

To cite this article:

Ilczuk-Rypuła Danuta, Pietraszewska Daria, Skucha-Nowak Małgorzata: Ocena wybranych parametrów śliny u pacjentów z hipomineralizacją trzonowcowo-siekaczową – badanie pilotażowe. Assessment of selected salivary parameters in patients with molar-incisor hypomineralisation – a pilot study. Nowa Stomatol 2025;30(4):196-207. DOI: 10.25121/NS.2025.30.4.196

To link to this article:

<https://doi.org/10.25121/NS.2025.30.4.196>

*DANUTA ILCZUK-RYPUŁA¹, DARIA PIETRASZEWSKA¹, MAŁGORZATA SKUCHA-NOWAK²

Ocena wybranych parametrów śliny u pacjentów z hipomineralizacją trzonowcowo-siekaczową – badanie pilotażowe^a

Assessment of selected salivary parameters in patients with molar-incisor hypomineralisation – a pilot study^a

¹Department of Paediatric Dentistry, Faculty of Medical Sciences in Zabrze, Medical University of Silesia in Katowice, Poland
Head of Department: Danuta Ilczuk-Rypuła, MD, PhD

¹Zakład Stomatologii Wieku Rozwojowego, Wydział Nauk Medycznych w Zabrzu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Polska
Kierownik Zakładu: dr n. med. Danuta Ilczuk-Rypuła

²Department of Dental Propedeutics, Faculty of Medical Sciences in Zabrze, Medical University of Silesia in Katowice, Poland
Head of Department: Małgorzata Skucha-Nowak, MD, PhD

²Zakład Propedeutyki Stomatologii, Wydział Nauk Medycznych w Zabrzu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Polska
Kierownik Zakładu: prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. Małgorzata Skucha-Nowak

SŁOWA KLUCZOWE:

MIH, ślina, pH, zdolność buforowa, właściwości fizykochemiczne

STRESZCZENIE

Wstęp. Ślina odgrywa istotną rolę w utrzymaniu równowagi w jamie ustnej i może mieć wpływ na procesy rozwojowe szkliwa. Jej znaczenie w etiopatogenezie hipomineralizacji trzonowcowo-siekaczowej (MIH) pozostaje przedmiotem ostatnich badań.

Cel pracy. Celem pracy była ocena wybranych parametrów śliny u dzieci z MIH.

Materiał i metody. Badaniem objęto 613 dzieci w wieku 8-12 lat. Ocena zdolności buforowych śliny przeprowadzono z wykorzystaniem testu Saliva-Check Buffer (GC Dental, Japonia) do oceny ilości i jakości śliny. Analizy statystyczne wykonano z wykorzystaniem testów t-Studenta, U Manna-Whitneya oraz wskaźników OR i RR.

Wyniki. Częstość występowania MIH wynosiła 6,2%. Stwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy określonymi właściwościami śliny a występowaniem MIH. Zaobserwowano, że dzieci z MIH częściej charakteryzowały się wyższym tempem wydzielania śliny spoczynkowej, zwiększoną lepkością śliny, kwaśnym pH śliny spoczynkowej oraz obniżoną objętością i zdolnością buforową śliny stymulowanej.

Wnioski. U dzieci z MIH występują zaburzenia parametrów śliny, które mogą wpływać na przebieg choroby i skuteczność jej leczenia. Parametry te mogą mieć znaczenie prognostyczne, jednak wymagają dalszych, poszerzonych badań na większej populacji.

^aBadanie zostało przeprowadzone w ramach zatrudnienia na Śląskim Uniwersytecie Medycznym w Katowicach i zostało sfinansowane ze środków umowy statutowej nr PCN-1-094/N/O/O. Autorzy pragną podziękować Śląskiemu Uniwersytetowi Medycznemu w Katowicach za wsparcie finansowe.

^aThe research study was performed as part of employment at the Medical University of Silesia in Katowice, Poland, and was funded by grant number PCN-1-094/N/O/O. The authors would like to thank the Medical University of Silesia in Katowice for their financial support.

KEYWORDS:

MIH, saliva, pH, buffer capacity, physicochemical properties

SUMMARY

Introduction. Saliva plays an important role in maintaining oral homeostasis and may influence enamel development. Its role in the etiopathogenesis of molar-incisor hypomineralisation (MIH) is currently under investigation.

Aim. The aim of this study was to evaluate selected salivary parameters in children with MIH.

Material and methods. A total of 613 children aged 8-12 years were included in the study. The buffer capacity of saliva was assessed using the Saliva-Check Buffer test (GC Dental, Japan). Statistical analysis was performed using the Student's t-test, Mann-Whitney U test, and calculations of OR and RR.

Results. The prevalence of MIH was 6.2%. A statistically significant relationship was found between certain salivary characteristics and the presence of MIH. Children with MIH more frequently presented with higher unstimulated salivary flow rate, increased viscosity, acidic pH of unstimulated saliva, and reduced volume and buffer capacity of stimulated saliva.

Conclusions. Abnormal salivary properties may be an important risk factor in the development of MIH. Saliva assessment may support the diagnosis and early identification of children at risk for this condition.

WSTĘP

Hipomineralizacja trzonowcowo-siekaczowa (ang. *molar-incisor hypomineralization* – MIH) jest opisywana jako zaburzenie budowy szkliwa pochodzenia ogólnoustrojowego obejmujące pierwsze zęby trzonowe stałe. Często jest też związana z uszkodzeniem zębów siecznych stałych (1). Uważa się, iż zmiany w zębach siecznych stałych występują u 36,6% pacjentów z MIH (2). Cechą charakterystyczną MIH jest występowanie wyraźnie odgraniczonych zmian w szkliwie o różnym zabarwieniu – od białego, poprzez kremowy, do żółto-brązowego. Defekty te cechują się skłonnością do poerupcyjnego uszkodzenia szkliwa, nadwrażliwości oraz trudności w leczeniu zachowawczym, co znacząco obniża jakość życia pacjentów pediatrycznych (1). Szacuje się, że częstość występowania MIH w Europie kształtuje się na poziomie 14,4% (2). W badaniach przeprowadzonych w różnych regionach Polski odnotowano zróżnicowaną częstość występowania MIH. W województwie pomorskim Głódzowska i Emerich (3) oszacowały ją na 6,43% w grupie 1437 dzieci w wieku 6-12 lat. Znacznie wyższą częstość MIH (22,7%) odnotowano wśród 8-9-latków z województw opolskiego i dolnośląskiego w badaniu Berdzik-Janeckiej (4) obejmującym 150 dzieci.

Etiologia MIH w dalszym ciągu nie jest jednoznaczna. Istnieje wiele badań wskazujących różne przyczyny występowania tej jednostki klinicznej. W metaanalizie przeprowadzonej przez Juárez-López i wsp. (5) wykazano statystycznie istotne zależności między występowaniem MIH a potencjalnymi czynnikami etiologicznymi obecnymi w okresie prenatalnym, okołoporodowym i postnatalnym. Wśród najważniejszych czynników wymienia się: choroby matki w czasie ciąży, niską masę urodzeniową dziecka, choroby wieku dziecięcego, stosowanie antybiotyków oraz występowanie wysokiej gorączki w pierwszych latach życia. Dostępne są też prace, w których za istotny czynnik uważa

INTRODUCTION

Molar-incisor hypomineralisation (MIH) is described as a systemic-origin enamel hypomineralisation that affects the first permanent molars. It is often associated with damage to the permanent incisors as well (1). It is estimated that hypomineralisation of the permanent incisors occurs in 36.6% of patients diagnosed with MIH (2). A characteristic feature of MIH is the presence of clearly demarcated enamel lesions of varying color – from white, through creamy, to yellow-brown. These defects are prone to post-eruptive enamel breakdown, hypersensitivity, and difficulties in restorative treatment, which significantly affect the quality of life in pediatric patients (1). The prevalence of MIH in Europe is estimated at approximately 14.4% (2). Studies conducted in different regions of Poland have shown varied MIH prevalence rates. In the Pomeranian Voivodeship, Głódzowska and Emerich (3) estimated the prevalence at 6.43% in a group of 1,437 children aged 6-12 years. A much higher prevalence (22.7%) was observed among 8-9-year-old children from the Opole and Lower Silesian Voivodeships in a study by Berdzik-Janecka (4), which included 150 children.

The aetiology of MIH remains unclear. Numerous studies suggest various causes for this clinical condition. A meta-analysis by Juárez-López et al. (5) revealed statistically significant associations between MIH and potential etiological factors present during the prenatal, perinatal, and postnatal periods. The most commonly cited factors include maternal illness during pregnancy, low birth weight, childhood diseases, antibiotic use, and high fever in early childhood. Some studies also suggest that the duration of breastfeeding may be an important factor. Other researchers point to vitamin D₃ levels or environmental pollution as potential contributors (6).

się długość karmienia piersią po porodzie. Niektórzy badacze twierdzą, że na rozwój MIH wpływa stężenie witaminy D₃ lub zanieczyszczenie środowiska (6).

Zespół badaczy ze Śląskiego Uniwersytetu Medycznego (7) zaproponował dodatkowo udział mechanizmów epigenetycznych w patogenezie MIH, analizując poziom globalnej metylacji DNA u dzieci z rozpoznaniem tego zaburzenia. Choć nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w poziomie metylacji między grupą badaną a kontrolną, zaobserwowano korelacje między poziomem metylacji a niektórymi czynnikami środowiskowymi, takimi jak gorączka oraz przebiecie ospy wietrznej przed ukończeniem 3. roku życia. Może to sugerować udział procesów epigenetycznych w mechanizmach prowadzących do rozwoju MIH. Dodatkowo, Tynior i wsp. (8) w pilotażowym badaniu ekspresji genów związanych z amelogenezą stwierdzili istotnie wyższy poziom ekspresji genu *TUFT1* u dzieci z MIH, co może wskazywać na zaburzenia procesu mineralizacji szkliwa na poziomie molekularnym. Zmiany w ekspresji *TUFT1* i *FAM83H* mogą mieć związek z wcześniejszymi ekspozycjami środowiskowymi oraz zakłóconą adaptacją komórek szkliwotwórczych. Współcześnie występuje tendencja do kwalifikowania omawianej jednostki klinicznej do grupy chorób o podłożu genetycznym, przy czym wielu autorów podkreśla fakt, że etiologia MIH jest wieloczynnikowa (9-11).

Szklivo dotknięte MIH charakteryzuje się obniżonym stężeniem jonów wapniowych i fosforanowych oraz wyższą zawartością białka, co prowadzi do zwiększonej jego porowatości, szczególnie w przypadku zmian o zabarwieniu żółtym i brązowym (12).

Ślina, która otacza twarde i miękkie tkanki jamy ustnej, składa się z komponentów organicznych i nieorganicznych, uznawana jest za funkcjonalny odpowiednik surowicy, odzwierciedlając fizjologiczny stan organizmu, w tym zmiany: hormonalne, emocjonalne, żywieniowe i metaboliczne. Pobieranie śliny to łatwa, nieinwazyjna, niewymagająca specjalistycznego sprzętu procedura. Stanowi ona idealne narzędzie diagnostyczne w badaniach prowadzonych wśród dzieci. Jako główny czynnik związany z gospodarzem ślina odgrywa kluczową rolę w utrzymywaniu dynamicznej równowagi w jamie ustnej. Jej właściwości fizykochemiczne, takie jak: pH, lepkość czy zdolność buforowania, mogą mieć wpływ na procesy dojrzewania i mineralizacji szkliwa (13). W ostatnim czasie wzrasta liczba badań podkreślających znaczenie śliny – jej składu, pH, właściwości buforowych oraz tempa i objętości wydzielania – w kontekście etiopatogenezy MIH.

CEL PRACY

Celem niniejszego badania była analiza wybranych cech fizykochemicznych śliny u dzieci z MIH i porównanie identycznych parametrów u dzieci zdrowych. Wyniki przedstawione w tym artykule stanowią kontynuację badań opublikowanych w pracy pt. „Prevalence and Possible Etiological Factors of Molar-Incisor Hypomineralization (MIH)

A research team from the Medical University of Silesia (7) proposed the involvement of epigenetic mechanisms in MIH pathogenesis by analysing the level of global DNA methylation in children diagnosed with this condition. Although no statistically significant differences in methylation levels were found between the study and control groups, correlations were observed between methylation levels and certain environmental factors such as fever and chickenpox before the age of three. This may suggest the involvement of epigenetic processes in the mechanisms leading to MIH development. Furthermore, in a pilot study on the expression of genes associated with amelogenesis, Tynior et al. (8) found significantly higher expression of the *TUFT1* gene in children with MIH, which may indicate disruptions in enamel mineralization at the molecular level. Changes in the expression of *TUFT1* and *FAM83H* may be related to earlier environmental exposures and disturbed adaptation of ameloblast cells. There is a growing tendency to classify this condition as a genetically based disease, though many authors emphasize that MIH has a multifactorial aetiology (9-11).

Enamel affected by MIH is characterized by decreased concentrations of calcium and phosphate ions and increased protein content, leading to greater porosity, particularly in lesions that are yellow or brown in color (12).

Saliva surrounds the hard and soft tissues of the oral cavity and consists of both organic and inorganic components. It is considered the functional equivalent of serum, reflecting the physiological state of the body, including hormonal, emotional, nutritional, and metabolic changes. Saliva collection is a simple, non-invasive, and effortless procedure that does not require specialized equipment, making it an ideal diagnostic tool in pediatric studies. As the main host-related factor, saliva plays a key role in maintaining the dynamic balance in the oral cavity. Its physicochemical properties – such as pH, viscosity, and buffering capacity – may influence the processes of enamel maturation and mineralization (13). In recent years, the number of studies evaluating the significance of saliva – its composition, pH, buffering properties, and flow rate – in the context of MIH etiopathogenesis has increased.

AIM

The aim of this study was to analyze selected physicochemical properties of saliva in children with molar-incisor hypomineralization and to compare these parameters with those of healthy children. The results presented in this article are a continuation of a previously published study titled “Prevalence and Possible Etiological Factors of Molar-Incisor Hypomineralization (MIH) in Population of Silesian Children in Poland: A Pilot Retrospective Cohort Study” (14). Some of the data used in this study come from the aforementioned project, and the current research

in Population of Silesian Children in Poland: A Pilot Retrospective Cohort Study” (14). Część danych wykorzystanych w niniejszym badaniu pochodzi z projektu opisanego w tej publikacji, a poniższe badanie stanowi jego kontynuację i zostało rozszerzone o dodatkowe elementy, co pozwoliło na przeprowadzenie głębszej analizy.

MATERIAŁ I METODY

Badanie pilotażowe zostało przeprowadzone wśród dzieci ($n = 613$) uczęszczających do Poradni Wieku Rozwojowego Uniwersyteckiego Centrum Stomatologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach sp. z o.o. w Bytomiu w okresie od 1 stycznia 2019 roku do 1 grudnia 2024 roku. Pacjenci byli losowo włączani do badania; rejestrowani na wizyty kontrolne lub rutynowe leczenia zachowawcze u D.I.R. lub D.P. Do badania pilotażowego zakwalifikowano dzieci w wieku 8-12 lat, które spełniały określone kryteria dotyczące stanu uzębienia i miejsca zamieszkania. Uczestnicy musieli mieć wyrżnięte pierwsze zęby trzonowe stałe oraz co najmniej 6 zębów siecznych stałych. Dodatkowo, badanie dotyczyło dzieci mieszkających w województwie śląskim. Z badania wykluczone zostały natomiast dzieci, które były w trakcie leczenia ortodontycznego lub miały zdiagnozowane wady rozwojowe zębów, takie jak: *amelogenesis imperfecta*, hipoplazja szkliwa, fluoroza czy przebarwienia tetracyklinowe. Ponadto do badania nie zakwalifikowano dzieci z chorobami genetycznymi, wadami wrodzonymi oraz tych, które miały zmiany hipomineralizacyjne ograniczone wyłącznie do zębów siecznych. Po uzyskaniu zgody rodziców/opiekunów prawnych i wypełnieniu formularza, oceniano: wiek, płeć oraz stopień zaawansowania MIH u pacjentów zgodnie z kryteriami diagnostycznymi Europejskiej Akademii Stomatologii Dziecięcej (EAPD) i wskaźnikiem MIH-TNI (MIH Treatment Need Index). Na podstawie kryteriów stopnia zaawansowania MIH według EAPD (European Academy of Paediatric Dentistry) wyróżniono dwie postaci MIH: łagodną oraz ciężką. Kryteria diagnostyczne były zgodne z wytycznymi EAPD ustalonymi podczas spotkania w Atenach w 2003 roku oraz protokołem badania wraz z kryteriami włączenia/wyłączenia (tab. 1). W tabelach 2 i 3 przedstawiono podział zaawansowania MIH według klasyfikacji EAPD oraz według koncepcji Wurzburga, MIH-TNI (15, 16).

Badanie kliniczne jamy ustnej przeprowadzono w gabinecie stomatologicznym z użyciem lusterka stomatologicznego, zgłębnika i lampy stomatologicznej. Badanie wraz z diagnozą MIH przeprowadzali członkowie zespołu badawczego (specjaliści stomatologii dziecięcej): D.I.R. i D.P. Dodatkowo obliczono zgodność między badaczami i uzyskano wysoką zgodność dla wszystkich analizowanych parametrów ($\kappa = 0,92-0,95$).

Ocenę zdolności buforowych śliny przeprowadzono przy wykorzystaniu testu Saliva-Check Buffer (GC Dental, Japonia). Podczas powyższej procedury postępowano zgodnie z instrukcją. Uczestnicy badania zostali poinstruowani, aby powstrzymać się od zabiegów higieny jamy ustnej,

expands on it by adding new elements, allowing for a more in-depth analysis.

MATERIAL AND METHODS

A pilot study was conducted among children ($n = 613$) attending the Developmental Age Clinic of the Academic Center of Dentistry of the Medical University of Silesia in Katowice in Bytom, between January 1, 2019, and December 1, 2024. Patients were randomly enrolled in the study and scheduled for check-up or routine conservative treatment appointments with D.I.R. or D.P. The pilot study included children aged 8 to 12 years who met specific criteria regarding dentition and place of residence. Participants were required to have erupted permanent first molars and at least six erupted permanent incisors. The study focused on children living in the Silesian Voivodeship. Exclusion criteria included ongoing orthodontic treatment and diagnosed developmental dental defects such as *amelogenesis imperfecta*, enamel hypoplasia, fluorosis, or tetracycline staining. Also excluded were children with genetic disorders, congenital anomalies, or hypomineralization changes limited only to the incisors.

After obtaining informed consent from parents/legal guardians and completing the entry form, the age, sex, and severity of MIH were assessed in patients according to the diagnostic criteria of the European Academy of Paediatric Dentistry (EAPD) and the MIH-TNI index. Based on the severity criteria defined by the EAPD, two forms of MIH were distinguished: mild and severe. Diagnostic criteria were consistent with the guidelines established during the EAPD meeting in Athens in 2003, as well as the research protocol including inclusion/exclusion criteria (tab. 1). Tables 2 and 3 present the classification of MIH severity according to EAPD and the Würzburg concept (MIH-TNI) (15, 16).

Clinical examination of the oral cavity was carried out in a dental office using a dental mirror, probe, and dental light. The examination and diagnosis of molar-incisor hypomineralisation were performed by members of the research team (pediatric dentistry specialists): D.I.R. and D.P. In addition, inter-examiner agreement was calculated and found to be high for all analyzed parameters ($\kappa = 0.92-0.95$). The assessment of salivary buffering capacity was performed using the Saliva-Check Buffer kit (GC Dental, Japan). The procedure was carried out in accordance with the instructions provided with the kit. Participants were instructed to refrain from any oral hygiene procedures, chewing gum, and analgesic intake for 8 hours, as well as from eating, drinking, and brushing teeth for 2 hours before the examination. The study protocol was approved by the Bioethics Committee of the Medical University of Silesia in Katowice (PCN/0022/KB1/108/19).

Tab. 1. Kryteria włączenia i wyłączenia pacjentów do badania pilotażowego

Kryteria włączenia	Kryteria wyłączenia
Wiek 8-12 lat	Aktualne leczenie ortodontyczne
Wyrżnięte pierwsze zęby trzonowe stałe	Wady rozwojowe zębów: <i>amelogenesis imperfecta</i> , hipoplazja szkliwa, fluorozą, przebarwienia tetracyklinowe
Wyrżnięte co najmniej 6 zębów siecznych stałych	Dzieci z chorobami genetycznymi
Miejsce zamieszkania: województwo śląskie	Dzieci z wadami wrodzonymi
	Zmiany występujące tylko na zębach siecznych
	Brak zgody rodziców na udział w badaniu

Tab. 1. Inclusion and exclusion criteria for the pilot study

Inclusion criteria	Exclusion criteria
Age 8-12 years	Current orthodontic treatment
Erupted first permanent molars	Developmental dental defects: <i>amelogenesis imperfecta</i> , enamel hypoplasia, fluorosis, tetracycline staining
At least six erupted permanent incisors	Children with genetic disorders
Place of residence: Silesian Voivodeship	Children with congenital anomalies
	Changes occurring only on the incisor teeth
	Lack of parental consent to participate in the study

Tab. 2. Stopnie zaawansowania MIH według klasyfikacji EAPD

Łagodny MIH	Ciężki MIH
Wyraźne zmiany zabarwienia szkliwa bez jego ubytku	Wyraźne zmiany zabarwienia szkliwa z ubytkiem i próchnicą
Nadwrażliwość na bodźce zewnętrzne (np. powietrze/woda), ale nie na szczotkowanie	Samoistna i uporczywa nadwrażliwość utrudniająca funkcjonowanie (np. szczotkowanie, żucie)
Niewielkie problemy estetyczne związane z przebarwieniem zębów siecznych	Znaczące problemy estetyczne mogące mieć wpływ społeczno-psychologiczny

Tab. 2. MIH severity levels according to the EAPD classification

Mild MIH	Severe MIH
Clearly demarcated enamel opacities without enamel loss	Clearly demarcated enamel opacities with enamel breakdown and caries
Hypersensitivity to external stimuli (e.g. air/water), not to brushing	Spontaneous and persistent hypersensitivity hindering function (e.g. brushing, chewing)
Minor aesthetic concerns due to discoloration of incisors	Significant aesthetic issues potentially affecting psychosocial well-being

żucia gumy oraz przyjmowania środków przeciwbólowych przez 8 godzin, a także od jedzenia, picia i mycia zębów przez 2 godziny przed badaniem. Protokół badania został zatwierdzony przez Komisję Bioetyczną Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach (PCN/0022/KB1/108/19). Badanie zostało przeprowadzone ze środków umowy statutowej Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach nr PCN-1-094/N/0/O.

Otrzymane dane poddano analizie statystycznej przy wykorzystaniu programu Statistica Software 12.6 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Do analizy rozkładu danych użyto testu t-Studenta i testu U Manna-Whitneya. Ponadto obliczono iloraz szans (ang. *odds ratio* – OR) oraz względne ryzyko (ang. *relative risk* – RR) z 95% przedziałem ufności (ang. *confidence interval* – CI). Za istotność statystyczną przyjęto $p < 0,05$.

The study was conducted with funds from the statutory contract of the Medical University of Silesia in Katowice, No. PCN-1-094/N/0/O.

The collected data were subjected to statistical analysis using Statistica Software 12.6 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). The distribution of variables was analyzed using the Student’s t-test and Mann-Whitney U test. Additionally, odds ratios (OR) and relative risk (RR) with 95% confidence intervals (CI) were calculated. A p-value of < 0.05 was considered statistically significant.

RESULTS

The average age of children from the Silesian Voivodeship included in the study was 9.1 years (± 1.9 years).

Tab. 3. Wskaźnik potrzeb leczniczych MIH (MIH-TNI)

Wskaźnik	Opis
0	Brak MIH, brak klinicznych objawów MIH
1	MIH bez nadwrażliwości, bez ubytku. Ubytek nie oznacza ubytku próchnicowego, a utratę tkanek wynikającą z właściwości fizykochemicznych szkliwa dotkniętego MIH – poerupcyjne odłamanie szkliwa (PEB)
2	MIH bez nadwrażliwości, z ubytkiem (PEB)
2a	Ubytek obejmuje < 1/3 powierzchni zęba
2b	Ubytek obejmuje > 1/3 i < 2/3 powierzchni zęba
2c	Ubytek obejmuje > 2/3 powierzchni zęba i/lub ubytek w pobliżu miazgi lub konieczność ekstrakcji albo obecność atypowego wypełnienia
3	MIH z nadwrażliwością, bez ubytku (PEB)
3a	MIH z nadwrażliwością, z ubytkiem
3b	Ubytek obejmuje < 1/3 powierzchni zęba
3c	Ubytek obejmuje > 1/3 i < 2/3 powierzchni zęba
4	Ubytek (PEB) obejmuje > 2/3 powierzchni zęba i/lub ubytek w pobliżu miazgi lub konieczność ekstrakcji albo obecność atypowego wypełnienia

Tab. 3. Molar-Incisor Hypomineralisation Treatment Need Index (MIH-TNI)

Index	Description
0	No MIH, no clinical symptoms
1	MIH without hypersensitivity, no enamel loss. The lesion does not indicate a carious cavity, but rather a loss of tissue resulting from the physicochemical properties of enamel affected by MIH – PEB
2	MIH without hypersensitivity, with enamel loss (PEB)
2a	Loss involves < 1/3 of tooth surface
2b	Loss involves > 1/3 and < 2/3 of tooth surface
2c	Loss involves > 2/3 of surface and/or close to pulp, or requires extraction/has atypical filling
3	MIH with hypersensitivity, no enamel loss (PEB)
3a	MIH with hypersensitivity, with enamel loss (PEB)
3b	Loss involves < 1/3 of tooth surface
3c	Loss involves > 1/3 and < 2/3 of tooth surface
4	Loss (PEB) involves > 2/3 of surface and/or close to pulp, or requires extraction/has atypical filling

PEB – posteruptive enamel breakdown

WYNIKI

Średni wiek dzieci z województwa śląskiego objętych badaniem wyniósł 9,1 roku ($\pm 1,9$ roku). W badanej populacji dzieci śląskich ($n = 613$) objawy MIH stwierdzono u 38 pacjentów. Częstość występowania MIH wynosiła 6,2%. Średni wiek dzieci z MIH wyniósł 9,1 roku ($\pm 1,7$ roku). W grupie MIH było 17 dziewczynek (44,73%) i 21 chłopców (55,27%). W grupie bez MIH było 575 dzieci: 302 dziewczynki (52,52%) i 273 chłopców (47,48%). Średni wiek dzieci bez MIH wyniósł 9,0 roku ($\pm 1,8$ roku).

Na podstawie klasyfikacji EAPD łagodną postać MIH zdiagnozowano u 13 dzieci (34,21%), a ciężką u 25 dzieci (65,79%) (tab. 4).

W ocenie zgodnie z koncepcją Wurzburga postać MIH-TNI 2C (bez nadwrażliwości, z ubytkiem obejmującym ponad 2/3 powierzchni zęba) stwierdzono u 34,21% dzieci.

Among the examined population ($n = 613$), signs of MIH were found in 38 patients. The prevalence of MIH was 6.2%. The average age of children with MIH was 9.1 years (± 1.7 years). The MIH group included 17 girls (44.73%) and 21 boys (55.27%). In the non-MIH group ($n = 575$), there were 302 girls (52.52%) and 273 boys (47.48%). The average age in the non-MIH group was 9.0 years (± 1.8 years).

According to the EAPD classification, mild MIH was diagnosed in 13 children (34.21%) and severe MIH in 25 children (65.79%) (tab. 4).

In the group of 613 children evaluated using the Würzburg concept, MIH-TNI 2C (without hypersensitivity, with damage covering over 2/3 of the tooth surface) was diagnosed in 34.21% of children. The highest percentage of this MIH form was observed in girls (47.07%) (tab. 5).

Tab. 4. Stopień zaawansowania MIH według EAPD

Stopień zaawansowania MIH	Dziewczynki	Chłopcy	Razem	% łączny
Łagodny MIH	5	7	13	34,21%
Ciężki MIH	12	14	25	65,79%

Tab. 4. MIH severity levels according to the EAPD classification

MIH Severity	Girls	Boys	Total	% Total
Mild MIH	5	7	13	34.21%
Severe MIH	12	14	25	65.79%

Tab. 5. Stopień zaawansowania MIH wg koncepcji Wurzburga (MIH-TNI)

Stopień MIH	Dziewczynki	Chłopcy	Razem	Dziewczynki (%)	Chłopcy (%)	Razem (%)
1	3	5	8	17,65%	23,81%	21,05%
2A	1	0	1	5,88%	0,00%	2,63%
2B	1	5	6	5,88%	23,81%	15,80%
2C	8	5	13	47,07%	23,81%	34,21%
3	0	2	2	0,00%	9,52%	5,26%
4A	2	0	2	11,76%	0,00%	5,26%
4B	1	1	2	5,88%	4,76%	5,26%
4C	1	3	4	5,88%	14,29%	10,53%

Tab. 5. MIH severity levels according to the Würzburg concept (MIH-TNI)

MIH Level	Girls	Boys	Total	Girls (%)	Boys (%)	Total (%)
1	3	5	8	17.65%	23.81%	21.05%
2A	1	0	1	5.88%	0.00%	2.63%
2B	1	5	6	5.88%	23.81%	15.80%
2C	8	5	13	47.07%	23.81%	34.21%
3	0	2	2	0.00%	9.52%	5.26%
4A	2	0	2	11.76%	0.00%	5.26%
4B	1	1	2	5.88%	4.76%	5.26%
4C	1	3	4	5.88%	14.29%	10.53%

Największy odsetek tej postaci MIH wystąpił u dziewczynek (47,07%) (tab. 5).

Łącznie 23,68% dzieci z grupy MIH miało zmiany tylko na pierwszych zębach trzonowych stałych. U 21,05% dzieci stwierdzono zmiany na czterech pierwszych zębach trzonowych i dwóch zębach siecznych stałych. Szczegółowy rozkład zmian w grupie MIH wraz z liczbą zębów stałych z objawami MIH przedstawiono w tabeli 6.

Ponadto u 71,43% pacjentów stwierdzono MIH bez nadwrażliwości (MIH-TNI 1 i MIH-TNI 2) w różnych stopniach zaawansowania.

W badaniu dokonano również oceny wybranych parametrów fizykochemicznych śliny pod kątem ich potencjalnego związku z występowaniem MIH. Uwzględniono: tempo wydzielania śliny spoczynkowej, jej konsystencję, pH śliny spoczynkowej i stymulowanej, objętość śliny stymulowanej oraz zdolności buforowe. Uzyskane wyniki wykazały, że niektóre parametry istotnie różniły się pomiędzy grupą

Overall, 23.68% of children in the MIH group had lesions only on the first permanent molars. In 21.05% of cases, four first molars and two permanent incisors were affected. The detailed distribution of MIH-affected permanent teeth is presented in table 6.

Additionally, 71.43% of patients had MIH without hypersensitivity (MIH-TNI 1 and MIH-TNI 2) with varying degrees of severity.

In the present study, selected physicochemical parameters of saliva were also assessed in relation to their potential association with MIH. These included unstimulated salivary flow rate, consistency, pH (both unstimulated and stimulated), stimulated salivary volume, and buffering capacity. The results indicated that several salivary parameters significantly differed between the MIH and control groups.

Children with a high salivary flow rate (less than 30 seconds) were over three times more likely to have MIH

Tab. 6. Rozkład zębów ze zmianami w grupie dzieci z MIH

Liczba FPM z MIH	+1 PI	+2 PI	+3 PI	+4 PI	+5 PI	+6 PI	+7 PI	+8 PI
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	3	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0	0	1	0	0
3	1	1	1	0	0	0	0	0
4	3	8	3	2	0	2	2	0

FPM (ang. *first permanent molar*) – ząb pierwszy trzonowy stały; PI (ang. *permanent incisor*) – ząb sieczny stały

Tab. 6. Distribution of teeth with lesions in the group of children with MIH

Number of FPM with MIH	+1 PI	+2 PI	+3 PI	+4 PI	+5 PI	+6 PI	+7 PI	+8 PI
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	3	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0	0	1	0	0
3	1	1	1	0	0	0	0	0
4	3	8	3	2	0	2	2	0

FPM – first permanent molar; PI – permanent incisor

badaną a grupą kontrolną. Dzieci, u których zaobserwowano wysokie tempo wydzielania śliny (poniżej 30 sekund), były ponad trzykrotnie bardziej narażone na obecność MIH w porównaniu z dziećmi, których tempo wydzielania śliny było prawidłowe (RR = 3,34; 95% CI: 1,67-6,67; OR = 3,83; 95% CI: 1,70-8,60). Istotnym czynnikiem okazała się również konsystencja śliny. Dzieci z pianistą, pęcherzykową śliną – świadczącą o zwiększonej lepkości – były trzykrotnie bardziej narażone na obecność MIH w porównaniu z dziećmi ze śliną klarowną i wodnistą (RR = 3,12; OR = 3,56; 95% CI: 1,40-6,96 i 1,38-9,20; $p < 0,05$). Dodatkowo u dzieci z MIH częściej stwierdzano umiarkowanie kwaśne pH w zakresie 6,0-6,6. Związek ten był istotny statystycznie (RR = 5,29; OR = 6,79; 95% CI: 2,78-10,08 i 3,01015,31; $p < 0,05$). Ponadto zaobserwowano, iż zmniejszona objętość śliny stymulowanej (3,5-5,0 mL) była istotnie częstsza u dzieci z MIH i wiązała się z niemal czterokrotnie wyższym ryzykiem występowania tej wady (RR = 3,81; OR = 4,59; 95% CI: 1,51-9,61 i 1,44-14,65; $p < 0,05$). W przeciwieństwie do śliny spoczynkowej pH śliny stymulowanej nie wykazało istotnego związku z występowaniem MIH. Istotne statystycznie różnice wykazano natomiast w odniesieniu do zdolności buforowych śliny stymulowanej. Dzieci z niskimi zdolnościami buforowymi (pH 6,0-9,0) były trzykrotnie bardziej narażone na MIH niż dzieci z prawidłowymi wartościami buforowymi (RR = 3,12; OR = 3,56; 95% CI: 1,40-6,96 i 1,38-9,20; $p < 0,05$). Szczegółową analizę oceny wybranych cech fizykochemicznych śliny u dzieci z MIH w porównaniu z dziećmi z grupy kontrolnej przedstawiono w tabeli 7.

compared to those with a normal rate (RR = 3.34 [95% CI: 1.67-6.67], OR = 3.83 [95% CI: 1.70-8.60]). Salivary consistency also proved to be a significant factor. Children with frothy, bubbly saliva (indicating increased viscosity) had a significantly higher risk of MIH than those with clear, watery saliva (RR = 3.12; OR = 3.56; 95% CI: 1.40-6.96 and 1.38-9.20; $p < 0.05$).

A moderately acidic pH of unstimulated saliva (6.0-6.6) was more common in the MIH group and was statistically significant (RR = 5.29; OR = 6.79; 95% CI: 2.78-10.08 and 3.01-15.31; $p < 0.05$). A reduced volume of stimulated saliva (3.5-5.0 mL) was also more frequently observed in children with MIH and was associated with nearly four times greater risk of MIH (RR = 3.81; OR = 4.59; 95% CI: 1.51-9.61 and 1.44-14.65; $p < 0.05$).

In contrast, the pH of stimulated saliva did not show a statistically significant association with MIH. However, children with low buffering capacity (pH 6.0-9.0) were three times more likely to have MIH than those with normal buffering values (RR = 3.12; OR = 3.56; 95% CI: 1.40-6.96 and 1.38-9.20; $p < 0.05$). A detailed comparative analysis of the physicochemical properties of saliva in children with and without MIH is presented in table 7.

DISCUSSION

The aim of this study was to evaluate selected salivary parameters in children with MIH. A statistically significant association was found between certain salivary

Tab. 7. Ocena wybranych cech fizykochemicznych śliny u dzieci z hipomineralizacją trzonowcowo-siekaczą (MIH) w porównaniu z dziećmi z grupy kontrolnej

Etap	Zakres	Opis	MIH	Bez MIH	RR	95% CI (dolna)	95% CI (górną)	OR	95% CI (dolna)	95% CI (górną)
Etap 1 – Tempo wydzielania śliny spoczynkowej	< 30 s	Wysokie	9	43	3,34*	1,67	6,67	3,83*	1,70	–
	30-60 s	Prawidłowe	29	532						
Etap 2 – Konsystencja śliny	pienista ślina	Zwiększona lepkość	6	29	3,12*	1,40	6,96	3,56*	1,38	9,20
	klarowna ślina	Prawidłowa lepkość	32	546						
Etap 3 – pH śliny spoczynkowej	pH 6,0-6,6	Umiarkowanie kwaśna ślina	10	29	5,29*	2,78	10,08	6,79*	3,01	15,31
	pH 6,8-7,8	Zdrowa ślina	28	546						
Etap 4 – Ilość śliny stymulowanej	3,5-5,0 mL	Mała ilość	4	14	3,81*	1,51	9,61	4,59*	1,44	14,65
	> 5,0 mL	Prawidłowa ilość	34	561						
Etap 5 – pH śliny stymulowanej	pH 6,0-6,6	Umiarkowanie kwaśna ślina	2	14	2,02	0,53	7,70	2,17	0,48	9,88
	pH 6,8-7,8	Zdrowa ślina	36	561						
Etap 6 – Buforowanie śliny stymulowanej	6,0-9,0	Niskie zdolności buforowe	6	29	3,12*	1,40	6,96	3,56*	1,38	9,20
	10,0-12,0	Prawidłowe zdolności buforowe	32	546						

* różnice istotne statystycznie (p < 0,05)

Tab. 7. Assessment of selected physicochemical properties of saliva in children with MIH compared to the control group

Stage	Range	Description	MIH	No MIH	RR	95% CI (low)	95% CI (high)	OR	95% CI (low-high)
Stage 1 – Resting Flow Rate	< 30 s	High salivary flow	9	43	3.34*	1.67	6.67	3.83*	1.70-8.60
	30-60 s	Normal salivary flow	29	532					
Stage 2 – Salivary Consistency	Frothy bubbly saliva	Increased viscosity	6	29	3.12*	1.40	6.96	3.56*	1.38-9.20
	Water clear saliva	Normal viscosity	32	546					
Stage 3 – Testing pH – resting saliva	pH 6.0-6.6	Moderately acidic saliva	10	29	5.29*	2.78	10.08	6.79*	3.01-15.31
	pH 6.8-7.8	Healthy saliva	28	546					
Stage 4 – Testing quantity – stimulated saliva	3.5-5.0 mL	Low saliva volume	4	14	3.81*	1.51	9.61	4.59*	1.44-14.65
	> 5.0 mL	Normal saliva volume	34	561					
Stage 5 – Testing pH – stimulated saliva	pH 6.0-6.6	Moderately acidic saliva	2	14	2.02	0.53	7.70	2.17	0.48-9.88
	pH 6.8-7.8	Healthy saliva	36	561					
Stage 6 – Testing Buffering – stimulated saliva	6.0-9.0	Low buffering capacity	6	29	3.12*	1.40	6.96	3.56*	1.38-9.20
	10.0-12.0	Normal buffering capacity	32	546					

* statistically significant differences (p < 0.05)

DYSKUSJA

Celem niniejszego badania była ocena wybranych parametrów śliny u dzieci z MIH. Stwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy określonymi parametrami śliny a występowaniem MIH. Zaobserwowano, że dzieci z MIH częściej charakteryzowały się: wyższym tempem wydzielania śliny spoczynkowej, zwiększoną lepkością śliny, kwaśnym pH śliny spoczynkowej oraz obniżoną objętością i zdolnością buforową śliny stymulowanej. Otrzymane wyniki są częściowo zgodne z wcześniejszymi badaniami Ghanima i wsp. (17), którzy także wykazali różnice w parametrach śliny pomiędzy dziećmi z MIH a grupą kontrolną. Stwierdzili oni, iż niskie tempo wydzielania śliny, umiarkowanie lepka ślina oraz niskie pH występowały istotnie statystycznie częściej w grupie pacjentów z MIH. Ponadto zauważyli, że niskie tempo wydzielania śliny oraz umiarkowanie i silnie kwaśna ślina były częściej powiązane z poerupcyjnym rozpadem szkliwa (ang. *posteruptive enamel breakdown* – PEB).

Ismayilova i wsp. (18) w swoich badaniach oceniali średnie wartości pH śliny, tempo jej wydzielania i zdolności buforowe. Wykazali oni, zarówno w grupie badanej z MIH, jak i kontrolnej, niskie pH i zdolności buforowe śliny, a także umiarkowane tempo jej wydzielania. Pomimo tego, że zdolność buforowa i tempo wydzielania śliny u pacjentów z grupy badanej były stosunkowo wyższe, to pH śliny było niższe niż w grupie kontrolnej.

Badania proteomiczne przeprowadzone przez Bekes i wsp. (19) potwierdziły, że profil białkowy śliny dzieci z MIH różni się od dzieci zdrowych. Spośród 618 białek ślinowych 88 białek wykryto wyłącznie u pacjentów z MIH. Podobne wyniki uzyskali Pappa i wsp. (13), którzy w grupie badanej z MIH stwierdzili ekspresję 142 innych białek. Ponadto analiza szlaków białkowych wskazała na deregulację procesów zapalnych, mechanizmów odpowiedzi immunologicznej oraz odpowiedzi obronnej na bakterie u pacjentów z MIH. W konsekwencji może mieć to wpływ na właściwości reologiczne śliny oraz jej funkcje ochronne.

Warto również zaznaczyć, że pomimo stwierdzenia różnic istotnych statystycznie w wielu parametrach, pH śliny stymulowanej nie wykazało istotnego statystycznie związku z obecnością MIH. Może to sugerować, że podstawowe właściwości śliny – m.in. jej pH i lepkość – mają największe znaczenie w stanie spoczynkowym, który przeważa przez większą część dnia.

Ograniczenia niniejszego badania obejmują: charakter pilotażowy, ograniczoną liczebność grupy i brak analizy składu chemicznego śliny. Konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań obejmujących analizę składników mineralnych, enzymatycznych i białkowych śliny oraz ich wpływu na strukturę szkliwa. Z drugiej strony wiadomo, że skład śliny wykazuje znaczną zmienność osobniczą, szczególnie u młodych osób. W przeciwieństwie do innych płynów ustrojowych, skład śliny może się zmieniać w zależności od wielu czynników, tj. stanu psychicznego osoby badanej czy

characteristics and the occurrence of MIH. Children with MIH more frequently presented with higher unstimulated salivary flow rate, increased salivary viscosity, more acidic pH of unstimulated saliva, and reduced volume and buffering capacity of stimulated saliva.

These findings are partially consistent with those of Ghanim et al. (17), who also observed differences in salivary parameters between MIH and control groups. They reported that lower salivary flow, moderately viscous saliva, and lower pH were significantly more frequent in patients with MIH. They also noted that low salivary flow and acidic saliva were more often associated with post-eruptive enamel breakdown (PEB). In a study by Ismayilova et al. (18), the authors evaluated average salivary pH, flow rate, and buffering capacity. They found low pH and buffering values in both MIH and control groups, along with moderate salivary flow. Despite the relatively higher buffering capacity and flow rate in the MIH group, their salivary pH was lower than that of the control group.

Proteomic studies by Bekes et al. (19) confirmed that the salivary protein profile in children with MIH differs from that of healthy children. Of 618 salivary proteins identified, 88 were unique to MIH patients. Similarly, Pappa et al. (13) identified 142 additional proteins expressed in children with MIH. Pathway analysis revealed dysregulation of inflammatory responses, immune mechanisms, and bacterial defense responses in MIH patients, potentially affecting salivary rheology and protective functions.

It is worth noting that despite statistically significant differences in many parameters, the pH of stimulated saliva was not significantly associated with MIH presence. This may suggest that core salivary properties, such as pH and viscosity, are most influential in the resting state, which predominates for most of the day.

The limitations of this pilot study include the relatively small sample size and the lack of chemical analysis of saliva. Further research is needed, including evaluation of salivary mineral, enzymatic, and protein content and their impact on enamel structure. It is also important to consider that salivary composition varies greatly between individuals, especially in younger populations, and is influenced by factors such as psychological stress and hydration status (13). Therefore, to better understand the characteristics of salivary properties in individuals affected by MIH, future studies on clinical features and etiological factors are recommended to be conducted in parallel with laboratory-based investigations.

From a clinical perspective, these findings suggest that children with MIH may require an individualized approach not only in dental treatment but also in monitoring salivary

poziomu nawodnienia organizmu (13). Dlatego, aby lepiej zrozumieć charakterystykę właściwości śliny u osób dotkniętych MIH, zalecane jest kontynuowanie badań dotyczących cech klinicznych i czynników etiologicznych prowadzonych równolegle z badaniami laboratoryjnymi.

Istotne wydają się też implikacje kliniczne – pacjenci z MIH mogą wymagać indywidualnego podejścia nie tylko w leczeniu stomatologicznym, ale również w monitorowaniu funkcji ślinianek i środowiska jamy ustnej. Testy oceniające jakość śliny mogą w przyszłości stanowić element przesiewowy u dzieci, zwłaszcza w grupie ryzyka.

WNIOSKI

1. U dzieci z MIH występują istotne zaburzenia wybranych parametrów fizykochemicznych śliny, co może wpływać na stan dotkniętych MIH zębów.
2. Zaburzenia w składzie i właściwościach śliny mogą stanowić jeden z czynników pogarszających przebieg MIH oraz utrudniający leczenie i profilaktykę chorób zębów w tej grupie pacjentów.
3. Parametry śliny mogą mieć potencjalne znaczenie w określaniu ryzyka akceleracji objawów u pacjentów z MIH.
4. Konieczne są dalsze badania obejmujące większą populację i poszerzoną ocenę biochemiczną śliny, w tym profil białkowy i mineralny.

KONFLIKT INTERESÓW CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów
None

ADRES DO KORESPONDENCJI CORRESPONDENCE

*Danuta Ilczuk-Rypuła
Zakład Stomatologii Wieku Rozwojowego
Wydział Nauk Medycznych w Zabrze
Śląski Uniwersytet Medyczny
w Katowicach
Plac Traugutta 2
41-800 Zabrze
tel.: +48 (32) 370-52-30
dilczuk-rypuła@sum.edu.pl

function and the oral environment. In the future, salivary quality tests could serve as a screening tool in pediatric populations, particularly in high-risk groups.

CONCLUSIONS

1. Children with MIH exhibit significant disturbances in selected physicochemical properties of saliva, which may affect the condition of MIH-affected teeth.
2. Alterations in the composition and properties of saliva may be one of the factors exacerbating the course of MIH and hindering the treatment and prevention of dental diseases in this group of patients.
3. Saliva parameters may have prognostic value in determining the risk of symptom progression in patients with MIH.
4. Further studies are necessary, involving a larger population and an expanded biochemical assessment of saliva, including protein and mineral profiles.

PIŚMIENICTWO/REFERENCES

1. Weerheijm KL, Duggal MS, Mejare I et al.: Judgement criteria for molar-incisor hypomineralisation (MIH) in epidemiologic studies – a summary of the European meeting on MIH held in Athens, 2003. *Eur J Paediatr Dent* 2003; 4: 110-113.
2. Lopes LB, Machado V, Mascarenhas P et al.: The prevalence of molar-incisor hypomineralization: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* 2021; 11: 22405.
3. Głódkowska N, Emerich K: Molar incisor hypomineralization: prevalence and severity among children from Northern Poland. *Eur J Paediatr Dent* 2019; 20: 59-66.
4. Berdzik-Janecka M: Częstość występowania oraz czynniki etiologiczne hipomineralizacji trzonowcowo-siecznej (MIH) u dzieci w wieku 8-9 lat. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu 2022.
5. Juárez-López MLA, Salazar-Treto LV, Hernández-Monjaraz B, Molina-Frechero N: Etiological Factors of Molar Incisor Hypomineralization: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Dent J (Basel)* 2023; 11: 111.
6. Bekes K, Melichar K, Stamm T, Elhennawy K: Dental Students' Knowledge, Attitudes and Beliefs Regarding Molar Incisor Hypomineralization (MIH): A Survey in Vienna, Austria. *J Multidiscip Health* 2021; 14: 2881-2889.
7. Tynior W, Ilczuk-Rypuła D, Hudy D, Strzelczyk JK: Is Aberrant DNA Methylation a Key Factor in Molar Incisor Hypomineralization? *Curr Issues Mol Biol* 2022; 44: 2868-2878.
8. Tynior W, Hudy D, Gołabek K et al.: Expression of *AMELX*, *AMBN*, *ENAM*, *TUFT1*, *FAM83H* and *MMP20* Genes in Buccal Epithelial Cells from Patients with Molar Incisor Hypomineralization (MIH) – A Pilot Study. *Int J Mol Sci* 2025; 26: 766.
9. Fatturi AL, Wambier LM, Chibinski AC et al.: A systematic review and meta-analysis of systemic exposure associated with molar incisor hypomineralization. *Community Dent Oral Epidemiol* 2019; 47: 407-415.
10. Allazzam SM, Alaki SM, El Meligy OAS: Molar incisor hypomineralization, prevalence, and etiology. *Int J Dent* 2014; 2014: 234508.

11. da Silva Figueira R, Mustafa Gomes Muniz FW, Costa LC et al.: Association between genetic factors and molar-incisor hypomineralisation or hypomineralised second primary molar: A systematic review. *Arch Oral Biol* 2023; 152: 105716.
12. Hubbard MJ, Mangum JE, Perez VA, Williams R: A Breakthrough in Understanding the Pathogenesis of Molar Hypomineralisation: The Mineralisation-Poisoning Model. *Front Physiol* 2021; 12: 802833.
13. Pappa E, Vastardis H, Makridakis M et al.: Analysis of Human and Microbial Salivary Proteomes in Children Offers Insights on the Molecular Pathogenesis of Molar-Incisor Hypomineralization. *Biomedicines* 2022; 10: 2061.
14. Ilczuk-Rypuła D, Zalewska M, Pietraszewska D et al.: Prevalence and Possible Etiological Factors of Molar-Incisor Hypomineralization (MIH) in Population of Silesian Children in Poland: A Pilot Retrospective Cohort Study. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19: 8697.
15. Lygidakis NA, Garot E, Somani C et al.: Best clinical practice guidance for clinicians dealing with children presenting with molar-incisor-hypomineralisation (MIH): an updated European Academy of Paediatric Dentistry policy document. *Eur Arch Paediatr Dent* 2022; 23: 3-21.
16. Bekes K, Steffen R, Krämer N: Update of the molar incisor hypomineralization: Würzburg concept. *Eur Arch Paediatr Dent* 2023; 24: 807-813.
17. Ghanim A, Mariño R, Morgan M et al.: An in vivo investigation of salivary properties, enamel hypomineralisation, and carious lesion severity in a group of Iraqi schoolchildren. *Int J Paediatr Dent* 2013; 23: 2-12.
18. Ismayilova N, Gungor OE, Karayilmaz H: Assessment of severity and mineral composition of saliva in schoolchildren with molar-incisor hypomineralization (MIH). *J Clin Pediatr Dent* 2024; 48: 86-93.
19. Bekes K, Mitulović G, Meißner N et al.: Saliva proteomic patterns in patients with molar incisor hypomineralization. *Sci Rep* 2020; 10: 7560.

nadesłano/submitted:

7.11.2025

zaakceptowano do druku/accepted:

27.11.2025