używają innych metod analizy cefalometrycznej. Analiza według Segnera-Hasunda jest szeroko wykorzystywana przez polskich lekarzy ortodontów w praktyce klinicznej oraz badaniach naukowych (Bogusiak i wsp. 2016; Jankowska i wsp. 2021; Kurpiak i wsp. 2020, 2019; Pawlak i wsp. 2007; Zawiślak i wsp. 2023 a; b).

Badania na temat wykorzystania analizy cefalometrycznej w diagnostyce ortodontycznej sięgają lat 30. ubiegłego wieku (Broadbent 1931), jednak spory na temat przydatności poszczególnych jej parametrów wciąż trwają. „Koło barw” – narzędzie będące jednym z elementów autorskiej

ankiety umożliwia wykorzystanie zależności Wits oraz kąta ML-NL w codziennej praktyce klinicznej. W piśmiennictwie nie znaleziono informacji na temat stosowania analogicznego do „koła barw” narzędzia diagnostycznego przez innych twórców oprogramowań dla ortodontów. Problem złożoności analizy cefalometrycznej – z uwagi na dużą liczbę parametrów – uniemożliwia jej wykorzystanie w pełnym zakresie. W związku z tym podjęto trud wyselekcjonowania najistotniejszych parametrów niezbędnych w codziennej praktyce.

Wybór tych dwóch parametrów analizy cefalometrycznej nie jest przypadkowy. Zastosowanie pomia-

ru Wits zamiast kąta ANB, kąta Tau i innych parametrów określających położenie przednio-tylne szczęki i żuchwy uzasadnione jest tym, że pomiar Wits wykazuje większą dokładność w porównaniu z diagnozą w oparciu o inne normy cefalometryczne opracowane na podstawie badań populacyjnych (Proffit i wsp. 2009). Dowodzą tego badania Andersona i wsp., których celem było stworzenie „złotego standardu” diagnostyki cefalometrycznej w oparciu o kliniczne odpowiednie funkcje dopasowane do szkieletowej i zębowej okluzji (Anderson i wsp. 2006). Inne parametry cefalometryczne uwzględniają diagnostycznie różne aspekty szkieletu, zaburzane są przez inne pomiary (np. pionowe) lub mają różne wzorce pochodzenia norm. Należy podkreślić, że charakterystyka kąta ANB dla tej samej relacji strzałkowej cechuje się dużymi zmianami w zależności od położenia punktu A i punktu B w stosunku do przedniej podstawy czaszki (Ferrazzini 1976; Loster i wsp. 2015; Paddenberg i wsp. 2023). Im większe wartości kąta SNA i SNB tym odpowiednio większa jest wartość kąta ANB. Jednocześnie wartość bezwzględna strzałkowej odległości A od B wzrasta z wartością pionowej odległości punktu A od punktu B. W związku z tym wartość kąta ANB jest pod silnym wpływem zmiennych anatomicznych (Jaworski i wsp. 2016; Kotuła i wsp. 2022; Sadat-Khonsari i wsp. 2009), przez co może być mylnie zinterpretowana. W związku z tym w wymiarze przednio-tylnym pomiar Wits jest jedynym zbadanym standardowym pomiarem zdolnym niezawodnie różnicować przednio-tylne relacje szczęki i żuchwy na bocznym cefalogramie.

Z kolei drugi wybrany parametr do wykresu nakładanego na „koło barw”, czyli kąt ML-NL opisuje stopień nachylenia podstawy żuchwy (ML) do podstawy szczęki (linia nosowa NL). Kąt ten określa się także jako kąt międzypodstawny; wyra-

ża on odchylenie kątowe podstaw szczęk (Daer i wsp. 2016). Z klinicznego punktu widzenia parametr ten stanowi podstawę do dyskusji nad oceną anomalii zębowych z odchyleniem podstaw szczęk w płaszczyźnie wertykalnej: zgryz otwarty, głęboki. Ma on także duże znaczenie dla lekarza klinicysty, gdyż dostarcza wielu ważnych informacji na temat istoty zaburzenia. Ponadto wspomaga decyzję diagnostyczną w kontekście leczenia zachowawczego lub operacyjnego pionowych i przednio-tylnych wad zgryzu. Szczególnego znaczenia nabiera ów kąt w przypadkach granicznych, gdy przy braku miejsca należy rozstrzygnąć kwestię dystalizacji trzonowców, która wywołując dotylną rotację żuchwy, może spowodować otwieranie się zgryzu, co przy niskich wartościach kąta ML-NL byłoby rezultatem pożądanym. Wartość kąta ML-NL pozwala ustalić czy konieczne jest zastosowanie mechanizmów intrudujących lub ekstrudujących trzonowce, np. aparatu Headgear (Christensen i wsp. 2019).

Odpowiedzi ekspertów także wskazały, że parametry Wits oraz kąt ML-NL są najczęściej wykorzystywane i stanowią kluczowe elementy analizy. Większość respondentów (61,29%) zaznaczyło również odpowiedź uwzględniającą kąty 1-NA, 1-NB oraz kąt międzysieczny 1-1 (Lohrmann i wsp. 2006). Wskazuje to, że powyższe parametry powinny być uwzględnione przy projektowaniu innego narzędzia informatycznego o podobnej funkcji. Istnienie kluczowych z punktu widzenia diagnostycznego i terapeutycznego parametrów cefalometrycznych determinowało opinię ekspertów związaną z brakiem konieczności przeglądania podczas każdej wizyty kontrolnej wszystkich wyników rentgenowskiej analizy zdjęcia bocznego głowy (93,54% ankietowanych).

Znakomita większość respondentów (74,19%) uznała „koło barw”

w programie „Ortodoncja” obrazującą problem ortodontyczny pacjenta za przydatne narzędzie w procesie terapeutycznym. Stała świadomość wielkości zaburzenia zwizualizowanego za pomocą „koła barw” pozwala klinicystom zakwalifikować pacjentów do grupy wymagającej częstszych wizyt kontrolnych w trakcie aktywnego leczenia i po jego zakończeniu, co wiąże się z podjęciem decyzji o ewentualnym zastosowaniu odpowiednich aparatów retencyjnych. Szybkie ustalenie stopnia zaburzenia za pomocą powyższego narzędzia może mieć znaczenie dla początkującego lekarza ortodonta, pozwalając w trudnych przypadkach na podjęcie decyzji o skonsultowaniu planu leczenia z innym doświadczonym ortodontą, ewentualnie z laryngologiem, fizjoterapeutą, logopedą czy chirurgiem szczękowo-twarzowym. Dla lekarza z małym doświadczeniem wizualizacja stopnia nasilenia wady szkieletowej za pośrednictwem „koła barw” pozwala uniknąć pomyłki, co może mieć miejsce w sytuacji ograniczania się do próby leczenia niedużej wady zębowej przy współistniejącej dużej dysharmonii szkieletowej, niewidocznej gołym okiem. Nie bez znaczenia wreszcie jest fakt, że za pomocą kolorystycznego przedstawienia kluczowych parametrów cefalometrycznych można uzmysłowić pacjentom stopień nasilenia istniejącego zaburzenia szkieletowego, z czego na ogół nie zdają sobie sprawy. Daje to psychologiczny efekt pozwalający na zrozumienie potrzeby zastosowania proponowanej metody leczenia i podjęcie ewentualnej decyzji o skojarzonym leczeniu ortodontyczno-chirurgicznym.

Przeanalizowano także wykorzystanie funkcji scroll programu „Ortodoncja” umożliwiającej przybliżanie obrazu podczas zaznaczania punktów cefalometrycznych. Badania prowadzone w przeszłości na grupie ortodontów wykazały, że punkty w analizie cefalometrycznej za-

znaczane są często niedokładnie i występują znaczące rozbieżności pomiędzy analizami wykonywanymi przez różnych lekarzy u tych samych pacjentów (Moore 1976; Smółka i wsp. 2024). Zebrane odpowiedzi wskazały, że funkcja ta jest powszechnie wykorzystywana, co świadczy o jej przydatności i słuszności powiększania obrazu podczas oznaczania punktów topograficznych w analizie cefalometrycznej – bez względu na rodzaj wykorzystywanego oprogramowania.

Komputerowe analizy teleroentgenogramów bocznych głowy mają szerokie zastosowanie we współczesnej diagnostyce ortodontycznej (Alkhayer i wsp. 2020; Erkan i wsp. 2012; Iwanicki i wsp. 2008). Nie wymagają analogowych zdjęć RTG, posiadania negatoskopu oraz przyrządów kreślarskich. Umożliwiają precyzyjne nanoszenie punktów cefalometrycznych, a przede wszystkim szybkie otrzymanie wyniku (Akhare i wsp. 2013; Celik i wsp. 2009; Farooq i wsp. 2016). Na rynku jest wiele programów komputerowych – jednym z nich jest „Ortodoncja”, od dawna szeroko wykorzystywana wśród polskich lekarzy ortodontów. Potwierdza to wynik badania ankietowego, w którym ponad 61% ekspertów korzysta z tego programu powyżej 5 lat i dłużej. Graficzna ekspresja kluczowych elementów analizy cefalometrycznej jako jedna z funkcjonalności autorskiego programu w opiniach lekarzy ortodontów biorących udział w badaniu jest chętnie wykorzystywana. Autorzy dostrzegają związek tego faktu z analizowaniem przez ekspertów przede wszystkim wartości Wits oraz ML-NL w oparciu o które skonstruowano narzędzie „koła barw”.

Uzyskane wyniki mają charakter pilotażowy dlatego należy podkreślić konieczność prowadzenia dalszych badań na większej grupie ankietowanych.

Wnioski

Analiza wyników badania ankietowego wykazała, że funkcja scroll jest przydatnym narzędziem do zwiększenia dokładności oznaczania punktów cefalometrycznych na zdjęciu rtg., a „koło barw” w programie „Ortodoncja” umożliwia klinicystom szybką prezentację kluczowych informacji zębowo-szkieletowych leczonego pacjenta. Zdecydowana większość ekspertów korzysta z tych funkcji i uważa, że parametry Wits oraz ML-NL użyte w „kole barw” słusznie zostały wybrane jako kluczowe parametry diagnostyczne.

Prowadzenie badań ankietowych wśród ekspertów umożliwia dalsze rozwijanie funkcjonalności ortodontyczno-diagnostycznych programów komputerowych.

Dostęp do kluczowych parametrów diagnostycznych charakteryzujących zębowo-szkieletowe cechy pacjenta redukuje ryzyko popełnienia błędów klinicznych oraz zmniejsza czas potrzebny do zapoznania się z dokumentacją pacjenta przed każdą wizytą kontrolną.

Wyniki analizy statystycznej wskazują, że pewne aspekty korzystania z analizy cefalometrycznej, takie jak czas korzystania z programu „Ortodoncja” oraz preferowane parametry mają istotny wpływ na inne decyzje i praktyki ekspertów.

Piśmiennictwo

Segner D. The shape of the human face recorded by use of contour photography and spline function interpolation. *Europ J Orthod* 1986; 8, 112.

Subramanian AK, Chen Y, Almalki A, Sivamurthy G, Kafle D. Cephalometric Analysis in Orthodontics Using Artificial Intelligence – A Comprehensive Review. *BioMed Res Int* 2022; 2022, 1880113.

Malisz P, Dubis A, Mizgalska-Tarczyk H. Podstawy badań stomatolo-

gicznych: zdjęcia zewnątrzustne – cefalometryczne (cefalogram). *Inżynier i Fizyk Med* 2018; Vol. 7.

Smółka P, Nelke K, Struzik N, Wiśniewska K, Kiryk S, Kensy J, Dobrzyński W, Kiryk J, Matys J, Dobrzyński M. Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Applied Sci* 2024; 14, 4972.

Durão AR, Alqerban A, Ferreira AP, Jacobs R. Influence of lateral cephalometric radiography in orthodontic diagnosis and treatment planning. *The Angle Orthod* 2015; 85, 206.

Holdaway RA. A soft-tissue cephalometric analysis and its use in orthodontic treatment planning. Part I. *Amer J Orthod* 1983; 84, 1.

Arnett GW, Bergman RT. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part I. *Amer J Orthod and Dentofac Orthoped* 1993; 103, 299.

Rischen RJ, Breuning KH, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM. Records Needed for Orthodontic Diagnosis and Treatment Planning: A Systematic Review. *PLOS ONE* 2013; 8, e74186.

Cudziło D, MatthewsBrzozowska T, Stoczkiewicz D. Dysmorfia płciowa profilu twarzy w analizie cefalometrycznej. *Dent Forum* 2016; 44, 21.

Sassouni V. Diagnosis and treatment planning via roentgenographic cephalometry. *Amer J Orthodont* 1958; 44, 433.

Ghodastra R, Brizuela M. Orthodontics, Cephalometric Analysis. *Stat-Pearls* 2023.

Daer AA, Abuaffan AH. Cephalometric norms among a sample of Yamani adults. *Orthodontic Waves* 2016; 75, 35.

- Smołka P, Sulewski M, Majdan A, Dobrzyński M. Zastosowanie komputerowej analizy cefalogramów bocznych głowy – charakterystyka programu Ortodoncja 8®, Inżynier i Fizyk Med 2018; Vol. 7. 62-65.
- Gorczońska A, Smołka P. Sposoby graficznego przedstawiania danych w analizach cefalometrycznych. Forum Ortodont 2013; 9, 102.
- Proffit WR, Fields WJ, Sarver DM. Ortodoncja współczesna, T. 1. Elsevier Urban & Partner 2009.
- Williams S, Loster BW. Cephalometrics rationalised: presenting the Kracovia Composite System (KCS). J Stomatol 2012; 64, 525.
- Sobieska E, Widmańska-Grzywaczewska A. Cephalometry in orthodontic diagnostics – past and present. Orthodont Forum 2019; 15, 120.
- Narkhede S, Rao P, Sawant V, Sachdev SS, Arora S, Pawar AM, Reda R, Testarelli L. Digital versus Manual Tracing in Cephalometric Analysis: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Personal Med 2024; 14, 566.
- Karłowska I. Zarys współczesnej ortodoncji. Warszawa 2009.
- Segner D, Hasund A. Individualisierte Kefalometrie. Dietmar Segner Verlag, Hamburg 1998.
- Zawiślak A, Jankowska A, Grocholewicz K, Janiszewska-Olszowska J. Morphological Variations and Anomalies of the Sella Turcica on Lateral Cephalograms of Cleft-Palate-Only (CPO) Patients. Diagnostics 2023a; 13, 2510.
- Zawiślak A, Wędrychowska-Szulc B, Grocholewicz K, Janiszewska-Olszowska J. Craniofacial Cephalometric Morphology in Caucasian Adult Patients with Cleft Palate Only (CPO). Diagnostics 2023b; 13.
- Jankowska A, Janiszewska-Olszowska J, Grocholewicz K. Nasal Morphology and Its Correlation to Craniofacial Morphology in Lateral Cephalometric Analysis. Int J Environ Res and Public Health 2021; 18, 3064.
- Kurpik J, Matthews-Brzozowska T. Parametry cefalometryczne w achondroplazji definiujące budowę szkieletu części twarzowej czaszki. Mag. Stomatol 2020; 30, 56.
- Kurpik J, Matthews-Kozanecka M. Analiza telerecentogramów dzieci z zespołem Downa. Dental Forum 2019; 47.
- Bogusiak K, Kociński M, Łutkowski A, Materka A, Arkuszewski P. Zmiany parametrów analizy Segnera-Hasunda u pacjentów z progenią po zabiegach ortognatycznych. Dent and Med Probl 2016; 53, 13.
- Pawlak W, Warych B, Kaczkowski H. Combined Orthodontic-Surgical Treatment of a Severe Class III Dentofacial Deformity – Case Report Dent. Med. Probl 2007; 44, 81.
- Broadbent BH. A new X-ray Technique and its application to orthodontia: The Introduction of Cephalometric Radiography Angle Orthod 1931; 1, 45.
- Anderson G, Fields HW, Beck M, Chacon G, Vig KWL. Development of cephalometric norms using a unified facial and dental approach. The Angle orthodontist 2006; 76, 612.
- Ferrazzini G. Critical evaluation of the ANB angle. Amer J Orthod 1976; 69, 620.
- Loster JE, Williams S, Wieczorek A, Loster BW. The Polish face in profile: A cephalometric baseline study. Head and Face Medic 2015; 11.
- Paddenberg E, Proff P, Kirschneck C. Floating norms for individualising the ANB angle and the WITS appraisal in orthodontic cephalometric analysis based on guiding variables. J Orofac Orthoped 2023; 84, 10.
- Sadat-Khonsari R, Dathe H, Knösel M, Hahn W, Kubein-Meesenburg D, Bauss O. Geometric influence of the sagittal and vertical apical base relationship on the ANB angle. J Orofac Orthop = Fortschritte der Kieferorthopädie: Organ/Official Journal Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie 2009; 70, 152.
- Kotula J, Kuc AE, Lis J, Kawala B, Sarul M. New Sagittal and Vertical Cephalometric Analysis Methods: A Systematic Review. Diagnostics 2022; 12, 1723.
- Jaworski A, Smektała T, Królikowski M, Sporniak-Tutak K, Olszewski R. How Do Landmark Deviations Affect Angular Measurements? The Concept of Individual Cephalometric Calibration. Dent and Med Probl 2016; 53, 309.
- Christensen JR, Fields H, Sheats RD. Treatment Planning and Management of Orthodontic Problems. Pediatr Dent 2019; 512.
- Lohrmann B, Schwestka-Polly R, Nägerl H, Ihlow D, Kubein-Meesenburg D. The influence of functional orthodontics and mandibular sagittal split

advancement osteotomy on dental and skeletal variables – a comparative cephalometric study. *Europ J Orthod* 2006; 28, 553.

Moore JW. Variation of the sella-nasion plane and its effect on SNA and SNB. *J Oral Surg Am Dent Assoc* 1976; 34, 24.

Iwanicki J, Mikulewicz M, Ziętek M. Technologie komputerowe w ortopedii szczękowej – rys historyczny. *Dent. Med. Probl* 2008; 45, 349.

Erkan M, Gurel HG, Nur M, Demirel B. Reliability of four different computerized cephalometric analysis programs. *Europ J Ort* 2012; 34, 318.

Alkhayer A, Piffkó J, Lippold C, Segatto E. Accuracy of virtual planning in orthognathic surgery: a systematic review. *Head and Face Med* 2020; 16, 1.

Farooq MU, Khan Mohd. A, Imran S, Sameera A, Qureshi A, Ahmed SA, Kumar S, Rahman Mohd. AU. Assessing the Reliability of Digitalized Cephalometric Analysis in Com-

parison with Manual Cephalometric Analysis. *J Clin and Diag Res JCDR* 2016; 10, ZC20.

Celik E, Polat-Ozsoy O, Toygar Memikoglu TU. Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis. *Eur J Ort* 2009; 31, 241.

Akhare PJ, Dagab AM, Alle RS, Shenoy U, Garla V. Comparison of landmark identification and linear and angular measurements in conventional and digital cephalometry. *Int J Comp Dent* 2013; 16, 241.

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Kamil Nelke ^{2,3}, Natalia Struzik ⁴, Kamila Wiśniewska ⁵, Sylwia Kiryk ⁴, Julia Kensy ⁶, Wojciech Dobrzyński ⁷, Jan Kiryk ⁵, Jacek Matys ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴:
Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Appl. Sci. 2024, 14, 4972.
<https://doi.org/10.3390/app14124972>

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Oddział Chirurgii Szcękowo-Twarzowej, Szpital EMC, ul. Pilczycka 144, 54-144 Wrocław

³ Instytut Zdrowia, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁶ Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁷ Katedra Ortopedii Szcękowej i Ortodoncji, Zakład Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Kamil Nelke – B,D

Natalia Struzik – B,D

Kamila Wiśniewska – B,D

Sylwia Kiryk – B,D

Julia Kensy – B,D

Wojciech Dobrzyński – B,D

Jan Kiryk – B,C,D

Jacek Matys – A,B,C,E

Maciej Dobrzyński – A,B,C,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

dr hab. n. med. Kamil Nelke
SPECJALISTA CHIRURGII
SZCZĘKOWO-TWARZOWEJ
1519084

.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Kamil Nelke ^{2,3}, Natalia Struzik ⁴, Kamila Wiśniewska ⁵, Sylwia Kiryk ⁴, Julia Kensy ⁶, Wojciech Dobrzyński ⁷, Jan Kiryk ⁵, Jacek Matys ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴:
Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Appl. Sci. 2024, 14, 4972.
<https://doi.org/10.3390/app14124972>

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Oddział Chirurgii Szczękowo-Twarzowej, Szpital EMC, ul. Pilczycka 144, 54-144 Wrocław

³ Instytut Zdrowia, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinikowej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁶ Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁷ Katedra Ortopedii Szczękowej i Ortodontji, Zakład Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Kamil Nelke – B,D

Natalia Struzik – B,D

Kamila Wiśniewska – B,D

Sylwia Kiryk – B,D

Julia Kensy – B,D

Wojciech Dobrzyński – B,D

Jan Kiryk – B,C,D

Jacek Matys – A,B,C,E

Maciej Dobrzyński – A,B,C,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

4000155

NATALIA STRUZIK
lekarz-dentysta

Natalia Struzik

czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Kamil Nelke ^{2,3}, Natalia Struzik ⁴, Kamila Wiśniewska ⁵, Sylwia Kiryk ⁴, Julia Kensy ⁶, Wojciech Dobrzyński ⁷, Jan Kiryk ⁵, Jacek Matys ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴:
Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Appl. Sci. 2024, 14, 4972.
<https://doi.org/10.3390/app14124972>

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Oddział Chirurgii Szcękowo-Twarzowej, Szpital EMC, ul. Pilczycka 144, 54-144 Wrocław

³ Instytut Zdrowia, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁶ Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁷ Katedra Ortopedii Szcękowej i Ortodontji, Zakład Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Kamil Nelke – B,D

Natalia Struzik – B,D

Kamila Wiśniewska – B,D

Sylwia Kiryk – B,D

Julia Kensy – B,D

Wojciech Dobrzyński – B,D

Jan Kiryk – B,C,D

Jacek Matys – A,B,C,E

Maciej Dobrzyński – A,B,C,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

130389
dr n. med.
Kamila Wiśniewska
lekarz dentysta

czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smółka ¹, Kamil Nelke ^{2,3}, Natalia Struzik ⁴, Kamila Wiśniewska ⁵, Sylwia Kiryk ⁴, Julia Kensy ⁶, Wojciech Dobrzyński ⁷, Jan Kiryk ⁵, Jacek Matys ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴:
Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Appl. Sci. 2024, 14, 4972.
<https://doi.org/10.3390/app14124972>

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smółka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Oddział Chirurgii Szczękowo-Twarzowej, Szpital EMC, ul. Pilczycka 144, 54-144 Wrocław

³ Instytut Zdrowia, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁶ Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁷ Katedra Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji, Zakład Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smółka – A,B,C,D,F

Kamil Nelke – B,D

Natalia Struzik – B,D

Kamila Wiśniewska – B,D

Sylwia Kiryk – B,D

Julia Kensy – B,D

Wojciech Dobrzyński – B,D

Jan Kiryk – B,C,D

Jacek Matys – A,B,C,E

Maciej Dobrzyński – A,B,C,E

A – koncepcja i projekt badawczy;


B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

Lek. dent.
Sylwia Kiryk

3645459


.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Kamil Nelke ^{2,3}, Natalia Struzik ⁴, Kamila Wiśniewska ⁵, Sylwia Kiryk ⁴, Julia Kensy ⁶, Wojciech Dobrzyński ⁷, Jan Kiryk ⁵, Jacek Matys ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴:
Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Appl. Sci. 2024, 14, 4972.
<https://doi.org/10.3390/app14124972>

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Oddział Chirurgii Szczękowo-Twarzowej, Szpital EMC, ul. Pilczycka 144, 54-144 Wrocław

³ Instytut Zdrowia, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁶ Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁷ Katedra Ortopedii Szczękowej i Ortodontyki, Zakład Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Kamil Nelke – B,D

Natalia Struzik – B,D

Kamila Wiśniewska – B,D

Sylwia Kiryk – B,D

Julia Kensy – B,D

Wojciech Dobrzyński – B,D

Jan Kiryk – B,C,D

Jacek Matys – A,B,C,E

Maciej Dobrzyński – A,B,C,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu


.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Kamil Nelke ^{2,3}, Natalia Struzik ⁴, Kamila Wiśniewska ⁵, Sylwia Kiryk ⁴, Julia Kensy ⁶, Wojciech Dobrzyński ⁷, Jan Kiryk ⁵, Jacek Matys ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴:
Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Appl. Sci. 2024, 14, 4972.
<https://doi.org/10.3390/app14124972>

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Oddział Chirurgii Szczękowo-Twarzowej, Szpital EMC, ul. Pilczycka 144, 54-144 Wrocław

³ Instytut Zdrowia, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinikowej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁶ Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁷ Katedra Ortopedii Szczękowej i Ortodontyki, Zakład Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Kamil Nelke – B,D

Natalia Struzik – B,D

Kamila Wiśniewska – B,D

Sylwia Kiryk – B,D

Julia Kensy – B,D

Wojciech Dobrzyński – B,D

Jan Kiryk – B,C,D

Jacek Matys – A,B,C,E

Maciej Dobrzyński – A,B,C,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

lek. dent. Wojciech Dobrzyński

4189247 tel. 666 601 825

.....
Wojciech Dobrzyński

czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smółka ¹, Kamil Nelke ^{2,3}, Natalia Struzik ⁴, Kamila Wiśniewska ⁵, Sylwia Kiryk ⁴, Julia Kensy ⁶, Wojciech Dobrzyński ⁷, Jan Kiryk ⁵, Jacek Matys ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴:
Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Appl. Sci. 2024, 14, 4972.
<https://doi.org/10.3390/app14124972>

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smółka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Oddział Chirurgii Szczękowo-Twarzowej, Szpital EMC, ul. Pilczycka 144, 54-144 Wrocław

³ Instytut Zdrowia, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁶ Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁷ Katedra Ortopedii Szczękowej i Ortodontyki, Zakład Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smółka – A,B,C,D,F

Kamil Nelke – B,D

Natalia Struzik – B,D

Kamila Wiśniewska – B,D

Sylwia Kiryk – B,D

Julia Kensy – B,D

Wojciech Dobrzyński – B,D

Jan Kiryk – B,C,D

Jacek Matys – A,B,C,E

Maciej Dobrzyński – A,B,C,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

dr n. med. Jan Kiryk
Specjalista chirurgii stomatologicznej
3488598

JAN KIRYK

.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smółka ¹, Kamil Nelke ^{2,3}, Natalia Struzik ⁴, Kamila Wiśniewska ⁵, Sylwia Kiryk ⁴, Julia Kensity ⁶, Wojciech Dobrzyński ⁷, Jan Kiryk ⁵, Jacek Matys ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴:
Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Appl. Sci. 2024, 14, 4972.
<https://doi.org/10.3390/app14124972>

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smółka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Oddział Chirurgii Szcękowo-Twarzowej, Szpital EMC, ul. Pilczycka 144, 54-144 Wrocław

³ Instytut Zdrowia, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁶ Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁷ Katedra Ortopedii Szcękowej i Ortodontji, Zakład Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smółka – A,B,C,D,F

Kamil Nelke – B,D

Natalia Struzik – B,D

Kamila Wiśniewska – B,D

Sylwia Kiryk – B,D

Julia Kensity – B,D

Wojciech Dobrzyński – B,D

Jan Kiryk – B,C,D

Jacek Matys – A,B,C,E

Maciej Dobrzyński – A,B,C,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

dr n. med. Jacek Matys

lekarz dentysta

2379699

czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smółka ¹, Kamil Nelke ^{2,3}, Natalia Struzik ⁴, Kamila Wiśniewska ⁵, Sylwia Kiryk ⁴, Julia Kensy ⁶, Wojciech Dobrzyński ⁷, Jan Kiryk ⁵, Jacek Matys ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴:
Discrepancies in Cephalometric Analysis Results between Orthodontists and Radiologists and Artificial Intelligence: A Systematic Review. Appl. Sci. 2024, 14, 4972.
<https://doi.org/10.3390/app14124972>

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smółka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Oddział Chirurgii Szcękowo-Twarzowej, Szpital EMC, ul. Pilczycka 144, 54-144 Wrocław

³ Instytut Zdrowia, Akademia Nauk Stosowanych Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁶ Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

⁷ Katedra Ortopedii Szcękowej i Ortodoncji, Zakład Wad Rozwojowych Twarzy, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smółka – A,B,C,D,F

Kamil Nelke – B,D

Natalia Struzik – B,D

Kamila Wiśniewska – B,D

Sylwia Kiryk – B,D

Julia Kensy – B,D

Wojciech Dobrzyński – B,D

Jan Kiryk – B,C,D

Jacek Matys – A,B,C,E

Maciej Dobrzyński – A,B,C,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
Wydział Lekarsko-Stomatologiczny
KATEDRA / ZAKŁAD
STOMATOLOGII DZIECIĘCZEJ
I STOMATOLOGII PRZEDKLINICZNEJ
kierownik

dr hab. n. med. Maciej Dobrzyński, profesor uczelni

.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smółka ¹, Adam Malawski-Róg ², Natalia Struzik ³, Patryk Woś ¹, Sylwia Kiryk ⁴, Jan Kiryk ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴: *Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych. Stomatol. Współcz.* 2024, 31, 5, 8-28.

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smółka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg, ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

³ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smółka – A,B,C,D,F

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Natalia Struzik – D

Patryk Woś – D

Sylwia Kiryk – D

Jan Kiryk – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu



czytelny podpis

Adam Malawski-Róg

dr n. med.
lekarz dentyista
2405385

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Adam Malawski-Róg ², Natalia Struzik ³, Patryk Woś ¹, Sylwia Kiryk ⁴, Jan Kiryk ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴: *Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych. Stomatol. Współcz. 2024, 31, 5, 8-28.*

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg, ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

³ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Natalia Struzik – D

Patryk Woś – D

Sylwia Kiryk – D

Jan Kiryk – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

4000155

NATALIA STRUZIŁ
lekarz-dentysta

Natalia Struzik

czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Adam Malawski-Róg ², Natalia Struzik ³, Patryk Woś ¹, Sylwia Kiryk ⁴, Jan Kiryk ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴: *Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych. Stomatol. Współcz. 2024, 31, 5, 8-28.*

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg, ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

³ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Natalia Struzik – D

Patryk Woś – D

Sylwia Kiryk – D

Jan Kiryk – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

Patryk Woś
lek. dent.
4120903



.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Adam Malawski-Róg ², Natalia Struzik ³, Patryk Woś ¹, Sylwia Kiryk ⁴, Jan Kiryk ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴: *Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych. Stomatol. Współcz. 2024, 31, 5, 8-28.*

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg, ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

³ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Natalia Struzik – D

Patryk Woś – D

Sylwia Kiryk – D

Jan Kiryk – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

Lek. dent.
Sylwia Kiryk

3645459


.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Adam Malawski-Róg ², Natalia Struzik ³, Patryk Woś ¹, Sylwia Kiryk ⁴, Jan Kiryk ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴: *Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych. Stomatol. Współcz. 2024, 31, 5, 8-28.*

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg, ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

³ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Natalia Struzik – D

Patryk Woś – D

Sylwia Kiryk – D

Jan Kiryk – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

dr n. med. Jan Kiryk
Specjalista chirurgii stomatologicznej
3488598

JAN KIRYK

.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Adam Malawski-Róg ², Natalia Struzik ³, Patryk Woś ¹, Sylwia Kiryk ⁴, Jan Kiryk ⁵, Maciej Dobrzyński ⁴: *Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczenia punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych. Stomatol. Współcz. 2024, 31, 5, 8-28.*

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg, ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

³ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław

⁴ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50 – 425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Natalia Struzik – D

Patryk Woś – D

Sylwia Kiryk – D

Jan Kiryk – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
Wydział Lekarsko-Stomatologiczny
KATEDRA I ZAKŁAD
STOMATOLOGII DZIECIĘCEJ
I STOMATOLOGII PRZEDKLINICZNEJ
Kierownik

dr hab. n. med. Maciej Dobrzyński, profesor uczelni

.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Dorota Diakowska ², Adam Malawski-Róg ³, Patryk Woś ¹, Natalia Struzik ⁴, Maciej Dobrzyński ⁵: *Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów – badania wstępne. Stomatol. Współcz. 2024, 31, 4, 8-19.*

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Zakład Nauk Podstawowych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Chałubińskiego 4, 50-368 Wrocław

³ Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg, ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

⁴ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Dorota Diakowska – B,C,D

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Patryk Woś – D

Natalia Struzik – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu



czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Dorota Diakowska ², Adam Malawski-Róg ³, Patryk Woś ¹, Natalia Struzik ⁴,
Maciej Dobrzyński ⁵: *Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy
cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów – badania wstępne. Stomatol. Współcz. 2024,*
31, 4, 8-19.

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Zakład Nauk Podstawowych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Chałubińskiego 4,
50-368 Wrocław

³ Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg,
ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

⁴ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44,
50-368 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet
Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Dorota Diakowska – B,C,D

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Patryk Woś – D

Natalia Struzik – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu



czytelny podpis
Adam Malawski-Róg
dr n. med.
lekarz dentyista
2405385

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smółka ¹, Dorota Diakowska ², Adam Malawski-Róg ³, Patryk Woś ¹, Natalia Struzik ⁴, Maciej Dobrzyński ⁵: *Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów – badania wstępne. Stomatol. Współcz. 2024, 31, 4, 8-19.*

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smółka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Zakład Nauk Podstawowych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Chałubińskiego 4, 50-368 Wrocław

³ Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg, ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

⁴ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smółka – A,B,C,D,F

Dorota Diakowska – B,C,D

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Patryk Woś – D

Natalia Struzik – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

Patryk Woś
lek. dent.
4120903



.....
czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Dorota Diakowska ², Adam Malawski-Róg ³, Patryk Woś ¹, Natalia Struzik ⁴,
Maciej Dobrzyński ⁵: *Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy
cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów – badania wstępne. Stomatol. Współcz. 2024,*
31, 4, 8-19.

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Zakład Nauk Podstawowych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Chałubińskiego 4,
50-368 Wrocław

³ Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg,
ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

⁴ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44,
50-368 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet
Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Dorota Diakowska – B,C,D

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Patryk Woś – D

Natalia Struzik – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

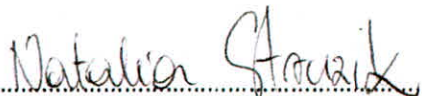
E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

4000155

NATALIA STRUZIK

lekarz-dentysta



czytelny podpis

Wrocław, dnia 4.10.2024 roku

Oświadczenie

Oświadczam, że w poniższej pracy mój wkład stanowił zgodnie z rozdzielnikiem

Piotr Smołka ¹, Dorota Diakowska ², Adam Malawski-Róg ³, Patryk Woś ¹, Natalia Struzik ⁴, Maciej Dobrzyński ⁵: *Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów – badania wstępne. Stomatol. Współcz. 2024, 31, 4, 8-19.*

¹ Gabinet Ortodontyczny Piotr Smołka, ul. Pomorska 32, 50-218 Wrocław

² Zakład Nauk Podstawowych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Chałubińskiego 4, 50-368 Wrocław

³ Indywidualna Praktyka Lekarsko-Dentystyczna dr n. med. Adam Malawski-Róg, ul. Grunwaldzka 5, 37-100 Łańcut

⁴ Centrum Badań Przedklinicznych, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Bujwida 44, 50-368 Wrocław

⁵ Katedra i Zakład Stomatologii Dziecięcej i Stomatologii Przedklinicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław

Piotr Smołka – A,B,C,D,F

Dorota Diakowska – B,C,D

Adam Malawski-Róg – C,D,E

Patryk Woś – D

Natalia Struzik – D

Maciej Dobrzyński – C,D,E

A – koncepcja i projekt badawczy;

B – gromadzenie danych;

C – analiza i interpretacja danych;

D – napisanie artykułu;

E – krytyczna ocena artykułu;

F – ostateczna akceptacja artykułu

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
Wydział Lekarsko-Stomatologiczny
KATEDRA I ZAKŁAD
STOMATOLOGII DZIECIECIEJ
I STOMATOLOGII PRZEDKLINICZNEJ
Kierownik

dr hab. n. med. Maciej Dobrzyński, profesor uczelni

.....
czytelny podpis

Piotr Smolka

Publikacje stanowiące cykl w ramach postępowania doktorskiego

Lp.	Opis bibliograficzny	IF	Punkty
1.	Smolka Piotr , Nelke Kamil, Struzik Natalia, Wiśniewska Kamila, Kiryk Sylwia, Kensity Julia, Dobrzyński Wojciech, Kiryk Jan, Matys Jacek, Dobrzyński Maciej: Discrepancies in cephalometric analysis results between orthodontists and radiologists and artificial intelligence: a systematic review, Applied Sciences-Basel, 2024, vol. 14, nr 12, art.4972 [24 s.], DOI:10.3390/app14124972	2,5*	100
2.	Smolka Piotr , Diakowska Dorota, Malawski-Róg Adam, Woś Patryk, Struzik Natalia, Dobrzyński Maciej: Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów - badania wstępne, Stomatologia Współczesna, 2024, vol. 31, nr 4, s. 8-19	-	20
3.	Piotr Smolka , Adam Malawski-Róg, Natalia Struzik, Patryk Woś, Sylwia Kiryk, Jan Kiryk, Maciej Dobrzyński: Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych, Stomatologia Współczesna, 2024, vol. 31, nr 5, s. 8-28	-	20

*IF 2023

Impact factor: 2,5

Punkty ministerialne: 140,0

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
Biblioteka Główna
DZIAŁ BIBLIOGRAFII I BIBLIOMETRII
ul. Marcinkowskiego 2-6, 50-368 Wrocław
tel. 71 784 19 25

18.10.2024r. Ewa Strobyska

Piotr Smółka

Wykaz publikacji

1. Publikacje w czasopismach naukowych

1.1 Publikacje w czasopiśmie z IF

Lp.	Opis bibliograficzny	IF	Punkty
1	Smółka Piotr , Nelke Kamil, Struzik Natalia, Wiśniewska Kamila, Kiryk Sylwia, Kensy Julia, Dobrzyński Wojciech, Kiryk Jan, Matys Jacek, Dobrzyński Maciej: Discrepancies in cephalometric analysis results between orthodontists and radiologists and artificial intelligence: a systematic review, Applied Sciences-Basel, 2024, vol. 14, nr 12, art.4972 [24 s.], DOI:10.3390/app14124972	2,5*	100
	Podsumowanie	2,500	100

*IF 2023

1.2 Publikacje w czasopiśmie bez IF

Lp.	Opis bibliograficzny	Punkty
1	Gorczońska Anna, Smółka Piotr : Sposoby graficznego przedstawiania danych w analizach cefalometrycznych = Methods of graphic data presentation in cephalometric analyses, Forum Ortodontyczne, 2013, vol. 9, nr 2, s. 102-113	2
2	Smółka Piotr , Sulewski Mikołaj, Kosior Piotr, Dobrzyński Maciej: Interdyscyplinarne leczenie ortodontyczno-protetyczne u pacjentki w wieku podeszłym - opis przypadku, Gerontologia Współczesna, 2017, vol. 5, nr 4, s. 131-133	4
3	Nikołajuk Karolina, Smółka Piotr : Recesje w wieku młodzieńczym jako powikłanie zgryzu urazowego. Opis przypadku, Magazyn Stomatologiczny, 2017, vol. 27, nr 9, s. 54-56	6
4	Nikołajuk Karolina, Smółka Piotr , Rogula Michał: Methods of measuring virtual models = Metody pomiarów modeli wirtualnych, Forum Ortodontyczne, 2017, vol. 13, nr 2, s. 97-105	11
5	Sulewski Mikołaj, Wolska Agnieszka, Kiryk Jan, Smółka Piotr , Kosior Piotr, Dobrzyński Maciej: Zachowawcza rekonstrukcja zębów siecznych bocznych szczęki po leczeniu ortodontycznym z zastosowaniem materiału złożonego. Opis przypadku, Gerontologia Współczesna, 2018, vol. 6, nr 3, s. 105-108	4
6	Smółka Piotr , Sulewski Mikołaj, Majdan Agnieszka, Dobrzyński Maciej: Zastosowanie komputerowej analizy cefalogramów bocznych głowy - charakterystyka programu Ortodoncja 8, Inżynier i Fizyk Medyczny, 2018, vol. 7, nr 1, s. 62-65	4
7	Jabłonowska Dorota, Reszelewska Katarzyna, Smółka Piotr : Konsekwencje oraz postępowanie w przypadku wczesnej utraty pierwszych stałych trzonowców u dzieci = Consequences and management of early loss of first permanent molars in children. Forum Ortodontyczne, 2021, vol. 17, nr 3, s. 205-218	40
8	Smółka Piotr , Diakowska Dorota, Malawski-Róg Adam, Woś Patryk, Struzik Natalia, Dobrzyński Maciej: Przydatność graficznej ekspresji kluczowych elementów analizy cefalometrycznej w opiniach lekarzy ortodontów - badania wstępne, Stomatologia Współczesna, 2024, vol. 31, nr 4, s. 8-19	20

9	Piotr Smółka , Adam Malawski-Róg, Natalia Struzik, Patryk Woś, Sylwia Kiryk, Jan Kiryk, Maciej Dobrzyński: Badania powtarzalności i odtwarzalności wyznaczania punktów na zdjęciach bocznych czaszki w wybranych analizach cefalometrycznych, <i>Stomatologia Współczesna</i> , 2024, vol. 31, nr 5, s. 8-28	20
	Podsumowanie	111

2. Monografie naukowe

2.1 Książka autorska -

2.2 Książka redagowana -

2.3 Rozdziały -

3. Varia -

Impact factor: 2,500

Punkty ministerialne: 211,0

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
Biblioteka Główna
DZIAŁ BIBLIOGRAFII I BIBLIOMETRII
ul. Marcinkowskiego 2-6, 50-368 Wrocław
tel. 71 784 19 25

18.10.2024r. EWS Strobisz BL