

**To cite this article:**

Łysiak-Majchrzak Małgorzata, Jagła Sylwia: Radiomorfologiczne szacowanie wieku zębowego u dzieci – przegląd wybranych metod. Radio-morphological dental age estimation in children – an overview of selected methods.

Nowa Stomatol/New Dentistry Journal 2026;31(1):28-36. DOI: 10.25121/NS.2026.31.1.28

**To link to this article:**

<https://doi.org/10.25121/NS.2026.31.1.28>

\*MAŁGORZATA ŁYSIAK-MAJCHRZAK, SYLWIA JAGŁA

# Radiomorfologiczne szacowanie wieku zębowego u dzieci – przegląd wybranych metod

## Radio-morphological dental age estimation in children – an overview of selected methods

Department of Maxillofacial Orthopaedics and Orthodontics, Ludwik Rydygier Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń

Head of Department: Professor Teresa Matthews-Brzozowska, MD, PhD

Katedra Ortopedii Szcękowo-Twarzowej i Ortodontji, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy,

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Kierownik Katedry: prof. dr hab. n. med. Teresa Matthews-Brzozowska

**SŁOWA KLUCZOWE:**

ocena wieku zębowego, szacowanie wieku zębowego, metody radiomorfologiczne, metody radiologiczne, dzieci

**STRESZCZENIE**

**Wstęp.** Radiologiczna ocena wieku zębowego to ważne narzędzie diagnostyczne w stomatologii dziecięcej, ortodontji, medycynie sądowej i antropologii. Stosowane metody oceny wieku zębowego można sklasyfikować jako radiomorfologiczne i radiometryczne. Ze względu na intensywną dynamikę zmian morfologicznych zawiązków zębów w okresie dzieciństwa metody radiomorfologiczne wykazują szczególną przydatność w diagnostyce wieku rozwojowego u dzieci.

**Cel pracy.** Celem niniejszej pracy jest przedstawienie charakterystyki wybranych radiomorfologicznych metod szacowania wieku zębowego z uwzględnieniem różnic między nimi w kontekście zastosowania klinicznego oraz prześledzenie współczesnych trendów w rozwoju dostępnych technik.

**Materiał i metody.** Wyszukano publikacje w języku polskim i angielskim w bazach PubMed i Google Scholar obejmujące literaturę opublikowaną po 2020 roku. Zastosowano słowa kluczowe: „dental age estimation” lub „dental age assessment” i „children”, a także ich polskie odpowiedniki: „szacowanie wieku zębowego” lub „ocena wieku zębowego” i „dzieci”. Następnie wybrano 23 prace dotyczące metod radiomorfologicznych.

**Wyniki.** Autorki przedstawiają zwięzły przegląd kluczowych metod radiomorfologicznych szacowania wieku zębowego u dzieci, uwzględniając rok opracowania tych metod, liczebność próby, zakres wieku, uwzględnienie płci, zastosowaną metodologię, format oceny, liczbę analizowanych zębów oraz przydatność w przypadku anomalii zębowych.

**Wnioski.** Znajomość klasycznych metod radiomorfologicznej oceny wieku zębowego pozostaje istotnym elementem zarówno w diagnostyce klinicznej, jak i praktyce medycyny sądowej, umożliwiając dobór adekwatnego podejścia w zależności od specyfiki przypadku. Tradycyjne techniki, oparte na manualnej analizie obrazów radiologicznych, charakteryzują się brakiem konieczności stosowania specjalistycznego i kosztownego oprogramowania, co stanowi ich istotną zaletę. Ich głównym ograniczeniem pozostaje jednak czasochłonność procesu oceny. Klasyczne metody radiomorfologiczne stanowią obecnie punkt odniesienia w procesie walidacji nowych, zautomatyzowanych rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji, co podkreśla ich wciąż aktualną wartość referencyjną w badaniach nad oceną wieku zębowego.

## KEYWORDS:

dental age assessment, dental age estimation, radio-morphological methods, radiographic methods, children

## SUMMARY

**Introduction.** Dental age assessment is an important diagnostic tool in pediatric dentistry, orthodontics, forensic medicine, and anthropology. The methods used for dental age assessment can be classified into radio-morphological and radio-metric approaches. Due to the high rate of morphological changes in tooth germs during childhood, radio-morphological methods are particularly useful for assessing developmental age in pediatric populations.

**Aim.** The aim of this study is to present the characteristics of selected radio-morphological methods for dental age estimation, with particular emphasis on the differences between them in the context of clinical application, as well as to examine current trends in the development of available techniques.

**Material and methods.** Publications in Polish and English were retrieved from the PubMed and Google Scholar databases, covering literature available since 2020. The following keywords were used: “dental age estimation” OR “dental age assessment” AND “children”, as well as their Polish equivalents: „szacowanie wieku zębowego” OR „ocena wieku zębowego” AND „dzieci”. Subsequently, 23 studies employing radio-morphological methods in research were selected.

**Results.** The authors provide a concise overview of key radio-morphological dental age estimation methods in children, taking into account the year of development, sample size, age range, sex consideration, methodology used, assessment format, number of teeth analyzed, and applicability in cases involving dental anomalies.

**Conclusions.** Knowledge of classical radio-morphological methods for dental age assessment remains a key component in both clinical diagnostics and forensic medicine, as it allows for the selection of the most appropriate approach depending on the specific characteristics of the case. Traditional techniques, based on manual analysis of radiographic images, are distinguished by the lack of need for specialized and costly software, which constitutes a significant advantage. However, their main limitation lies in the time-consuming nature of the assessment process. Classical radio-morphological methods currently serve as a reference point for the validation of new, automated solutions based on artificial intelligence, highlighting their continued relevance as a benchmark in dental age estimation research.

## WPROWADZENIE

Uzębienie człowieka rozwija się etapami i ulega istotnym zmianom w trakcie ontogenezy. Proces ten obejmuje kolejne fazy: formowania i różnicowania zawiązków zębowych, erupcji oraz końcowego kształtowania się korzeni. Wiek zębowy definiowany jest jako stopień dojrzałości uzębienia i stanowi jedno z obiektywnych kryteriów oceny wieku rozwojowego. W praktyce klinicznej oraz badaniach interdyscyplinarnych jest on stosowany równolegle z innymi wskaźnikami wieku biologicznego, takimi jak: wiek kostny, wiek morfologiczny (dojrzałość somatyczna) oraz rozwój wtórnych cech płciowych (1).

Zastosowanie komplementarnych technik szacowania wieku zębowego zwiększa wiarygodność diagnozy oraz umożliwia uzyskanie powtarzalnych i porównywalnych wyników pomiędzy niezależnymi badaczami stosującymi określoną metodykę. Stosowane metody radiologiczne można podzielić na radiomorfologiczne – oparte na analizie morfologii zębów – oraz radiometryczne, bazujące na pomiarach. Ze względu na dużą dynamikę zmian morfologicznych zawiązków zębowych w dzieciństwie metody radiomorfologiczne są szczególnie przydatne w ocenie wieku rozwojowego w populacji pediatrycznej. Z kolei metoda radiometryczna Cameriere’a umożliwia ocenę wieku

## INTRODUCTION

Human dentition develops in stages and undergoes significant changes throughout ontogenesis. This process includes the sequential phases of tooth germ formation and differentiation, the eruption phase, and the final stage of root development. Dental age is defined as the degree of maturity of the dentition and serves as one of the objective criteria for developmental age assessment. In clinical practice and interdisciplinary research, it is used alongside other indicators of biological age, such as bone age, morphological age (somatic maturity), and the development of secondary sexual characteristics (1).

The use of complementary techniques for dental age assessment enhances the reliability of the diagnosis and enables the achievement of reproducible and comparable results among independent investigators adhering to a given methodology (1). The methods used for dental age assessment can be classified into radio-morphological, based on the analysis of tooth morphology and radio-metric approaches, which rely on quantitative measurements. Due to the high rate of morphological changes in tooth germs during childhood, radio-morphological methods are particularly useful for assessing developmental age in pediatric populations. The radiometric method developed

zębowego na podstawie pomiaru otwartych wierzchołków korzeni (2). Celem niniejszej pracy jest przedstawienie charakterystyki wybranych radiomorfologicznych metod szacowania wieku zębowego, z uwzględnieniem różnic między nimi w kontekście zastosowania klinicznego oraz prześledzenie współczesnych trendów w rozwoju dostępnych technik.

## OPIS ZASTOSOWANEJ METODY PRZEGLĄDU

Wyszukano publikacje w języku polskim i angielskim w bazach PubMed i Google Scholar obejmujące literaturę opublikowaną po 2020 roku. Zastosowano słowa kluczowe: „dental age estimation” lub „dental age assessment” i „children”, a także ich polskie odpowiedniki: „szacowanie wieku zębowego” lub „ocena wieku zębowego” i „dzieci”. W dodatkowym wyszukiwaniu uwzględniono analizę artykułów cytowanych jako źródłowych, opisujących konkretne metody. Kryterium wyłączenia były prace typu komentarze i listy do redakcji oraz opisy przypadków. Obie autorki przeprowadziły selekcję niezależnie, a ewentualne rozbieżności zostały rozstrzygnięte poprzez wspólną dyskusję, która pozwoliła osiągnąć jednogomyślność. Jakość włączonych badań oraz ryzyko biasu oceniono pod kątem błędów niezależnie przez obie autorki. Przeprowadzono narracyjny przegląd literatury z uwzględnieniem 23 publikacji.

## WYNIKI

Autorki wybrały do analizy metody Schoura i Masslera, Nollia, Haavikko, Demirjana, Willemsa oraz Atlasu Londyńskiego. Charakterystyczne cechy poszczególnych metod zestawiono w tabeli 1.

Schour i Massler opisali 22 chronologiczne stadia rozwoju uzębienia. Wiek zębowy szacuje się poprzez porównanie obserwowanego na radiogramie stadium rozwoju uzębienia z ustandaryzowanymi diagramami referencyjnymi (tzw. schemat Schoura). Metoda opiera się na stosunkowo niewielkiej próbie, nie różnicując danych pod względem płci. Jednak jej zaletą jest zastosowanie danych przekrojowych (3). Metoda Schoura i Masslera pozostaje unikalna, gdyż uwzględnia analizę radiomorfologiczną od samego początku rozwoju uzębienia mlecznego jeszcze w okresie płodowym (4). Z tego względu nadal znajduje zastosowanie, często po aktualizacji danych referencyjnych, jako preferowana metoda oceny wieku zębowego u dzieci w okresie prenatalnym.

Nolla opracował metodę opartą na skali 10-stopniowej (5). Analizie poddaje się 7 lewych zębów stałych żuchwy, przypisując każdemu z nich jedno z 10 stadiów – od etapu 1 (brak oznak mineralizacji) do etapu 10 (pełne uformowanie wierzchołka korzenia). Zgodnie z zaleceniami Nollia w pośrednich przypadkach stosuje się wartości ułamkowe (0,2; 0,5; 0,7). Wiek zębowy oblicza się jako sumę punktów przypisanych poszczególnym zębom na podstawie skali Nollia, a uzyskany wynik porównuje się z przeciętnymi wartościami referencyjnymi dla chłopców lub dziewcząt (6). Metoda ta

by Cameriere enables dental age estimation based on the measurement of open root apices (2). The aim of this study is to present the characteristics of selected radio-morphological methods for dental age estimation, with particular emphasis on the differences between them in the context of clinical application, as well as to examine current trends in the development of available techniques.

## DESCRIPTION OF THE REVIEW METHODS APPLIED

Publications in both Polish and English were retrieved from the PubMed and Google Scholar databases, covering literature published after 2020. The following keywords were used: “dental age estimation” OR “dental age assessment” AND “children”, as well as their Polish equivalents: “szacowanie wieku zębowego” OR “ocena wieku zębowego” AND “dzieci”. In the supplementary search, authors included an analysis of source articles cited for specific methods. Exclusion criteria comprised commentaries, letters to the editor, and case reports. Both authors conducted the selection independently, and any discrepancies were resolved through joint discussion, allowing consensus to be reached. The quality of the included studies and the risk of bias were assessed independently by both authors with regard to potential sources of error. A narrative literature review was conducted, including a total of 23 publications.

## RESULTS

The authors selected the methods of Schour and Massler, Nolla, Haavikko, Demirjian, Willems, and the London Atlas for analysis. The characteristic features of each method are summarized in table 1.

Schour and Massler described 22 chronological stages of dental development. Dental age is estimated by comparing the developmental stage of dentition observed on a radiograph with standardized reference charts (Schour chart). The method is based on a relatively small sample size and does not differentiate between sexes. Despite its limitations, it offers the benefit of being derived from a cross-sectional dataset (3). The Schour and Massler method remains unique, as it incorporates radio-morphological analysis from the very beginning of primary dentition development, even during the fetal period (4). For this reason, it continues to be used, often with updated reference data, as the preferred method for dental age estimation in children during the prenatal period.

Nolla developed a method based on a 10-stage scale (5). The analysis involves evaluating the development of the seven left permanent mandibular teeth, assigning each tooth to one of ten stages ranging from Stage 1 (no signs of mineralization) to Stage 10 (complete formation of the root apex). According to Nolla's recommendations, when a tooth is found to be between two stages, an appropriate fractional value (0.2, 0.5, or 0.7) is added. Dental age is calculated as the sum of the scores based on Nolla's scale. This total score

**Tab. 1.** Zestawienie wybranych radiomorfologicznych metod oceny wieku zębowego, z uwzględnieniem roku opracowania, liczebności próby, zakresu wieku, specyfiki płciowej, formatu oceny, liczby analizowanych zębów oraz przydatności w przypadkach anomalii zębowych (agenезja lub hiperdencja)

Metoda	Rok	Liczebność próby	Zakres wieku	Specyfika płciowa	Format oceny	Liczba analizowanych zębów	Przydatność w przypadkach anomalii zębowych (agenезja/hiperdencja)
Schoura i Messlera	1941	25	5. m.ż. płodowego - 35 lat	Wspólny dla obu płci	Atlasowa	Wszystkie stałe i mleczne po stronie lewej	Nie
Nolli	1960	3402	3-20 lat	Specyficzny płciowo	System punktowy dwuetapowy	7 lewych dolnych zębów stałych	Nie
Haavikko	1970	1180	6. m.ż. - 25 lat	Wspólny dla obu płci	System punktowy	< 10. r.ż.: 11, 43, 44, 46 > 10. r.ż.: 13, 43, 44, 47	Tak
Demirjiana	1973	2928	3-17 lat	Specyficzny płciowo	System punktowy dwuetapowy	7 lewych dolnych zębów stałych	Nie
Willemsa	2001	2510	4-17 lat	Specyficzny płciowo	System punktowy	7 lewych dolnych zębów stałych	Nie
Atlasu londyńskiego	2010	1832	0-23 lat	Specyficzny płciowo	Atlasowa	Wszystkie stałe i mleczne po stronie lewej	Nie

**Tab. 1.** Summary of selected radio-morphological dental age estimation methods, including year of development, sample size, applicable age range, sex-specific applicability, assessment format, number of teeth evaluated, and suitability for patients with dental anomalies (agenesis or hyperdontia)

Method	Year	Sample size	Applicable Age Range	Sex-Based Application	Assessment Format	Number of Teeth Assessed	Applicable in Agenesis/Hyperdontia Cases
Schour and Messler	1941	25	5th month of fetal life - 35 years	Unisex	Atlas-Based	All deciduous and permanent teeth on the left side	No
Nolla	1960	3,402	3-20 years	Sex-Specific	Two-stage Scoring System	7 mandibular left permanent teeth	No
Haavikko	1970	1,180	6 month - 25 years	Unisex	Scoring System	< 10. y. o.: 11, 43, 44, 46 > 10.y.o.: 13, 43, 44, 47	Yes
Demirjian	1973	2,928	3-17 years	Sex-Specific	Two-stage Scoring System	7 mandibular left permanent teeth	No
Willems	2001	2,510	4-17 years	Sex-Specific	Scoring System	7 mandibular left permanent teeth	No
London Atlas	2010	1,832	0-23 years	Sex-Specific	Atlas-Based	All deciduous and permanent teeth on the left side	No

zapewnia systematyczne podejście do oceny dojrzałości zębowej i znajduje szerokie zastosowanie w edukacji, praktyce klinicznej oraz badaniach z zakresu medycyny sądowej i ortodontji (7).

Haavikko zaproponował metodę opierającą się na ocenie 4 zębów referencyjnych (innych dla dzieci poniżej i powyżej 10. roku życia), dla których można zidentyfikować 12 stadiów rozwojowych – 6 dotyczących formowania korony i 6 rozwoju korzenia. Każde stadium odpowiada określonemu wiekowi zębowemu, według tabel referencyjnych (8). Wiek zębowy oblicza się jako średnią wartość uzyskaną na podstawie ocen rozwoju wybranych zębów (9). Wadą metody jest niemożność oceny wieku zębowego przy nieznanym wieku metrykalnym ze względu na użycie różnych zębów referencyjnych w różnych grupach wiekowych. Metoda ta jest jednak unikatowa, ponieważ umożliwia zastosowanie w przypadkach agenezji lub hiperdoncji.

Demirjian i wsp. przedstawili metodę opartą na 8 stadiach rozwojowych, od początków mineralizacji (stadium A) do całkowitego zamknięcia wierzchołka korzenia (stadium H) (10). Stadium „0” oznacza brak mineralizacji (11). Każdemu ocenionemu zębowi przypisuje się wartość punktową od 0 do 8, a suma tych punktów stanowi wynik dojrzałości, który porównuje się z tabelami referencyjnymi (12). Metoda ta wymaga pracochłonnej dwuetapowej analizy. Zaletą jest opracowanie wartości referencyjnych osobno dla dziewcząt i chłopców.

Willems i wsp. opracowali metodę opartą na etapach Demirjiana (A-H), jednak suma punktów bezpośrednio odpowiada wiekowi zębów, bez potrzeby konwersji wyników (13). Metoda Willemsa jest dużo łatwiejsza w użyciu niż metoda Demirjiana (14, 15).

AlQahtani i wsp. zaprezentowali metodę znaną jako Atlas londyński, w której rozwój zębów podzielono na 13 stadiów według klasyfikacji Moorreesa, Fanninga i Hunta, a erupcję – na 4 stadia względem poziomu kości wyrostka zębodołowego (16). Metoda ta wykorzystuje ilustrowany atlas referencyjny, w którym ocenia się stadia rozwoju i wyrzynania każdego zęba, a następnie dopasowuje do jednej z 31 schematycznych ilustracji wieku. Ilustracje przedstawiają zarówno rozwój zawiązków, jak i wzorce wyrzynania (17). Główne zalety tej metody to szeroki zakres wiekowy – od niemowlęctwa do wczesnej dorosłości – oraz łatwość użycia, co czyni ją szczególnie przydatną dla klinicystów, ekspertów medycyny sądowej i antropologów.

## DYSKUSJA

Analiza metod szacowania wieku zębowego na podstawie obrazów radiologicznych, z uwzględnieniem daty ich opracowania, wskazuje na wyraźny związek między postępem technologicznym w obrazowaniu a ewolucją podejść metodycznych. Najstarszą z analizowanych technik jest metoda zaproponowana przez Schoura i Masslera. Opracowana została w okresie, gdy standardową techniką obrazowania były zdjęcia szczęk w projekcji boczno-skośnej. Kolejne

is then compared with average reference values for boys or girls, and dental age is determined accordingly (6). The Nolla method provides a systematic approach to assessing dental maturity and is widely utilized in teaching, clinical practice, and research in forensic sciences and orthodontics (7).

Haavikko proposed the method based on the assessment of four reference teeth (with separate approaches for children below and above 10 years of age), with twelve radiographic developmental stages identifiable for each tooth germ: six corresponding to crown formation and six to root development. Each stage correlates with a specific dental age, as indicated in standardized reference tables (8). The dental age is estimated by calculating the mean value derived from the individual developmental stages of the selected teeth (9). A limitation of the method is the inability to estimate dental age when the chronological age is unknown, due to the use of different reference teeth in various age groups. However, this method is unique as it allows for application in cases of agenesis or hyperdontia.

Demirjian et al. proposed the method based on eight stages, ranging from the initial signs of mineralization (stage A) to complete closure of the root apex (stage H) (10). Stage “0” denotes the absence of any mineralization (11). Each assessed tooth is assigned a maturity score from 0 to 8 points, corresponding to its developmental stage, which is compared with reference tables (12). This method requires a labor-intensive two-step analysis. An advantage is the development of separate reference values for boys and girls.

Willems et al. developed a method based on Demirjian’s stages (A-H); however, the total score corresponds directly to the dental age without the need for result conversion (13). The Willems method is much easier to use than the Demirjian method (14, 15).

AlQahtani et al. introduced a method known as the London Atlas, in which tooth development is divided into 13 stages, according to Moorrees, Fanning and Hunt, and tooth eruption is divided into 4 stages relative to the alveolar bone level (16). This approach utilizes an illustrated reference atlas, requiring the examiner to evaluate the developmental and eruptive stages of each tooth and subsequently align them with one of 31 age-specific schematic representations. These illustrations comprehensively depict both tooth formation and eruption patterns (17). One of the method’s major strengths is its broad age applicability, spanning from infancy to early adulthood, and its user-friendliness, making it especially suitable for use by clinicians, forensic experts, and anthropologists.

## DISCUSSION

The analysis of dental age estimation methods based on radiological images, considering the date of their development, reveals a clear correlation between technological advancements in imaging and the evolution of methodological approaches. The oldest of the analyzed techniques is the method proposed by Schour and Massler, developed during

metody Nolli, Haavikko oraz Demirjiana powstały w czasie, gdy w diagnostyce stomatologicznej rozpowszechniło się stosowanie klasycznych zdjęć panoramicznych wykonywanych na kliszach światłoczułych. Natomiast metody Willemisa oraz Atlasu londyńskiego zostały opracowane już w erze cyfrowej, po upowszechnieniu cyfrowej pantomografii.

Analizowane metody różnią się zarówno liczebnością prób badawczych, jak i zakresem wieku pacjentów. Najmniejszą grupę analizowano w badaniu Schoura i Masslera, natomiast największą w metodzie Nolli. Pod względem przedziału wiekowego najszerszy zakres obejmuje metoda Schoura i Masslera, której dolna granica sięga 5. miesiąca życia płodowego, a górna aż 35. roku życia. W metodzie Haavikko zastosowano różne zestawy zębów referencyjnych dla dzieci poniżej i powyżej 10. roku życia, co może ograniczać jej użyteczność w przypadkach, gdy wiek metrykalny nie jest znany. Dwie spośród omawianych metod: Schoura i Masslera oraz Haavikko nie uwzględniają różnic płciowych w rozwoju zębów. Z kolei metody Schoura i Masslera oraz Atlasu londyńskiego opierają się na porównaniu zdjęcia badanego pacjenta z ilustracjami zamieszczonymi w atlasach. Pozostałe techniki: Nolli, Haavikko, Demirjiana i Willemsa bazują na systemie punktacji przypisanej poszczególnym zębom referencyjnym, przy czym metoda Nolli oraz Demirjiana wymagają dodatkowej konwersji wyników według tabel przeliczeniowych (18). W metodach Haavikko i Willemsa wiek zębowy obliczany jest jako średnia punktów uzyskanych dla analizowanych zębów.

Istotnym elementem różnicującym omawiane metody jest wybór zębów referencyjnych. Wszystkie techniki bazują na analizie zębów po jednej stronie łuku zębowego. Większość z nich odnosi się do strony lewej z wyjątkiem metody Haavikko, która analizuje zęby po stronie prawej. Metody Schoura i Masslera oraz Atlasu londyńskiego obejmują wszystkie zęby mleczne i stałe po stronie lewej. W metodach Nolli, Demirjiana oraz Willemsa analizie poddaje się 7 lewych dolnych zębów stałych. Metoda Haavikko koncentruje się na 4 zębach stałych, które statystycznie najrzadziej podlegają agenezji. Na uwagę zasługuje również różna użyteczność metod w przypadkach zaburzeń liczby zębów. Tylko metoda Haavikko umożliwia ocenę wieku zębowego również u pacjentów z agenezją lub hiperdontją, co może stanowić istotną zaletę w kontekście diagnostyki indywidualnej.

Biorąc pod uwagę zróżnicowanie omawianych metod pod względem założeń, zakresu wieku, liczby analizowanych zębów i ich lokalizacji, jak również wymagań technicznych, aktualne badania populacyjne powinny uwzględniać równoległe zastosowanie różnych dostępnych technik. Pozwala to na bardziej precyzyjne dostosowanie metody do specyfiki klinicznej lub sądowej analizowanego przypadku.

W ostatnich latach opublikowano liczne badania, które istotnie poszerzają wiedzę w zakresie szacowania wieku biologicznego na podstawie rozwoju uzębienia. Wśród nich szczególną uwagę zwraca praca przeprowadzona w populacji egipskiej, w której porównywano skuteczność metod

a period when the standard imaging technique involved lateral oblique radiographs of the jaws. Subsequent methods by Nolla, Haavikko, and Demirjian emerged when the use of conventional panoramic radiographs on film became widespread in dental diagnostics. In contrast, the Willems method and the London Atlas were developed in the digital era, following the adoption of digital panoramic imaging.

The analyzed methods differ both in the sample sizes used in their validation studies and the age ranges of the patients. The smallest sample was analyzed in the Schour and Massler study, whereas the largest was in Nolla method. Regarding age range, the broadest coverage is provided by the Schour and Massler method, which spans from the 5<sup>th</sup> month of the fetal period up to 35 years of age. The Haavikko method employs different sets of reference teeth for children below and above 10 years of age, which may limit its applicability when chronological age is unknown. Two of the discussed methods: Schour and Massler, and Haavikko, do not account for sexual dimorphism in dental development. Conversely, the Schour and Massler method and the London Atlas are based on comparing the patient's radiograph with illustrations found in atlases. Other techniques: Nolla, Haavikko, Demirjian, and Willems, utilize scoring systems assigned to individual reference teeth, with Nolla and Demirjian methods requiring additional result conversion using reference tables (18). In Haavikko and Willems methods, dental age is calculated as the mean score of the analyzed teeth.

A significant distinguishing factor among these methods is the choice of reference teeth. All techniques are based on the analysis of teeth on one side of the dental arch. Most refer to the left side, except Haavikko method, which analyzes teeth on the right side. Schour and Massler method and the London Atlas include all primary and permanent teeth on the left side. The methods of Nolla, Demirjian, and Willems focus on seven lower permanent teeth on the left side. Haavikko method concentrates on four permanent teeth that statistically show the lowest prevalence of agenesis. The differing utility of the methods in cases of tooth number anomalies is also noteworthy. Only the Haavikko method allows dental age assessment in patients with agenesis or hyperdontia, which can be a significant advantage in individual diagnostics.

Considering the diversity of these methods in terms of assumptions, age range, number and location of teeth analyzed, as well as technical requirements, current population studies should consider the parallel use of multiple available techniques. This approach enables a more precise adaptation of the method to the clinical or forensic specifics of the given case.

In recent years, numerous studies have significantly expanded knowledge regarding the estimation of biological age based on dental development. Among them, a study conducted in an Egyptian population stands out, comparing the accuracy of Willems and Cameriere methods

Willemsa i Cameriere'a z oceną wieku kostnego. Wyniki badania wykazały najwyższą dokładność metody Willemsa w tej grupie etnicznej (2). Z kolei w badaniu przeprowadzonym w populacji Kosowa dokonano adaptacji metody Demirjiana poprzez opracowanie wzoru uwzględniającego specyfikę analizowanej grupy, co pozwoliło na zwiększenie precyzji oceny wieku zębowego (19). Metaanaliza dotycząca wiarygodności metod Nolla i Demirjiana wykazała, że zastosowanie obu metod łącznie pozwala na dokładniejszą i bardziej wiarygodną ocenę wieku dzięki wzajemnej weryfikacji i uwzględnieniu cech populacyjnych, wieku, płci oraz sytuacji klinicznej (20).

Tradycyjne metody szacowania wieku zębowego, choć szeroko stosowane, są czasochłonne i wymagają znacznego zaangażowania ze strony oceniającego. W związku z tym obserwuje się rosnące zainteresowanie narzędziami opartymi na sztucznej inteligencji, które mogą usprawnić ten proces. Przykładem jest metoda wykorzystująca konwolucyjne sieci neuronowe do automatycznej oceny wieku na podstawie ortopantomogramów, która wykazała wysoką skuteczność w porównaniu z klasyczną metodą Demirjiana (21). W innym badaniu opracowano hybrydowy system sztucznej inteligencji wykorzystujący pomiar poziomu kości wyrostka zębodołowego na zdjęciach tomograficznych w projekcji panoramicznej po segmentacji obrazu. System ten osiągnął akceptowalny poziom dokładności w porównaniu zarówno z metodą Demirjiana, jak i Atlasu londyńskiego (22). Kolejnym rozwiązaniem opartym na uczeniu maszynowym jest dwustopniowy model, który najpierw identyfikuje zęby na obrazie, a następnie klasyfikuje wiek zębowy, co również okazało się efektywną metodą automatyzacji oceny (23).

Powyższe doniesienia potwierdzają, że zarówno adaptacja istniejących metod do specyfiki populacyjnej, jak i rozwój narzędzi opartych na sztucznej inteligencji stanowią obiecujące kierunki dla zwiększenia precyzji i efektywności oceny wieku zębowego w praktyce klinicznej i sądowej.

Ograniczenia przeglądu obejmują kilka istotnych kwestii. Po pierwsze, analiza uwzględniała wyłącznie publikacje z baz PubMed i Google Scholar w języku polskim i angielskim, co mogło skutkować pominięciem wartościowych wyników opublikowanych w innych językach. Nie oceniono także ryzyka błędu systematycznego. Ponadto, ze względu na narracyjny charakter przeglądu, nie przeprowadzono metaanalizy, co ogranicza możliwość ilościowej oceny występowania poszczególnych metod w piśmiennictwie.

## WNIOSKI

1. Znajomość klasycznych metod radiomorfologicznej oceny wieku zębowego pozostaje istotnym elementem zarówno w diagnostyce klinicznej, jak i praktyce medycyny sądowej, umożliwiając dobór najbardziej adekwatnego podejścia w zależności od specyfiki przypadku.
2. Tradycyjne techniki, oparte na manualnej analizie obrazów radiologicznych, charakteryzują się bra-

against bone age assessment. The results demonstrated the highest accuracy of the Willems method in this ethnic group (2). Another study in the Kosovo population adapted the Demirjian method by developing a formula that considers the specifics of the analyzed group, which improved the precision of dental age estimation (19). Meta-analysis on the reliability of Nolla and Demirjian methods showed that their combined application allows for a more accurate and reliable age assessment through mutual verification and consideration of population characteristics, age, sex, and case context (20).

Although traditional dental age estimation methods are widely used, they are time-consuming and require substantial effort from the evaluator. Consequently, there is growing interest in tools based on artificial intelligence (AI) that can streamline this process. One example is a method utilizing convolutional neural networks for automatic age assessment based on orthopantomograms, which demonstrated high accuracy compared to the classical Demirjian method (21). Another study developed a hybrid AI system using measurements of the alveolar bone level on panoramic tomographic images after image segmentation. This system achieved an acceptable level of accuracy compared to both the Demirjian method and the London Atlas (22). An additional machine learning-based solution is a two-stage model that first identifies teeth in the image and then classifies dental age, proving to be an effective approach to automating age estimation (23).

These reports confirm that both the adaptation of existing methods to population specifics and the development of AI-based tools represent promising directions for enhancing the precision and efficiency of dental age estimation in clinical and forensic practice.

The limitations of this review encompass several important issues. First, the analysis included only publications retrieved from the PubMed and Google Scholar databases, in Polish and English, which may have resulted in the omission of valuable findings published in other languages. The risk of systematic bias was not assessed. Moreover, due to the narrative nature of the review, no meta-analysis was conducted, which restricts the quantitative assessment of the prevalence of specific methods in the literature.

## CONCLUSIONS

1. Knowledge of classical radio-morphological methods for dental age assessment remains a key component in both clinical diagnostics and forensic medicine, as it allows for the selection of the most appropriate approach depending on the specific characteristics of the case.
2. Traditional techniques, based on manual analysis of radiographic images, are distinguished by the lack of need for specialized and costly software, which

kiem konieczności stosowania specjalistycznego, kosztownego oprogramowania, co stanowi ich istotną zaletę. Ich głównym ograniczeniem pozostaje jednak czasochłonność procesu oceny.

3. Klasyczne metody radiomorfologiczne stanowią obecnie punkt odniesienia w procesie walidacji nowych, zautomatyzowanych rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji, co podkreśla ich wciąż aktualną wartość w badaniach nad oceną wieku zębowego.

constitutes a significant advantage. However, their main limitation lies in the time-consuming nature of the assessment process.

3. Classical radio-morphological methods currently serve as a reference point for the validation of new, automated solutions based on artificial intelligence, highlighting their continued relevance as a benchmark in dental age estimation research.

#### KONFLIKT INTERESÓW CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów  
None

#### ADRES DO KORESPONDENCJI CORRESPONDENCE

\*Małgorzata Łysiak-Majchrzak  
Katedra Ortopedii Szczęękowo-Twarzowej  
i Ortodoncji  
Collegium Medicum  
im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
ul. Jagiellońska 13  
85-067 Bydgoszcz  
tel.: +48 (52) 585-33-96  
malgorzata.ysiak-majchrzak@cm.umk.pl

#### PIŚMIENNICTWO/REFERENCES

1. Okumuş İ, Arslan İ, Aydınoglu S et al.: Which method can be used to assess chronological age in children? *BMC Oral Health* 2025; 25(1): 886.
2. Abd Elmaguid Kaka R, Ismail Mohamed Haiba M, Abd Elmoneim Sheta A et al.: Age estimation using dental and hand-wrist radiography among a sample of Egyptian children. *Sci Rep* 2025; 15(1): 1056.
3. Roberts G, Lucas VS, Camilleri S et al.: Questions of logic in Atlas methods of dental age estimation. *J Forensic Leg Med* 2023; 96: 102505.
4. Martrille L, Papadodima S, Venegoni C et al.: Age Estimation in 0-8-Year-Old Children in France: Comparison of One Skeletal and Five Dental Methods. *Diagnostics* 2023; 13(6): 1042.
5. Moga LI, Moca AE, Iurcov R et al.: Evaluating the Nolla Method for Dental Age Estimation in Children from Northwestern Romania. *Children* 2025; 12(1): 69.
6. Zirk M, Zoeller JE, Lentzen MP et al.: Comparison of two established 2D staging techniques to their appliance in 3D cone beam computer-tomography for dental age estimation. *Sci Rep* 2021; 11(1): 9024.
7. Lashin HI, Sharif AF, Ghaly MS et al.: Bridging gaps in age estimation: a cross-sectional comparative study of skeletal maturation using Fishman method and dental development using Nolla method among Egyptians. *Int J Legal Med* 2025; 139(2): 695-714.
8. Sezer B, Çarıkçioğlu B: Accuracy of the London Atlas, Haavikko's Method and Cameriere's European Formula of dental age estimation in Turkish children. *Leg Med Tokyo Jpn* 2022; 54: 101991.
9. Franco A, de Oliveira MN, Campos Vidigal MT et al.: Assessment of dental age estimation methods applied to Brazilian children: a systematic review and meta-analysis. *Dento Maxillo Facial Radiol* 2021; 50(2): 20200128.
10. Mohammed F, Fairozekhan AT, Siddiqui IA et al.: Assessment to determine the accuracy of Chaillet and Demirjian method of dental age estimation using Orthopantomographs, Eastern Province, Saudi Arabia. *F1000Research* 2024; 13: 1554.
11. Bakhsh HH, Al-Shehri NA, Shahwan A et al.: A Comparison of Two Methods of Dental Age Estimation in a Population of Saudi Children and Adolescents. *Diagn Basel Switz* 2024; 14(17).
12. Cidade R, Dos Santos M, Alves TC et al.: Radiographic dental age estimation applying and comparing Demirjian's seven (1973) and four (1976) teeth methods. *Forensic Sci Med Pathol* 2023; 19(2): 175-183.
13. Gelbrich B, Carl C, Gelbrich G: Comparison of three methods to estimate dental age in children. *Clin Oral Investig* 2020; 24(7): 2469-2475.
14. Çarıkçioğlu B, Değirmenci A: Accuracy of the radiographic methods of Willems, Cameriere and Blenkin-Evans on age estimation for Turkish children in the north-west Anatolia region. *Aust J Forensic Sci* 2023; 55: 156-167.
15. Alqerban A, Alrashed M, Alaskar Z, Alqahtani K: Age estimation based on Willems method versus country specific model in Saudi Arabia children and adolescents. *BMC Oral Health* 2021; 21(1): 341.
16. Jawa LA, Jawa ZA, Awaisi ZH: A Comparison of the Accuracy of the London Atlas and Demirjian Age Estimation Methods Based on Panoramic Radiography of Developing Teeth. *Med Forum Mon* 2022; 33: 48-51.

17. Koç A, Özlek E, Öner Talmaç AG: Accuracy of the London atlas, Willems, and Nolla methods for dental age estimation: a cross-sectional study on Eastern Turkish children. *Clin Oral Investig* 2021; 25(8): 4833-4840.
18. Duruk G, Gundogdu Ozdal TP, Duman S: Accuracy of age estimation with Demirjian and Nolla methods in Eastern Turkish children aged 3-17 years old. *Eur Oral Res* 2022; 56(2): 80-87.
19. Kelmendi J, Merdietio Boedi R, Vodanovic M et al.: Modified Demirjian's method for dental age estimation in Kosovar children and adolescents. *Forensic Sci Med Pathol* [Internet] 16 Aug 2025. <https://link.springer.com/10.1007/s12024-025-01061-0>.
20. Al-Juhani A, Binshalhoub A, Showail S et al.: Comparative Analysis of Dental Age Estimation: A Systematic Review and Meta-analysis Assessing Gender-Specific Accuracy of the Demirjian and Nolla Methods Across Different Age Groups. *Cureus* [Internet] 3 Dec 2024. <https://www.cureus.com/articles/318742-comparative-analysis-of-dental-age-estimation-a-systematic-review-and-metaanalysis-assessing-gender-specific-accuracy-of-the-demirjian-and-nolla-methodsacross-different-age-groups>.
21. Li Z, Xiao N, Nan X et al.: Automatic dental age estimation in adolescents via oral panoramic imaging. *Front Dent Med* 2025; 6: 1618246.
22. Mazloom Nezhad SM, Mohd Faizal Abdullah ER, Ibrahim N et al.: A hybrid convolutional neural network model for dental age estimation using buccal alveolar bone level for Saudi children. *BMC Oral Health* 2025; 25(1): 1331.
23. Kokomoto K, Kariya R, Muranaka A et al.: Automatic dental age calculation from panoramic radiographs using deep learning: a two-stage approach with object detection and image classification. *BMC Oral Health* 2024; 24(1): 143.

**nadesłano/submitted:**

14.01.2026

**zaakceptowano do druku/accepted:**

04.02.2026