



Haloterapia i speleoterapia jako metody wspomagające leczenie astmy: przegląd literatury

Halotherapy and speleotherapy as adjunctive treatments for asthma – a literature review

Patrycja Anna Bartkiewicz^{1,A-F}✉, Wojciech Baran^{1,B-F}, Ewelina Maria Lachowska^{1,B-C,E-F},
Olga Stefanowicz^{1,E-F}, Tomasz Wiktor Jędrasek^{1,E-F}, Adrian Korman^{1,E-F}

¹ Wojewódzki Szpital Specjalistyczny, Ośrodek Badawczo-Rozwojowy, Wrocław, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Bartkiewicz PA, Baran W, Lachowska EM, Stefanowicz O, Jędrasek TW, Korman A. Haloterapia i speleoterapia jako metody wspomagające leczenie astmy: przegląd literatury. Med Og Nauk Zdr. 2026;32(1):1–7. doi:10.26444/monz/218855

■ Abstract

Introduction and Objective. Salt therapies, including halotherapy and speleotherapy, are used as adjunctive treatments for respiratory diseases, including asthma. It is believed that these interventions may have beneficial effects on the respiratory tract due to the anti-inflammatory properties of salt aerosol. However, the mechanism of action of these therapies in humans is not yet fully understood. The aim of this study is to analyze the effectiveness of halotherapy and speleotherapy as complementary treatments for asthma based on current literature review and to identify areas requiring further research.

Review methods. Bibliographic databases, clinical trial registries, and auxiliary tools, were searched for studies on the use of salt therapies in bronchial asthma published between 2015–2026. Only four studies met the inclusion criteria, all of which involved paediatric populations.

Brief description of the state of knowledge. Available studies suggest that halotherapy and speleotherapy may offer some potential therapeutic benefits for patients with asthma, but the results are inconclusive. The analyzed publications assessed a wide range of variables, including markers of airway inflammation, spirometric parameters, and patient quality of life. Discrepancies in the results may depend on the therapy parameters of therapy applied.

Summary. Current studies do not provide conclusive evidence of effectiveness of halotherapy and speleotherapy in asthma. These treatments were conducted on small groups, and only some were randomized, highlighting the need for further research to evaluate efficacy and to develop clear guidelines for the application of these therapies.

■ Key words

bronchial asthma, halotherapy, speleotherapy, salt therapy

■ Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Terapie solne, w tym haloterapia i speleoterapia, znane są jako leczenie wspomagające w chorobach układu oddechowego, w tym w astmie. Przypuszcza się, że zabiegi z wykorzystaniem soli korzystnie oddziałują na drogi oddechowe dzięki przeciwzapalnym właściwościom aerozolu solnego, jednak mechanizm działania tego rodzaju terapii u ludzi nie został dotychczas w pełni wyjaśniony. Celem pracy jest przeprowadzenie, na podstawie aktualnej literatury, analizy skuteczności haloterapii i speleoterapii jako metod wspomagających leczenie astmy oraz wskazanie obszarów wymagających dalszych badań.

Metody przeglądu. Wykorzystując w tym celu bazy bibliograficzne, rejestry badań klinicznych i narzędzia pomocnicze, poszukiwano badań dotyczących wykorzystania terapii solnych w astmie oskrzelowej, opublikowanych w latach 2015–2026. Do analizy zakwalifikowano tylko cztery badania, przy czym wszystkie one dotyczyły dzieci.

Opis stanu wiedzy. Dostępne źródła sugerują, że choć haloterapia i speleoterapia mogą przynosić pewne korzyści terapeutyczne u pacjentów z astmą, wyniki badań są niejednoznaczne. W analizowanych publikacjach oceniano szeroki zakres zmiennych, m.in. markery zapalenia dróg oddechowych, parametry spirometryczne oraz jakość życia pacjentów. Rozbieżności mogą zależeć od zastosowanych parametrów terapii.

Podsumowanie. Dotychczasowe badania nie dostarczają jednoznacznych dowodów skuteczności wykorzystania haloterapii i speleoterapii w leczeniu astmy. Przeprowadzono je na niewielkich grupach, a jedynie część z nich była randomizowana. Wskazuje to na konieczność prowadzenia dalszych analiz, umożliwiających ocenę skuteczności oraz opracowanie wytycznych dotyczących stosowania tego rodzaju terapii.

■ Słowa kluczowe

astma oskrzelowa, haloterapia, speleoterapia, terapia solna

✉ Adres do korespondencji: Patrycja Anna Bartkiewicz, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny we Wrocławiu, Ośrodek Badawczo-Rozwojowy, ul. H. M. Kamieńskiego 73a, 51-124 Wrocław, Polska
E-mail: patrycjabartkiewicz22@gmail.com

Nadesłano: 16.12.2026; zaakceptowano do publikacji: 4.03.2026; publikacja online: 12.03.2026

WPROWADZENIE

Choć prozdrowotne właściwości soli znane były już w starożytności, współcześnie znana haloterapia rozwinęła się w Europie Środkowej i Wschodniej w XIX wieku – stworzono wówczas pierwsze podziemne sanatorium stosujące leczenie aerozolem solnym [1, 2].

Haloterapia wywodzi się ze speleoterapii, metody polegającej na wykorzystaniu specyficznego mikroklimatu naturalnych jaskiń i grot solnych w celu poprawy stanu zdrowia [3]. Powietrze wykorzystywane w speleoterapii charakteryzuje się niską temperaturą, wysoką wilgotnością oraz wyjątkową czystością – jest wolne od alergenów, patogenów oraz zanieczyszczeń [4]. Wyróżnia się również lekko kwaśnym odczynem, wynikającym ze zwiększonej w porównaniu z powietrzem atmosferycznym zawartości dwutlenku węgla, a także wysokim stężeniem chlorku sodu, które może sięgać nawet kilkudziesięciu mg/m³ [5].

Wraz z rozwojem technologii możliwe stało się odtwarzanie mikroklimatu jaskiń solnych w warunkach nadziemnych poprzez tworzenie grot solnych. Początkowo umieszczano bloki soli w pomieszczeniach, w których utrzymywano odpowiednią temperaturę i wilgotność, jednak stężenie chlorku sodu w powietrzu było zbyt niskie, aby uzyskać efekt terapeutyczny [6]. Obecnie terapeutyczne komory solne wyposażone są w halogeneratory, wytwarzające suchy aerozol solny o odpowiednim rozmiarze cząstek i stężeniu. Jaskinie i grot solne pozbawione generatora pełnią jedynie funkcję relaksacyjną. W takich pomieszczeniach stężenie NaCl w powietrzu jest śladowe (< 1 mg/m³), a zawartość jodu, magnezu i wapnia znajduje się poniżej granicy wykrywalności, co ogranicza ich potencjał terapeutyczny i sprawia, że wykorzystywane są głównie w celach rekreacyjnych [7]. Brakuje jednoznacznych wytycznych dotyczących stosowania haloterapii, dlatego warunki oraz czas trwania sesji leczniczych ustala się na podstawie dostępnej literatury [8]. Inhalacja suchego aerozolu uznawana jest za korzystniejszą niż wdychanie aerozolu solankowego, który ze względu na słabsze właściwości antyseptyczne może być stosowany jedynie z użyciem osobistego nebulizatora lub w otwartych przestrzeniach, takich jak strefy nadmorskie czy okolice łąk [5].

Oprócz inhalacji stosuje się także inne formy terapii z wykorzystaniem solanek, takie jak kąpiele, płukania, irygacje oraz kuracje pitne. Solanki to wody o wysokiej mineralizacji (≥ 35 g/dm³), bogate głównie w jony chlorkowe i sodowe, zawierające powyżej 1,5% NaCl [5]. Kąpiele mineralne, często łączone z hydroterapią, wykorzystuje się m.in. w leczeniu astmy, infekcji dróg oddechowych, otyłości i chorób reumatycznych, natomiast kuracja pitna (krenoterapia) polega na spożywaniu wód o określonym składzie i temperaturze w celu uzupełnienia niedoborów mikro- i makroelementów [9].

Zarówno haloterapia, jak i speleoterapia korzystnie oddziałują na drogi oddechowe, a współcześnie wykorzystywane są jako leczenie wspomagające w przypadku takich schorzeń jak astma oskrzelowa, przewlekła obturacyjna choroba płuc (POCHP), stany zapalne zatok, oskrzeli i płuc, a także w terapii chorób skóry, takich jak trądzik, łuszczyca czy wypryski [6]. Sposób, w jaki terapia aerozolem solnym wpływa na poprawę stanu klinicznego w tych chorobach, pozostaje jednak niejasny.

Astma oskrzelowa jest przewlekłą chorobą zapalną dróg oddechowych, u której podłoża leży kilka mechanizmów,

w tym nacieki komórek zapalnych, takich jak limfocyty, eozynofile i komórki tuczne, oraz przebudowa tkanek. Ze względu na mechanizm biologiczny wyróżnia się dwa fenotypy astmy: eozynofilowy (w którym przeważa zapalenie typu 2 z przewagą eozynofili, występujący w ok. 60% przypadków tej choroby) oraz fenotyp inny niż eozynofilowy. Kluczową rolę w patogenezie astmy alergicznej odgrywają limfocyty Th2, wydzielające interleukiny IL-4, IL-5, IL-9 i IL-13 [10].

Astma leczona jest głównie objawowo, z wykorzystaniem leków przeciwzapalnych oraz beta-mimetyków. Terapie te, choć skuteczne, wiążą się jednak z działaniami niepożądanymi, co skłania do dalszego poszukiwania i rozwijania alternatywnych opcji terapeutycznych [8].

Speleoterapia i haloterapia znajdują zastosowanie w leczeniu astmy, gdyż powietrze w tych metodach charakteryzuje się wysoką czystością, stabilną temperaturą i wilgotnością oraz środowiskiem o zwiększonej osmolalności [11]. Sól może bezpośrednio hamować rozwój bakterii i wirusów, a niektóre badania laboratoryjne wskazują, że wysokie stężenia soli mogą dodatkowo aktywować szlaki komórkowe o działaniu przeciwzapalnym [12]. Bodziec osmotyczny powoduje poprawę funkcji nabłonka rzęskowego, redukcję obrzęku oskrzeli, a także wzmacnia naturalną mikrobiotę i jednocześnie eliminuje mikroorganizmy oportunistyczne [3]. Badania na modelach zwierzęcych wskazują, że inhalacje aerozolem solnym redukują nadreaktywność oskrzeli (BHR), ograniczają nacieki komórek prozapalnych w drzewie oskrzelowym oraz zmniejszają stan zapalny dróg oddechowych związany ze wzrostem poziomu cytokin prozapalnych (IL-1 β , IL-1 α , IL-6), a jednocześnie podnoszą stężenie przeciwzapalnej cytokiny IL-10 [13]. U ludzi jednak dokładne mechanizmy działania terapii solnych w przebiegu astmy nie zostały dotychczas w pełni wyjaśnione.

METODY PRZEGLĄDU I CEL PRACY

Niniejszy artykuł stanowi narracyjny przegląd piśmiennictwa, którego celem była analiza aktualnych doniesień naukowych dotyczących zastosowania haloterapii i speleoterapii w astmie oskrzelowej. Wybór tej formy przeglądu podyktowany był bardzo ograniczoną liczbą dostępnych badań oraz ich heterogenicznością metodologiczną.

Poszukiwano publikacji z lat 2015–2026, wykorzystując w tym celu elektroniczne źródła literatury, w tym bazy bibliograficzne: PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, rejestry badań klinicznych: ClinicalTrials.gov, WHO ICTRP, a także narzędzia uzupełniające: Google Scholar i platformę ResearchGate. Google Scholar wykorzystano jako pomocniczą wyszukiwarkę, przeszukując pierwsze 10 stron wyników, aby zidentyfikować dodatkowe publikacje. Przeszukiwanie literatury wykonano dwukrotnie, w listopadzie 2025 i lutym 2026 roku, z użyciem słów kluczowych w języku polskim i angielskim, odnoszących się do terapii solnej („haloterapia”, „speleoterapia”, „terapia solna”) w zestawieniu z terminem „astma”, przy wykorzystaniu operatorów logicznych *and* oraz *or*.

Ze względu na ograniczoną liczbę dostępnych badań nie ograniczono się wyłącznie do randomizowanych badań kontrolowanych (RCT). Do przeglądu kwalifikowano wszystkie oryginalne prace naukowe, w tym badania prospektywne i retrospektywne oraz badania obserwacyjne. Wykluczono publikacje w językach innych niż angielski i polski.

Analizie poddano badania prowadzone na ludziach z klinicznie rozpoznaną astmą. Zastosowaną interwencją badawczą była haloterapia z użyciem halogeneratora lub speleoterapia. Wykluczono prace, w których metody te stanowiły jedynie uzupełnienie innych interwencji nefarmakologicznych, takich jak ćwiczenia oddechowe, trening fizyczny czy programy rehabilitacyjne. Jedyną dopuszczalną metodą poza haloterapią lub speleoterapią było standardowe leczenie farmakologiczne. Analizowano różne wskaźniki skuteczności terapii, w tym zmiany w parametrach czynnościowych płuc, stężenia biochemicznych markerów stanu zapalnego dróg oddechowych, nasilenie objawów klinicznych oraz jakość życia pacjentów. Wyniki były interpretowane w odniesieniu do grup kontrolnych, w których nie prowadzono haloterapii ani speleoterapii i nie stosowano dodatkowych interwencji fizjoterapeutycznych.

Ostatecznie, po zastosowaniu powyższych kryteriów, do przeglądu włączono jedynie cztery publikacje. Dodatkowo zidentyfikowano trzy zarejestrowane badania RCT, które nie posiadały opublikowanych wyników. Aby zbudować kontekst historyczny i teoretyczny dla przywoływanych badań, sięgnięto również po literaturę spoza wcześniej wspomnianego okna czasowego, w tym liczne artykuły przeglądowe. Ze względu na heterogeniczność metodologiczną włączonych badań nie przeprowadzono formalnej oceny ryzyka błędów systematycznego ani zbiorczej analizy statystycznej wyników. Ograniczenia niniejszego przeglądu obejmują możliwość subiektywności w doborze literatury, ograniczenie się do wybranych baz danych oraz niewielką liczbę dostępnych badań spełniających kryteria włączenia.

OPIS STANU WIEDZY

Terapeutyczne działanie haloterapii i speleoterapii

Haloterapia i speleoterapia wzbudzają zainteresowanie jako metody wspomagające terapię chorób układu oddechowego. Niemniej jednak dowody naukowe potwierdzające skuteczność haloterapii [14, 15] oraz speleoterapii [16] pozostają ograniczone. W związku z tym do tej pory nie sformułowano żadnych rekomendacji dotyczących terapeutycznego lub profilaktycznego zastosowania ich u pacjentów chorujących na astmę.

Podsumowanie najważniejszych informacji pochodzących z badań dotyczących zastosowania haloterapii i speleoterapii w leczeniu astmy przedstawiono w tab. 1.

Wszystkie analizowane badania dotyczyły dzieci. W badaniach, w których podano dane dotyczące płci uczestników, w grupach badawczych przeważali chłopcy: w grupie badanej przez Allahverdiyevę i wsp. [20] było 37 chłopców i 13 dziewcząt, w badaniu Bilak i wsp. [19] – 29 chłopców i 11 dziewczyn, natomiast w badaniu Mazloomzadeh i wsp. [17] – 21 chłopców i 12 dziewcząt. W publikacjach Bar-Yoseph i wsp. [18] nie podano danych dotyczących płci. Żadne z badań nie analizowało różnic w wynikach w zależności od płci uczestników.

Do badań włączono pacjentów o łagodnym lub umiarkowanym nasileniu objawów astmy. Do badania Allahverdiyevy i wsp. zakwalifikowano dzieci z rozpoznaną atopową astmą oskrzelową, zarówno łagodną, jak i umiarkowaną. Ich średni wiek w momencie zachorowania wynosił 5 lat. Warunkiem uczestnictwa był brak zaostrzeń w okresie leczenia. W pracy Mazloomzadeh i wsp. do badania włączono dzieci z astmą łagodną i umiarkowaną, rozpoznaną zgodnie z wytycznymi National Asthma Education and Prevention Program

Tabela 1. Badania dotyczące zastosowania haloterapii i speleoterapii w leczeniu astmy przeprowadzone w latach 2015–2026

Badanie	Sposób przeprowadzenia badania	Charakterystyka badanej grupy	Metoda terapeutyczna	Wyniki
Mazloomzadeh i wsp., 2017 [17]	Uczestnicy zostali losowo podzieleni na dwie grupy. Pierwsza grupa odbywała haloterapię przez 3 tygodnie, po czym była obserwowana przez kolejne 3 tygodnie. Czas „wash-out” wynosił tydzień. W drugiej grupie zastosowano odwrotny schemat	Grupa badawcza (N = 33): dzieci w wieku 6–14 lat chore na astmę o łagodnym i umiarkowanym przebiegu	Haloterapia w grocie solnej, z użyciem halogeneratora	Istotne zwiększenie PEF w pomiarach porannych i wieczornych. Brak istotnego wpływu na zmienność PEF, częstość występowania objawów oraz częstość stosowania leków doraźnych
Bar-Yoseph i wsp., 2017 [18]	Pacjenci zostali losowo przydzieleni w podwójnie zaślepionym, kontrolowanym badaniu do jednej z 2 grup: grupy badawczej, która odbywała haloterapię z użyciem halogeneratora, oraz grupy kontrolnej, która przebywała w grocie solnej bez halogeneratora. Łączny czas badania wynosił 7 tygodni	Grupa badawcza (N = 52): dzieci w wieku 5–13 lat chore na astmę o łagodnym przebiegu	Haloterapia w grocie solnej, z użyciem halogeneratora	Istotna poprawa w zakresie nadreaktywności oskrzeli (BHR). Poprawa jakości życia ocenianej za pomocą kwestionariusza PAQLQ. Brak poprawy w wynikach spirometrii oraz poziomie frakcji tlenu azotu w powietrzu wydychanym (FeNO)
Bilak i wsp., 2023 [19]	Przeprowadzono farmakologiczny test czynnościowy z użyciem salbutamolu przed i po speleoterapii oraz porównano wyniki uczestników chorych na astmę i zdrowych. Nie podano czasu trwania badania	Grupa badawcza (N = 40), dzieci w wieku 6–15 lat chore na astmę o łagodnym przebiegu lub o charakterze napadowym. Grupa kontrolna (N = 40): dzieci zdrowe	Speleoterapia	Istotna redukcja napięcia oskrzeli, zmniejszenie nadreaktywności oskrzeli i przywrócenie lub poprawa drożności oskrzeli. Poprawa reakcji na salbutamol
Allahverdiyeva i wsp., 2023 [20]	Wyznaczono grupę badawczą poddaną speleoterapii w połączeniu z leczeniem farmakologicznym, grupę porównawczą poddaną wyłącznie leczeniu farmakologicznemu i grupę kontrolną, którą stanowiły osoby zdrowe. Porównano wyniki wszystkich grup przed i po terapii. Badanie obejmowało dwa dni adaptacji, jeden pełny dzień terapii i dwa dni readaptacji	Grupa badawcza (N = 50): dzieci chore na astmę o łagodnym i umiarkowanym przebiegu w wieku 5–18 lat. Grupa porównawcza (N = 30): dzieci chore na astmę o łagodnym i umiarkowanym przebiegu. Grupa kontrolna (N = 10): dzieci zdrowe	Speleoterapia	Istotna poprawa parametrów ocenianych w spirometrii (FVC, FEV ₁ , FEF, PEF). Istotne obniżenie poziomu frakcji tlenu azotu w powietrzu wydychanym (FeNO). Istotny spadek poziomu IL-5, IL-13 oraz wzrost poziomu IFN-γ

Źródło: [17–20]

(NAEPP), przy czym wykluczono pacjentów hospitalizowanych z powodu napadu astmy w ciągu ostatnich 3 miesięcy. Bilak i wsp. objęli badaniem dzieci z astmą oskrzelową o łagodnym nasileniu. Zastosowano podział grupy badanej na osoby z przebiegiem przerywanym, napadowym (ang. *intermittent*) oraz ciągłym, utrwalonym (ang. *persistent*). Średni czas trwania choroby wynosił ok. 4,9 lat. Wszystkie dzieci znajdowały się w okresie międzynaapadowym, wykluczono pacjentów, którzy stosowali leczenie kontrolujące oraz tych, u których w ciągu ostatnich 2 miesięcy wystąpiły ostre zakażenia układu oddechowego. Badanie Bar-Yoseph i wsp. obejmowało pacjentów z klinicznie rozpoznaną łagodną astmą, przy czym wykluczono przy kwalifikacji dzieci stosujące leczenie przeciwzapalne przez ostatnie 2 tygodnie, β_2 -mimetyki w ciągu ostatniej doby, glikokortykosteroidy doustne oraz te, które były hospitalizowane w ciągu ostatnich 2 miesięcy.

Biochemiczne markery stanu zapalnego dróg oddechowych

Markery stanu zapalnego, choć nie są stosowane rutynowo, mogą odgrywać istotną rolę w diagnostyce i monitorowaniu przebiegu astmy, umożliwiając ocenę aktywności zapalenia dróg oddechowych oraz skuteczności zastosowanego leczenia. W ostatnich latach coraz większe znaczenie przypisuje się nieinwazyjnym biomarkerom, które pozwalają na ocenę typu zapalenia bez konieczności wykonywania inwazyjnych procedur diagnostycznych [21].

Jednym z najczęściej stosowanych parametrów jest frakcyjne stężenie tlenu azotu w wydychanym powietrzu (FeNO). Tlenek azotu, wytwarzany przez nabłonek oddechowy, stanowi charakterystyczny wskaźnik zapalenia eozynofilowego. Pomiar FeNO jest prosty, nieinwazyjny i powtarzalny, a uzyskane wartości odzwierciedlają zarówno nasilenie zapalenia eozynofilowego, jak i stopień nadreaktywności oskrzeli (BHR) [22].

Za tzw. złoty standard w identyfikacji astmy związanej z dominującą odpowiedzią Th2 uznaje się również oznaczanie profilu cytokin w płwocinie. W praktyce klinicznej zastosowanie to jest jednak ograniczone ze względu na wysokie koszty. U pacjentów z astmą obserwuje się wyraźnie podwyższone stężenia interleukin charakterystycznych dla szlaku Th2 : IL-4, IL-5 oraz IL-13, zarówno w płwocinie, jak i w popłuczynach oskrzelowo-pęcherzykowych (BALF) [23].

Dwa przeanalizowane badania uwzględniały biochemiczne wskaźniki stanu zapalnego dróg oddechowych.

W badaniu Bar-Yoseph i wsp. [18] nie stwierdzono wpływu haloterapii na poziom tlenu azotu w wydychanym powietrzu (FeNO). Różnice między wartościami wyjściowymi i wartościami uzyskanymi po leczeniu były nieistotne statystycznie ($p > 0,05$) zarówno w grupie placebo, jak i w grupie poddanej leczeniu.

Badanie Allahverdiyevy i wsp. [20], w którym zastosowano speleoterapię jako interwencję wspomagającą, wykazało, że zarówno terapia podstawowa stosowana samodzielnie, jak i w połączeniu ze speleoterapią może korzystnie wpływać na profil biochemicznych markerów stanu zapalnego. Jednocześnie wyniki tego badania sugerują, że dołączenie speleoterapii do standardowego leczenia może nasilać obserwowany efekt terapeutyczny. Wykazano większą redukcję FeNO w grupie speleoterapii – odpowiednio 2,6-krotną u dzieci z łagodną astmą ($p < 0,001$) oraz 1,9-krotną u pacjentów z umiarkowaną postacią choroby ($p < 0,001$) w porównaniu

z wartościami wyjściowymi, podczas gdy w grupie otrzymującej wyłącznie leczenie podstawowe redukcja wynosiła odpowiednio 1,4- ($p = 0,003$) i 1,5-krotność ($p < 0,001$). We wspomnianym badaniu speleoterapia prowadziła również do zmniejszenia stężenia cytokin IL-5 ($p = 0,008$ dla astmy łagodnej, $p = 0,001$ dla umiarkowanej) i IL-13 ($p = 0,038$ dla astmy łagodnej, $p = 0,001$ dla umiarkowanej), przy jednoczesnym wzroście poziomu interferonu gamma ($\text{IFN-}\gamma$) ($p = 0,008$ dla astmy łagodnej, $p < 0,001$ dla umiarkowanej).

Porównanie wyników badań dotyczących stężeń markerów stanu zapalnego dróg oddechowych jest utrudnione, biorąc pod uwagę, że zastosowano w nich różne interwencje terapeutyczne (haloterapię i speleoterapię).

Badania czynnościowe układu oddechowego

Spirometria stanowi podstawowe narzędzie w diagnostyce i monitorowaniu astmy, umożliwiając obiektywną ocenę czynności płuc poprzez pomiar takich parametrów jak FEV_1 , FVC i stosunek FEV_1/FVC . Badanie pozwala na wykrycie obturacji dróg oddechowych oraz ocenę jej odwracalności po podaniu leku rozszerzającego oskrzela. U dorosłych potwierdza ją wzrost wartości FEV_1 lub FVC o $\geq 12\%$ i ≥ 200 mL względem wartości wyjściowej, natomiast u dzieci kryterium odwracalności stanowi wzrost FEV_1 o $\geq 12\%$ wartości należnej [24]. Uzupełnieniem spirometrii jest pomiar szczytowego przepływu wydechowego (PEF), który można wykonywać za pomocą prostego urządzenia – pikfometru. Regularne monitorowanie PEF pozwala na ocenę zmienności przepływu powietrza w drogach oddechowych, co ma szczególne znaczenie w codziennej kontroli astmy. Metody te umożliwiają monitorowanie zmienności obturacji w przebiegu choroby oraz odróżnianie astmy od innych schorzeń układu oddechowego [25].

Allahverdiyeva i wsp. [20] ocenili wpływ speleoterapii na parametry spirometryczne, wykazując istotną poprawę po zastosowaniu interwencji w zakresie wszystkich analizowanych wskaźników zarówno u dzieci z łagodną, jak i umiarkowaną postacią astmy. W obu grupach odnotowano znamienny wzrost FVC ($p < 0,01$), FEV_1 ($p < 0,01$), FEF_{25-75} ($p < 0,01$) oraz PEF ($p < 0,01$). W przypadku wskaźnika FEV_1/FVC poprawa była istotna na poziomie $p < 0,05$ w astmie łagodnej oraz $p < 0,01$ w astmie umiarkowanej. Ponadto w grupie, w której zastosowano speleoterapię, wzrost wartości wskaźników był bardziej wyraźny niż w grupie otrzymującej wyłącznie terapię podstawową.

Wyniki badań, w których wykorzystano haloterapię jako interwencję badawczą, są rozbieżne. Bar-Yoseph i wsp. [18] nie stwierdzili poprawy wartości bezwzględnych parametrów spirometrycznych po zastosowaniu leczenia ($p > 0,05$ dla FEV_1 ; FEV_1/FVC i FEF_{25-75}). W badaniu Mazloomzadeh i wsp. [17] wykazano istotny wzrost wartości PEF w pomiarach porannych i wieczornych: w grupie rozpoczynającej od haloterapii, a następnie poddanej obserwacji ($p = 0,028$) oraz w grupie, która początkowo była pod obserwacją, a następnie otrzymała haloterapię ($p = 0,032$). Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu terapii na zmienność PEF. Rozbieżności mogą wynikać z różnic w sposobie prowadzenia terapii, co podkreśla konieczność szczegółowego dokumentowania parametrów w badaniach, aby umożliwić rzetelną ocenę ich skuteczności.

W przeanalizowanych badaniach oceniano również wpływ haloterapii i speleoterapii na nadreaktywność oskrzeli (BHR), czyli nadmierną reakcję skurczową dróg oddechowych na

w odpowiedzi na bodźce fizyczne lub chemiczne, będącą jedną z charakterystycznych cech astmy [15]. Zastosowana w badaniu Bilak i wsp. [19] speleoterapia sprzyjała poprawie reakcji oskrzeli na inhalację salbutamolu, co przejawiało się normalizacją napięcia mięśni gładkich i przywróceniem drożności oskrzeli na wszystkich poziomach drzewa oskrzelowego o 10–13% ($p < 0,05$) zarówno u pacjentów z napadowym przebiegiem astmy, jak i częściowo u dzieci z jej utrwaloną postacią. Po terapii redukcja napięcia oskrzeli wystąpiła u 90% pacjentów. Uzyskano również normalizację drożności dużych oskrzeli, czemu towarzyszył wzrost FEV₁ o 22% ($p < 0,05$). Odnotowano poprawę drożności na poziomie oskrzeli średnich (u 72% dzieci) i małych (u 69% dzieci), zaś wskaźnik FEF₅₀ zwiększył się 1,4-krotnie ($p < 0,01$), a FEF₇₅ 1,6-krotnie ($p < 0,01$), osiągając poziomy porównywalne tymi występującymi u dzieci zdrowych.

Badanie przeprowadzone przez Bar-Yoseph i wsp. [18] wykazało, że haloterapia prowadziła do zmniejszenia nadreaktywności oskrzeli w prowokacyjnej próbie spirometrycznej z metacholiną. W grupie poddanej haloterapii odnotowano istotny wzrost PC₂₀ (stężenie metacholiny, które powoduje spadek wartości FEV₁ o 20%) przed i po leczeniu ($p = 0,044$) oraz w porównaniu z grupą placebo ($p = 0,012$), podczas gdy w grupie kontrolnej nie zaobserwowano znaczących zmian ($p > 0,05$).

Wyniki powyższych badań sugerują, że zarówno haloterapia, jak i speleoterapia mogą w pewnym stopniu zredukować nadreaktywność oskrzeli u pacjentów z astmą. Zastosowanie tych metod jako terapii wspomagającej może przyczyniać się do lepszej kontroli objawów astmy oraz redukcji nadwrażliwości dróg oddechowych, poprawiając tym samym komfort życia pacjentów, jednak aby potwierdzić ich skuteczność, konieczne są dalsze, ujednolicone badania.

Jakość życia i nasilenie objawów

Stopień kontroli objawów oraz częstość zaostrzeń w astmie są ściśle powiązane z jakością życia pacjentów. Źle kontrolowana astma może ograniczać codzienne funkcjonowanie, negatywnie wpływać na aktywność fizyczną, sen oraz stan psychiczny. Ocena jakości życia często opiera się na standaryzowanych kwestionariuszach, takich jak Asthma Quality of Life Questionnaire (AQLQ), który uwzględnia zarówno nasilenie objawów choroby, ograniczenie aktywności, funkcjonowanie emocjonalne, wpływ czynników środowiskowych, jak i subiektywne postrzeganie stanu zdrowia [26].

W badaniu Bar-Yoseph i wsp. [18] wykorzystano pediatriczną wersję kwestionariusza AQLQ. Kwestionariusze były wypełniane przez pacjenta lub opiekuna oraz ankietera zarówno na początku, jak i na zakończenie badania. Za minimalną istotną klinicznie różnicę (ang. *minimal clinically important difference*, MCID) przyjęto 0,5 pkt na każde pytanie. W grupie poddanej haloterapii zaobserwowano istotną poprawę w większości parametrów ujętych w kwestionariuszach wypełnianych samodzielnie (objawy: $p = 0,016$; funkcjonowanie emocjonalne: $p = 0,007$; średnia ważona: $p = 0,004$) oraz we wszystkich ocenianych przez ankietera (objawy: $p = 0,029$; funkcjonowanie emocjonalne: $p = 0,006$; ograniczenia aktywności: $p = 0,017$; średnia ważona: $p = 0,012$). W grupie kontrolnej natomiast nie stwierdzono istotnych zmian ($p > 0,05$).

Redukcji objawów nie wykazano natomiast w badaniu Mazloomzadeh i wsp. [17], w którym nie odnotowano istotnych zmian w częstości kaszlu, świszczącego oddechu,

dusznoci ani w konieczności stosowaniu leków doraźnych pod wpływem zastosowanej haloterapii (dla wszystkich zmiennych $p > 0,05$). Rozbieżności wyników sugerują potrzebę przeprowadzenia dalszych badań w tym zakresie.

Badanie Allahverdiyevy i wsp. [20] odnosi się również do długoterminowego wpływu speleoterapii na zdrowie i nasilenie objawów astmy, wskazując, że remisja choroby była uzależniona od jej stopnia nasilenia i obserwowana u 70–80% pacjentów, utrzymując się od 6 miesięcy do 1–1,5 roku po zakończeniu terapii.

Ze względu na heterogeniczność pomiarów konieczne są dalsze badania, aby jednoznacznie określić wpływ terapii solnej na poprawę jakości życia i nasilenie objawów w astmie.

Warunki prowadzenia haloterapii i speleoterapii

Warunki panujące w pomieszczeniach przeznaczonych do haloterapii mogą znacząco się różnić. Nie opracowano jednoznacznych wytycznych dotyczących przebiegu sesji terapeutycznych ani parametrów stosowanych podczas korzystania z tej metody. Praktyka opiera się głównie na dostępnej literaturze przedmiotu, co powoduje znaczne rozbieżności między protokołami [8]. Nie istnieją wysokiej jakości dowody pochodzące z metaanaliz, randomizowanych badań klinicznych ani oficjalnych rekomendacji, które potwierdzałyby, że określone parametry prowadzenia haloterapii gwarantują większe korzyści terapeutyczne. W związku z tym poniżej przedstawione informacje mają charakter wyłącznie orientacyjny i opierają się na analizie dostępnej literatury naukowej, nie stanowiąc formalnych zaleceń klinicznych.

Głównym czynnikiem terapeutycznym stosowanym w haloterapii jest aerozol NaCl, który poprawia funkcjonowanie rzęsek nabłonka oskrzelowego, ma działanie przeciwzapalne, bakteriobójcze i bakteriostatyczne. Do komór solnych emitowane są ponadto mikroelementy takie jak jod, wapń, magnez, potas, sód, miedź, selen i brom [8].

Efekt terapeutyczny terapii solnej uzyskuje się przy stężeniu haloaerozolu powyżej 4 mg/m³, z dużym udziałem drobnych cząstek, które są najlepiej wchłaniane w drogach oddechowych [27]. Cząstki aerozolu wykazują wysoki ujemny ładunek elektryczny, a ich średnica, która według niektórych źródeł wiąże się z największym efektem terapeutycznym, mieści się w przedziale 1–5 μm [14]. Drobiny większe niż 10 μm przypuszczalnie zatrzymują się głównie w jamie ustnej i górnych drogach oddechowych, natomiast te o wielkości mniejszej niż 1 μm mogą osadzać się w pęcherzykach płucnych [5].

Optymalna temperatura i wilgotność w haloterapii nie są jednoznacznie ustalone, jednak większość źródeł wskazuje zakres 18–24°C dla temperatury i 40–60% dla wilgotności powietrza [14]. Czas trwania haloterapii dobiera się indywidualnie w zależności od głównego schorzenia, zaawansowania choroby i stanu pacjenta [8]. Zazwyczaj sesje trwają między 30 a 60 min [28], a dla osób ze schorzeniami takimi jak astma, przewlekła obturacyjna choroba płuc czy zapalenie zatok stosuje się zazwyczaj między 12 a 20 sesji [6].

Również w przypadku speleoterapii nie opracowano jednoznacznych wytycznych dotyczących prowadzenia zabiegów. Sesje w tej formie leczenia są zazwyczaj znacznie dłuższe niż w haloterapii, a literatura naukowa sugeruje, że ich czas trwania wynosi kilka godzin dla dzieci oraz nawet kilkanaście godzin dla osób dorosłych [27].

Tylko część przywołanych w tym przeglądzie badań podaje dokładne warunki, w jakich prowadzona była terapia.

Tabela 2. Parametry zastosowane podczas terapii solnej w poszczególnych badaniach

Rodzaj stosowanej interwencji terapeutycznej	Haloterapia			Speleoterapia
Badanie	Mazloomzadeh i wsp. [17]	Bar-Yoseph i wsp. [18]	Bilak i wsp. [19]	Allahverdiyeva i wsp. [20]
Wilgotność względna powietrza [%]	25–51	44–60	30–50	brak danych
Temperatura [°C]	18–27	20–24	22,5–23,5	brak danych
Czas pojedynczej sesji	1 godz.	45 min	Brak danych	1,5–9 godz. w zależności od wieku dziecka i etapu badania
Częstotliwość sesji	3 razy w tygodniu	2 razy w tygodniu	Brak danych	Codziennie
Łączna liczba sesji	9	14	14	Brak danych
Stężenie haloaerozolu [mg/m ³]	ok. 10 (zakres 0–31,5)	Brak danych	2,5–4,0	Brak danych
Wielkość cząstek [µm]	Brak danych	ok. 20	Do 3*	Brak danych

* Cząstki o wielkości $\leq 3 \mu\text{m}$ stanowiły 71–81% haloaerozol
Źródło: [17–20].

Zebrane parametry takie jak temperatura, wilgotność czy czas sesji przedstawione są w tab. 2. Brak danych w tabeli oznacza, że autorzy badania nie zamieścili szczegółowych informacji dotyczących omawianych parametrów.

Spośród analizowanych badań jedynie Mazloomzadeh i wsp. [17] podali szczegółowe informacje dotyczące wykorzystanego urządzenia (generator aerozolu solnego Salin Plus). Z kolei Bilak i wsp. [19], w przeciwieństwie do pozostałych autorów, zwrócili uwagę na jakość mikrobiologiczną powietrza, wskazując, że jego zanieczyszczenie bakteryjne wynosiło 70–100 mikroorganizmów na 1 m³, przy całkowitym braku flory patogennej i pleśni, co odpowiada warunkom sterylnym.

W analizowanych badaniach zaobserwowano znaczne rozbieżności w zakresie parametrów odnoszących się do prowadzenia terapii. Wobec tego, a także z uwagi na niewielką liczbę badań (zaledwie cztery), nie jest możliwe wyciąganie wiarygodnych wniosków dotyczących wpływu aspektów technicznych na uzyskane korzyści terapeutyczne. Zwraca uwagę istotna rozbieżność w średnicy cząstek aerozolu – ok. 20 µm w badaniu Bar-Yoseph i wsp. [18] w porównaniu z $\leq 3 \mu\text{m}$ w badaniu Bilak i wsp. [19]. Tak znaczące różnice mogą mieć znaczenie kliniczne ze względu na podejrzenie, że większe cząstki zatrzymują się w górnych drogach oddechowych, co może ograniczać efekt terapeutyczny. Hipoteza ta nie została jednak jednoznacznie potwierdzona, gdyż rekomendowana wielkość cząstek stosowanych w terapii solnej nie opiera się na solidnych dowodach naukowych. Co więcej, liczne badania oceniające skuteczność haloterapii nie raportują parametrów fizykochemicznych aerozolu, w tym wielkości cząstek, co istotnie utrudnia porównywanie i interpretację wyników.

Ze względu na brak jednoznacznych wytycznych dotyczących parametrów prowadzenia haloterapii i speleoterapii w przyszłych badaniach kluczowe będzie precyzyjne monitorowanie temperatury, wilgotności, stężenia aerozolu solnego, wielkości jego cząstek oraz czasu trwania sesji. Tylko dokładne wyznaczenie tych czynników pozwoli na rzetelną ocenę skuteczności wyżej wspomnianych metod i określenie optymalnych warunków.

Bezpieczeństwo, przeciwwskazania i efekty uboczne

Ze względu na niewielką liczbę badań dotyczących terapii z wykorzystaniem soli jej bezpieczeństwo nie zostało jednoznacznie potwierdzone [15]. Niemniej jednak metoda ta jest stosowana od wielu lat i uznawana za dobrze tolerowaną; w piśmiennictwie odnotowuje się sporadyczne objawy

uboczne, bez doniesień o poważnych powikłaniach [8, 14].

Wśród potencjalnych objawów ubocznych związanych z haloterapią i speleoterapią wymienia się przede wszystkim podrażnienia skóry, zapalenie spojówek oraz nasilenie kaszlu wynikające ze zwiększonej produkcji wydzieliny oskrzelowej. Do przeciwwskazań zalicza się nadczynność tarczycy, aktywną gruźlicę, niekontrolowane nadciśnienie tętnicze, niewydolność krążeniową i oddechową, ostre choroby układu krwiotwórczego, choroby zakaźne, stany gorączkowe, otwarte rany oraz choroby nowotworowe, a szczególną ostrożność zaleca się podczas stosowania tego rodzaju terapii u pacjentów z klaustrofobią [6].

Istnieje wyraźna luka w badaniach dotyczących kontroli jakości aerozolu solnego jako czynnika terapeutycznego, zarówno pod kątem jego czystości mikrobiologicznej, jak i stabilności parametrów. Prowadzenie bezpiecznego leczenia z wykorzystaniem haloaerozolu wymaga kontroli kontaminacji pomieszczeń i urządzeń. Literatura naukowa zawiera jednak niewiele opracowań dotyczących zanieczyszczenia mikrobiologicznego w komorach solnych, kopalniach czy jaskiniach, a w konsekwencji nadal brak jest jednoznacznych podstaw naukowych do ustalenia dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń w obiektach przeznaczonych do haloterapii i speleoterapii [29].

W analizowanych badaniach nie raportowano poważnych powikłań ani istotnych zdarzeń niepożądanych. Nie można jednak jednoznacznie stwierdzić, czy wynika to z ich braku, czy z ograniczonego zakresu raportowania, co uniemożliwia formułowanie na podstawie tych źródeł wniosków dotyczących bezpieczeństwa terapii.

WNIOSKI KOŃCOWE

Haloterapia i speleoterapia pozostają metodami słabo przebadanymi; nie istnieją oficjalne rekomendacje dotyczące procedur i ich zastosowania w przebiegu chorób układu oddechowego, w tym astmy. Należy podkreślić, że nawet jeśli wykazują pewną skuteczność, obie metody mają jedynie charakter wspomagający i nie mogą zastępować leczenia farmakologicznego ani opóźniać jego wdrożenia.

Ze względu na ograniczoną liczbę dostępnych badań oraz niewielką liczebność grup trudno jest formułować jednoznaczne wnioski dotyczące skuteczności haloterapii w leczeniu astmy. W dwóch uwzględnionych pracach uzyskano rozbieżne wyniki zarówno w zakresie parametrów spirometrycznych, jak i oceny jakości życia pacjentów. Dodatkowo

heterogeniczność metodologiczna, obejmująca różnice w punktach końcowych, warunkach prowadzenia terapii oraz schematach interwencji, znacząco utrudnia interpretację rezultatów. W konsekwencji, pomimo wskazania potencjalnych korzyści terapeutycznych, aktualny stan wiedzy nie pozwala na sformułowanie jednoznacznych rekomendacji dotyczących stosowania haloterapii w astmie.

W przypadku speleoterapii wszystkie uwzględnione badania wykazały pewne korzyści terapeutyczne, jednak relatywnie niewielka liczebność grup oraz zróżnicowanie analizowanych zmiennych ograniczają możliwość porównań i generalizacji wyników. Pomimo potencjalnych efektów w leczeniu astmy i innych chorób układu oddechowego, metoda ta pozostaje słabo przebadana, a liczba rzetelnych publikacji w tym zakresie jest ograniczona.

Należy również zauważyć, że wszystkie badania włączone do analizy, zarówno dotyczące haloterapii, jak i speleoterapii, obejmowały wyłącznie populację dziecięcą, co uniemożliwia rozszerzenie wniosków na osoby dorosłe.

Podsumowując, speleoterapia i haloterapia wykazują pewien potencjał jako metody wspomagające leczenie astmy, jednak wyniki badań pozostają rozbieżne i nie pozwalają na jednoznaczne potwierdzenie skuteczności tych metod. W wielu pracach brakowało szczegółowych informacji dotyczących aspektów technicznych procedury, a zakres badań zmiennych był bardzo zróżnicowany. Zaledwie dwie prace miały charakter badań randomizowanych. Zebrane przez nas informacje podkreślają potrzebę przeprowadzenia dalszych badań o wysokiej jakości metodologicznej, obejmujących większe grupy uczestników oraz z precyzyjnie opisanymi parametrami środowiskowymi i procedurą terapeutyczną. Tylko takie badania pozwolą na rzetelną ocenę skuteczności haloterapii w leczeniu astmy i opracowanie jednoznacznych wytycznych dotyczących optymalnych warunków jej stosowania.

PIŚMIENICTWO

1. Nevzghoda O, Nevzghoda A. Halotherapy in treatment of consequences of pulmonary pathology (thoracic pathology): effectiveness, optimal use in modern conditions. SSP Modern Pharmacy and Medicine. 2025;5(1):1–15. <https://doi.org/10.53933/ssmpm.v5i1.178>
2. Faracik R. Tężnie w Polsce. Geneza, stan i przyszłość zjawiska. Prace Geograficzne. 2020;161:41–59. <https://doi.org/10.4467/20833113PG.20.007.12549>
3. Hoteteu M, Suci AV, Aurelian SM, et al. Effectiveness of dry sodium chloride inhalation in pulmonary diseases – a minireview. Rom J Med Rehabil Phys Med Balneoclimatol. 2025;1(3):187–91. <https://doi.org/10.59277/RJMRPMB.2024.3.08>
4. Oleksa P, Więsyk P, Spozowski K, et al. Effectiveness of the salt therapy – current knowledge status. J Educ Health Sport. 2022;13(1):51–55. <https://doi.org/10.12775/JEHS.2023.13.01.007>
5. Kamińska M, Krusiec-Świdergoł B. Wykorzystanie terapeutycznych właściwości soli w profilaktyce i leczeniu chorób układu oddechowego. Państwo i Społeczeństwo. 2023;1:135–149.
6. Vladeva EP, Ovcharova LP. Halotherapy-benefits and risks. Scripta Scientifica Salutis Publicae. 2018;4:18–22.
7. Zając J, Bojar I, Helbin J, et al. Salt caves as simulation of natural environment and significance of halotherapy. Ann Agric Environ Med. 2014;21(1):124–127.
8. Barber D, Malyshev Y, Oluyadi F, et al. Halotherapy for chronic respiratory disorders: from the cave to the clinical. Altern Ther Health Med. 2022;28(3):52–56.
9. Krusiec-Świdergoł B, Kamińska M. Balneoterapia w pediatrii. Państwo i Społeczeństwo. 2023;1:113–124. <https://doi.org/10.48269/2451-0858-pis-2023-1-008>
10. Matucci A, Bormioli S, Nencini F, et al. The emerging role of type 2 inflammation in asthma. Expert Rev Clin Immunol. 2021;17(1):63–71. <https://doi.org/10.1080/1744666X.2020.1860755>
11. Maieran A, Ciumarnean L, Alexescu T, et al. Complementary therapeutic approaches in asthma. Balneo Research Journal. 2019;10(3):204–12. <http://dx.doi.org/10.12680/balneo.2019.258>
12. Xu W, Cao Z, Wang L, et al. Halotherapy improves the prognosis of acute respiratory distress syndrome and alleviated pyroptosis related biomarkers. Discover Medicine. 2025;2:151. <https://doi.org/10.1007/s44337-025-00336-3>
13. Zając D, Russjan E, Kostrzon M, et al. Inhalations with Brine Solution from the 'Wieliczka' Salt Mine Diminish Airway Hyperreactivity and Inflammation in a Murine Model of Non-Atopic Asthma. Int J Mol Sci. 2020;21(13):4798. <https://doi.org/10.3390/ijms21134798>
14. Nugraha RV, Rhamdan DM, Sari RAK. Halotherapy as adjuvant therapy for respiratory diseases: a literature review. KnE Life Sciences. 2024;8(2):23–33. <https://doi.org/10.18502/kl.v8i2.17355>
15. Crisan-Dabija R, Sandu IG, Popa IV, et al. Halotherapy—an ancient natural ally in the management of asthma: A comprehensive review. Healthcare. 2022;9(11):1604. <https://doi.org/10.3390/healthcare9111604>
16. Munteanu C. SPELEOTHERAPY – scientific relevance in the last five years (2013–2017) – A systematic review. Balneo Research Journal. 2017;8(4):252–254. <https://doi.org/10.12680/balneo.2017.161>
17. Mazloomzadeh S, Bakhshi N, Ahmadiashar A, et al. The effect of salt space on clinical findings and peak expiratory flow in children with mild to moderate asthma: a randomized crossover trial. Iran J Allergy Asthma Immunol. 2017;16(3):198–204.
18. Bar-Yoseph R, Kugelman N, Livnat G, et al. Halotherapy as asthma treatment in children: A randomized, controlled, prospective pilot study. Pediatric Pulmonology. 2017;52(5):580–587. <https://doi.org/10.1002/ppul.23621>
19. Bilak VM, Ignatko LV, Sochka NV, et al. The influence of speleotherapy on bronchi passage in children with bronchial asthma using a pharmacofunctional test with salbutamol. Wiad Lek. 2023;76(3):586–590. <https://doi.org/10.36740/WLek.202303120>
20. Allahverdiyeva L, Efendiyeva N, Khalilova A. Efficacy of speleotherapy on atopic bronchial asthma in children. Experimed. 2023;13(3):174–179. <https://doi.org/10.26650/experimed.1326693>
21. Richards LB, Neerincx AH, van Bragt JJMH, et al. Biomarkers and asthma management: analysis and potential applications. Curr Opin Allergy Clin Immunol. 2018;18(2):96–108. <https://doi.org/10.1097/ACI.0000000000000426>
22. Pignatti P. A snapshot of exhaled nitric oxide and asthma characteristics: experience from high to low income countries. Pulmonology. 2020;28(1):44–58. <https://doi.org/10.1016/J.PULMOE.2020.10.016>
23. Habib N, Pasha MA, Tang DD. Current Understanding of Asthma Pathogenesis and Biomarkers. Cells. 2022;11(17):2764. <https://doi.org/10.3390/cells11172764>
24. Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention (2025 update). https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2025/11/GINA-2025-Update-25_11_08-WMS.pdf (access: 28.02.2026)
25. DeVrieze BW, Goldin J, Giwa AO. Peak Flow Rate Measurement. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459325/> (access: 2025.11.21).
26. He S, Lin W, Zhong J, et al. Independent risk factors of asthma exacerbations: 3-year follow-up in a single-center prospective cohort study. Ann Transl Med. 2022;10(24):1353. <https://doi.org/10.21037/atm-22-5918>
27. Lemko O, Lemko I. Haloaerosoltherapy: mechanisms of curative effect and place in the respiratory rehabilitation. Balneo and PRM Research Journal. 2021;12(4):365–375. <https://doi.org/10.12680/balneo.2021.464>
28. Achkar MA, Geller DE, Slanelly AP, et al. Halotherapy in patients with cystic fibrosis: a pilot study. Int J Respir Pulm Med. 2015;2:1. <https://doi.org/10.23937/2378-3516/1410009>
29. Myszkowska D, Kostrzon M, Dyga W, et al. Bioaerosol of salt chambers in the 'Wieliczka' Salt Mine, Poland. Aerobiologia. 2019;35:297–311. <https://doi.org/10.1007/s10453-019-09561->