

Pomiar cyfrowy wartości rezonansu nosowego w populacji dorosłych Polaków

Digital measurement of nasal resonance in the adult Polish population

Paulina Krasnodębska^{1A-F}, Katarzyna Nikiel^{1BCEF}, Wojciech Będziński^{1A-D},
Marzena Milewska^{1BC}, Agata Szkiełkowska^{1,2DG}, Beata Miałkiewicz^{1D}

¹ Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Klinika Audiologii i Foniatrii, Warszawa/Kajetany

² Uniwersytet Muzyczny Fryderyka Chopina, Katedra Audiologii i Foniatrii, Warszawa

Wkład autorów:

- A Projekt badania
- B Gromadzenie danych
- C Analiza danych
- D Interpretacja danych
- E Przygotowanie pracy
- F Przegląd literatury
- G Gromadzenie funduszy

Streszczenie

Wstęp: Nosowanie to subiektywne odczucie nieprawidłowej wartości rezonansu nosowego w mowie. Miarą obiektywną nosowania jest nosowość wyrażająca stosunek rezonansu nosowego do łącznej wartości rezonansu nosowego i ustnego.

Cel: Celem pracy był pomiar na nazometrze cyfrowym udziału rezonansu nosowego podczas artykulacji w populacji zdrowych dorosłych Polaków. Kolejnym celem było sprawdzenie, czy opracowane w przeszłości testy artykulacyjne do oceny rezonansu nosowego mogą być stosowane na nowoczesnych urządzeniach cyfrowych.

Materiał i metody: Materiał w pracy stanowiło 45 osób z prawidłowo rozwiniętą mową, prawidłowym słuchem oraz brakiem odchyień w badaniu otolaryngologiczno-foniatrycznym. Pacjentów badano testami językowymi opracowanymi przez Gąsiorka. Użyto testu I, III i VII.

Wyniki: Średnie wyniki nosowości (śrN) podczas pierwszego testu zawierającego samogłoski (śrNI) w całej grupie badanej wyniosły 18,6% (SD 8,8%); testu zawierającego zdania (śrNIII) – 14,7% (SD 4,1%); podczas czytania tekstu śrNVII – 11,9% (SD 3,8%). Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy płcią a wynikami uzyskanymi w każdym z testów. Wyznaczono wartość graniczną normatywnego wskaźnika udziału rezonansu nosowego. Uzyskano wartości normy – 20% w teście III oraz 17% w teście VII. Wyznaczono udział rezonansu nosowego podczas artykulacji w populacji zdrowych dorosłych Polaków w oparciu o aktualne standardy metodologiczne.

Wnioski: Wykazano, że opracowane i wykorzystywane do tej pory testy językowe można zastosować na nowoczesnych urządzeniach cyfrowych. Autorzy rekomendują zastosowanie zróżnicowanych testów językowych dla dzieci i osób dorosłych.

Słowa kluczowe: nosowanie • nosowość • rezonans nosowy • artykulacja • mowa

Abstract

Introduction: Nasality is the subjective perception of an abnormal nasal resonance value in speech. An objective measure of nasality is nasalance, expressing the ratio of nasal resonance to the combined value of nasal and oral resonance.

Aim: The aim of this study was to measure the proportion of nasal resonance during articulation, in a population of healthy adult Poles, on a digital nazometer. Another aim was to test whether articulation tests developed in the past to assess nasal resonance can be used on modern digital devices.

Material and methods: The material in this study consisted of 45 subjects with normal speech development, normal hearing and no abnormalities in otolaryngological-phoniatric examination. Patients were examined with language tests developed by Gąsiorek. Tests I, III and VII were used.

Results: Mean nasality scores (meanN) during the first test containing vowels (śrNI) in the entire study group was 18.6% (SD 8.8%); the test containing sentences (śrNIII) 14.7% (SD 4.1%); during reading text śrNVII 11.9% (SD 3.8%). Statistical analysis showed no significant differences between gender and the results obtained in each test. The limit value of the normative index of nasal resonance participation was determined. Normal values were obtained – 20% in test III and 17% in test VII. As a result of the research, the share of nasal resonance during articulation was determined in the population of healthy adult Poles on the basis of current methodological standards.

Adres autora: Paulina Krasnodębska, Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, ul. Mochnackiego 10, 02-042 Warszawa, e-mail: p.krasnodebska@ifps.org.pl

Conclusions: It was shown that the language tests developed and used so far can be applied on modern digital devices. In the opinion of the authors, it is recommended to use differentiated language tests for children and adults.

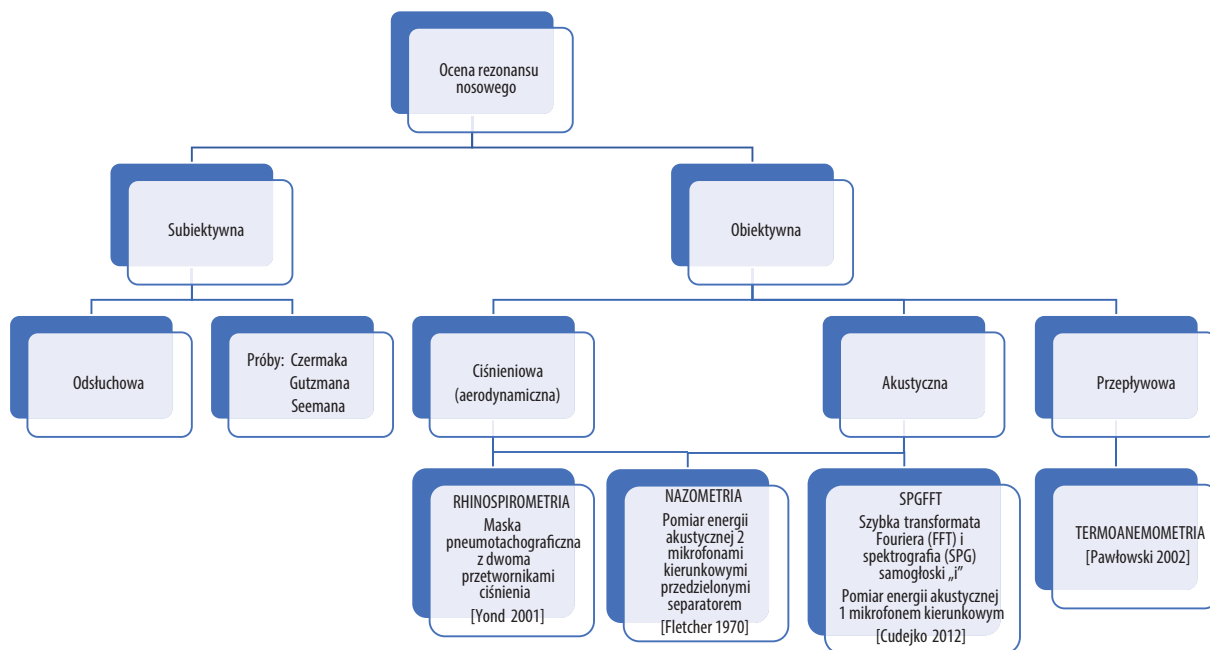
Key words: nasality • nasalance • nasal resonance • articulation • speech

Wstęp

Ocena rezonansu nosowego stanowi istotny element codziennej praktyki otolaryngologiczno-foniatrycznej i logopedycznej. Nosowanie odnosi się do subiektywnej oceny nieprawidłowej wartości rezonansu nosowego w mowie. W zależności od lokalizacji patologii, rozróżniamy trzy typy nosowania: zamknięte, otwarte i mieszane. Nosowanie zamknięte obejmuje przypadki zmniejszonego rezonansu nosowego w wyniku patologii jam nosa lub nosogardła. Patologie upośledzające drożność to najczęściej zmiany chorobowe dotyczące nosa i zatok, polipy choanalne, przerośnięty migdałek gardłowy, guzy nowotworowe [1]. Nosowanie otwarte spowodowane jest natomiast brakiem funkcjonalnego oddzielenia jamy ustnej i części środkowej gardła od gardła górnego i jam nosowych. Przyczyny organiczne to wady wrodzone (rozszerzenie podniebienia twardego i miękkiego, rozszerzenie podśluzówkowy podniebienia, wrodzone krótkie podniebienie, asymetrie podniebienia, zaburzenia rozwojowe twarzoczaszki) lub wady nabyte (przetoki podniebienne, blizny po zabiegach w obrębie jamy ustnej, gardła, dna jam nosa). Oprócz podłoża strukturalnego, nosowanie może być wynikiem niedowładu lub porażenia, jako efektu choroby neurologicznej (chorób demielinizacyjnych, nerwowo-mięśniowych), guzów podstawy czaszki lub chorób zakaźnych (grypa, błonica). Nosowanie może mieć też przyczynę czynnościową, nawykową [2]. Miarą obiektywną nosowania jest wprowadzone przez Fletchera pojęcie nosowości (ang. *nasalance*) wyrażające stosunek rezonansu nosowego do łącznej wartości rezonansu nosowego i ustnego [3]. Podział badań obiektywnych oceniających zaburzenie rezonansu nosowego spowodowane niewydolnością

podniebienio-gardłową zawiera metody pośrednie i bezpośrednie [4]. Metody bezpośrednie to nasoendoskopia, cineradiografia, rejestracja ruchomości podniebienia przy użyciu przetworników elektro- lub optomechanicznych [4]. Przegląd metod pośrednich przedstawiono schematycznie na rycinie 1. Przykładami najczęściej stosowanych metod pośrednich obiektywnych są dwa badania: akustyczne i akustyczno-aerodynamiczne. Pierwsza z metod to analiza SPGFFT, czyli szybka transformanta Fouriera (FFT) wraz ze spektrografią (SPG), druga to nazometria [5]. Pierwsza metoda polega na ocenie struktury harmonicznej samogłoski „I”. Obecność nosowania powoduje przesunięcie pierwszego formantu w kierunku wyższych częstotliwości [6]. Ponadto analiza FFT uśrednionej energii trzeciej, czwartej i piątej składowej harmonicznej pozwala na określenie stopnia nasilenia nosowania.

Z kolei nazometria ocenia nosowość poprzez porównanie energii akustycznej wydostającej się przez nos i usta badanego. Pomiar dokonywany jest za pomocą dwóch mikrofonów kierunkowych ustawionych równolegle i przedzielonych separatorem. Uzyskany pomiar przedstawiany jest parametrycznie i graficznie jako stosunek energii uwalnianej podczas mówienia przez nos do sumy energii uwalnianej przez nos i usta. Otrzymana wartość procentowa nosi nazwę nosowości [7]. Fizjologiczna nosowość przy prawidłowym rezonansie nosowym w języku polskim oraz odpowiednie testy językowe zostały opracowane w latach 90. XX wieku przez J. Gąsiorka na nazometrze jego własnej konstrukcji [3,8]. Pomiary oparte były na technologii analogowej rejestracji. Dzięki postępowi technologicznemu od kilkunastu lat dostępne są w codziennej praktyce



Rycina 1. Subiektywne i obiektywne metody oceny pośredniej wielkości rezonansu nosowego w mowie
Figure 1. Subjective and objective methods for indirect assessment of nasal resonance quantity in speech

Tabela 1. Poszczególne testy wg Gąsiorka
Table 1. Different tests according to Gąsiorek

Numer testu wg Gąsiorka	Treść
I	i, y, u, a, o, e
III	Kotek zeskoczył na drugi szczebelek. Kto i kiedy spotkał go u Krzyśka?
VII	Dzieci bardzo lubiły przychodzić do parku. Zwykle siadały obok starych akacji i układały wyrazy z patyków albo grały w klasy. Co jakiś czas przerywały swoje zabawy i bez jakiegoś oczywistego powodu biegały wzdłuż szerokiej parkowej alei, by po chwili wrócić pod akacje. Od czasu do czasu zabierały też do parku psa, który biegał dookoła figurki skrzata z bajki i wesoło poszczekiwał. Beztróskie chwile upływały szybko i fakt, że trzeba już opuścić park, zawsze dzieci zaskakiwał.

klinicznej urządzenia cyfrowe. Zmiana sposobu rejestracji umożliwiła dokonywanie pomiarów o większą dokładnością. Wspomniany postęp technologiczny wymaga cyklicznej weryfikacji przyjętych w każdej dziedzinie nauki wartości normatywnych. Konieczna jest weryfikacja obowiązujących wartości normatywnych i klasyfikacji rezonansu nosowego ze względu na dostępność nowoczesnych metod rejestracji i obróbki nagrań coraz szerzej dostępnych w użytku klinicznym.

Cel

Celem pracy był pomiar udziału rezonansu nosowego podczas artykulacji, w populacji zdrowych dorosłych Polaków, na nazometrze cyfrowym. Kolejnym celem było sprawdzenie, czy opracowane w przeszłości testy artykulacyjne do oceny rezonansu nosowego mogą być stosowane na nowoczesnych urządzeniach cyfrowych.

Materiał i metoda

Do badania włączono osoby z prawidłowo rozwiniętą mową (zgodnie z oceną logopedyczną), prawidłowym słuchem (na podstawie wyniku audiometrii tonalnej) oraz brakiem odchyień w badaniu otolaryngologiczno-foniatrycznym. Osoby, które w wywiadzie zgłosiły operacje lub urazy w obrębie głowy i szyi zostały wykluczone z badania. Grupę badaną stanowiło 45 osób w wieku od 25 do 60 lat. Średni wiek w grupie badanej wynosił 40,75 lat (*SD* 9,6 lat). Grupę podzielono na 2 podgrupy ze względu na płeć. Grupa kobiet liczyła 25 osób. Średnia wieku w tej grupie wynosiła 40,95 lat (*SD* 9,48). Grupa mężczyzn liczyła 20 osób. Średnia wieku w tej grupie wynosiła 40,53 lat (*SD* 9,74). Pacjentów badano wybranymi testami językowymi opracowanymi przez J. Gąsiorka [3]. Użyto testu I, III i VII (tabela 1). Testy I i VII nie zawierają głosek nosowych, jedynie w teście III występuje jedna głoska nosowa. Badania rezonansu nosowego dokonywano za pomocą urządzenia cyfrowego Nasometer II, model 6450, Pentax Medical z oprogramowaniem 2.6. Zgodnie z procedurą zawartą w instrukcji użytkownika (rycina 2). Zestaw pomiarowy umieszczany jest na głowie badanej osoby i mocowany za pomocą elastycznej opaski. Płytkę separującą umieszczaną jest stabilnie pomiędzy nosem a wargą górną. Pomiar energii akustycznej dokonywany jest poprzez dwa mikrofony kierunkowe przedzielone separatorem. Zgodnie z danymi producenta płytkę zapewnia izolację o wielkości 25 dB części nosowej od ustnej. Do analizy statystycznej użyto testu *t*-Studenta dla prób niezależnych. Za poziom istotności statystycznej przyjęto wartość $p < 0,05$.

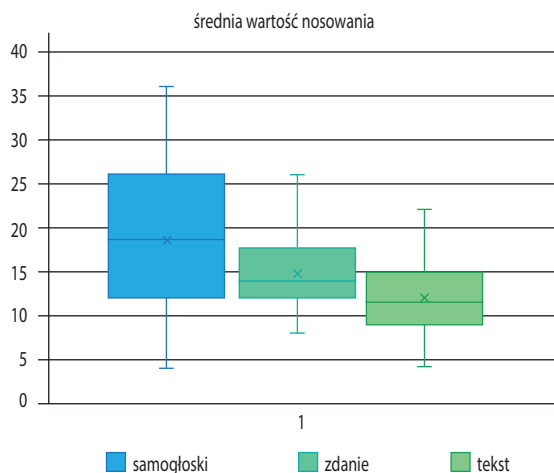


Rycina 2. Zastosowanie urządzenia Nasometer II, model 6450, Pentax Medical do badania rezonansu nosowego

Figure 2. Use of Nasometer II, model 6450, Pentax Medical for nasal resonance testing

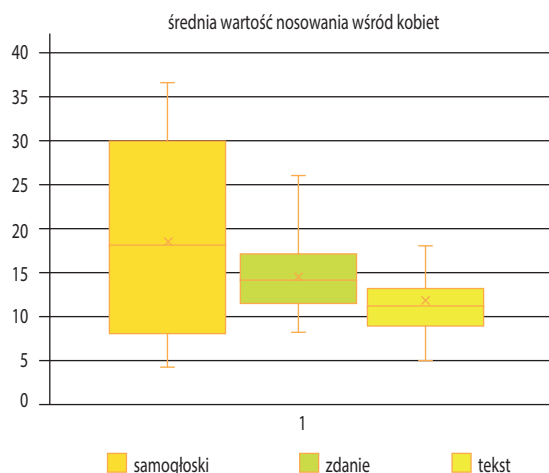
Wyniki

Średnie wyniki nosowości ($\bar{s}rN$) podczas pierwszego testu zawierającego samogłoski ($\bar{s}rNI$) w całej grupie badanej wyniosły 18,6% (*SD* 8,8%). Minimalny i maksymalny procent nosowości w trakcie badania wynosił średnio minNI 4,1% (*SD* 3,4%) oraz maxNI 69,4% (*SD* 20,5%). Osoby badane wykonywały test średnio w ciągu 6 sekund (*SD* 2,4). Średnie wyniki nosowości podczas drugiego testu zawierającego zdania ($\bar{s}rNIII$) w całej grupie badanej wyniosły 14,7% (*SD* 4,1%). Minimalny i maksymalny procent nosowości w trakcie badania wynosił średnio minNIII 2% (*SD* 1%) oraz maxNIII 91,5% (*SD* 6,1%). Osoby badane wykonywały test średnio w ciągu 5,3 sekundy (*SD* 1,1). W ostatnim pomiarze, przeprowadzonym podczas czytania tekstu, osoby badane uzyskały wyniki $\bar{s}rNVII$ 11,9% (*SD* 3,8%), podczas gdy minNVII wynosił 1% (*SD* 0,2%) a maxNVII 88,9% (*SD* 9,4%). Osoby badane wykonywały test średnio w ciągu 35,2 sekundy (*SD* 4,4). Na rycinach 3–5 przedstawiono średnie wartości nosowości w całej grupie badanej oraz z uwzględnieniem podziału pod względem płci. W tabeli 2 przedstawiono wyniki uzyskane w obu podgrupach (kobiet i mężczyzn). Tabela przedstawia wartości średnie poszczególnych testów z uwzględnieniem wartości minimalnych i maksymalnych, które uzyskiwały osoby badane podczas nagrania. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy płcią a wynikami uzyskanymi w każdym z testów. Zwraca uwagę szeroki zakres wyników średnich wartości nosowania uzyskanych w teście z samogłoskami.



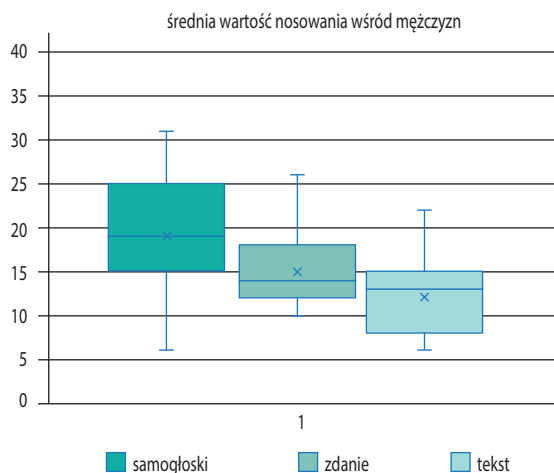
Rycina 3. Wykres przedstawiający średnią wartość nosowości w całej badanej grupie; na wykresie pokazano znacznik średniej x

Figure 3. Box plot showing the mean value of nasalance in the whole study group; a marker x of the mean value is shown on the graph



Rycina 4. Wykres przedstawiający średnią wartość nosowości wśród badanych kobiet; na wykresie pokazano znacznik średniej x

Figure 4. Box plot showing the mean value of nasalance among the female subjects; a marker x of the mean value is shown on the graph



Rycina 5. Wykres przedstawiający średnią wartość nosowości wśród badanych mężczyzn; na wykresie pokazano znacznik średniej x

Figure 5. Box plot showing the mean value of nasalance among the male subjects; a marker x of the mean value is shown on the graph

Dyskusja

Nazometr wynaleziony został przez Fletchera i Bishopa w 1970 roku [9]. Na podstawie wynalazku firma Key Elemetrics (obecnie Pentax Medical) wyprodukowała w 1986 roku urządzenie do użytku klinicznego. Przegląd literatury wskazuje, że wartości rezonansu nosowego mogą różnić się w zależności od płci, wieku, dialektu i rasy [10–15]. Różnice nie są stałe i zależą od badanego języka [16]. Stosowane współcześnie w praktyce klinicznej wartości normatywne nosowości oparte są na badaniach z lat 90. XX wieku. Gąsiorek, wykorzystując nazometr własnej konstrukcji, przy zastosowaniu analogowych metod rejestracji dokonał pomiarów fizjologicznego rezonansu nosowego inaczej zwanego podstawowym bądź

zdrową nosowością. Uzyskał wynik w teście mowy potocznej niezawierającym głosek nosowych 15,2%, a w mowie potocznej – 25,6% [3,8]. Ponadto wartości mierzone akustycznie przez Cudejko u osób zdrowych z populacji polskiej nie przekraczały 12 dB SPL [6].

Wyniki niniejszej pracy pozwoliły na wyznaczenie udziału rezonansu nosowego podczas artykulacji, w populacji zdrowych dorosłych Polaków na nazometrze cyfrowym. Metodologia przeprowadzonych badań obejmująca zapis na nośniku cyfrowym i następnie analizę za pomocą oprogramowania komputerowego stanowi jedną z kluczowych różnic w odniesieniu do stosowanych w przeszłości metod pomiarowych. Odmianą metodologii badań związana jest z postępem technologicznym ostatnich kilkudziesięciu lat. Większa dokładność pomiaru, a co za tym idzie – możliwość otrzymania dokładniejszych wyników i węższych przedziałów stopni nosowości jest związana z zastosowaniem nowoczesnych narzędzi, takich jak mikrofony (w tym możliwości ich separacji) czy doskonalszej karty dźwiękowej dającej możliwość nagrania próbek w formacie cyfrowym. Mimo różnic w metodologii różnice między wynikami pomiarów przeprowadzonych w niniejszej pracy a wynikami Gąsiorka są zbieżne i nie przekraczają kilku procent.

W opinii Gąsiorka najbardziej znaczącym testem badania mowy potocznej jest test VII – zawierający wyłącznie głoski ustne [17]. Wyniki przedstawione przez autora w publikacji ukazują średnie wartości nosowości dla testu VII w grupie dzieci na poziomie 17,8%, dla dziewcząt i kobiet – na poziomie 14,3%, a dla chłopców i mężczyzn – 13,5%. W niniejszej pracy przeanalizowano wyniki grupy osób dorosłych i uzyskano średnie wartości nosowości dla poszczególnych testów wynoszące dla kobiet i mężczyzn odpowiednio: $\bar{sr}NI$ – 18,2% i 19,1%; $\bar{sr}NIII$ – 15,5% i 15,1%; $\bar{sr}NVII$ – 11,6% i 12,2%. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic dla płci. W opinii autorów wynika to z istoty ocenianego parametru, będącego miarą barwy głosu wynikającej z funkcji narządu artykulacyjnego, a nie samej krtani będącej generatorem tonu krtaniowego.

Tabela 2. Wartości średnie nosowości (śrN) poszczególnych testów z uwzględnieniem wartości minimalnych (minN) i maksymalnych (maxN), przedstawione z podziałem pod względem płci; I – test zawierający samogłoski, III – test zawierający zdania, VII – test zawierający tekst czytany

Table 2. Mean nasalance values (śrN) of individual tests including minimal (minN) and maximal (maxN) values, presented by gender; I – test containing vowels, III – test containing sentences, VII – test containing readen text

	Test I			Test III			Test VII		
	śrN I	minN I	maxN I	śrN III	minN III	maxN III	śrN VII	minN VII	maxN VII
Kobiety	18,3	4,1	67,9	14,5	1,9	93,0	11,6	1,0	89,6
SD	(10,3)	(4,1)	(22,8)	(3,7)	(0,9)	(3,4)	(3,3)	(0,2)	(10,1)
Mężczyźni	19,1	4,1	71,3	15,1	2,2	89,6	12,3	1,2	88,0
SD	(6,3)	(2,2)	(16,9)	(4,5)	(1,2)	(8,1)	(4,4)	(0,4)	(8,5)

W pracy uzyskano szeroki zakres wyników średnich wartości nosowania w teście z samogłoskami. Pomiar oparty na zapisie samogłosek jest najprostszy do przeprowadzenia, co zachęca do jego wykorzystania w populacji pediatrycznej, szczególnie u dzieci młodszych, nieczytających. Wskazane jest przeprowadzenie szerszej analizy badania z rozróżnieniem na poszczególne samogłoski. W analizie samogłosek możliwe jest również porównanie wyników uzyskanych na nazometrze cyfrowym z wynikami innych pomiarów, np. analizy FFTSPG.

Wprowadzenie badań obiektywnych do diagnostyki zaburzeń mowy jest szczególnie przydatne nie tylko przy stawianiu rozpoznania, lecz także w celu usprawnienia procesu leczniczo-rehabilitacyjnego [4]. Jak wynika z przeglądu literatury, dostępne są coraz nowocześniejsze metody oceny mowy [17,18]. W praktyce klinicznej na oddziałach otolaryngologicznych i foniatrycznych najczęściej stosowane są metody akustyczne i ciśnieniowo-akustyczne. Konieczne są dalsze prace z wykorzystaniem nowoczesnych metod oceny jakości mowy u dorosłych i dzieci, a także rozpoczęcie dyskusji nad weryfikacją i uaktualnieniem obowiązujących norm i przedziałów klasyfikacji nosowania. Przeprowadzone w niniejszej pracy pomiary na urządzeniu cyfrowym dotyczyły testów zawierających prawie wyłącznie głoski ustne. Wartości normatywne nosowości dostępne w polskiej literaturze bazują na wynikach prac Gąsiorka opartych na wynikach z urządzeń analogowych [3]. Autor ten wyróżnił 4 przedziały wskaźnika udziału rezonansu nosowego podczas artykulacji, obiektywizując wielkość niewydolności podniebieno-gardłowej [19,20]. Wskaźnik wartości średniej nosowości do 25% oznacza fizjologiczny i łagodny rezonans nosowy, przedział od 26% do 35% oznacza umiarkowany rezonans nosowy. Osoby ze wskaźnikiem od 36% do 50% i ponad 50% prezentują najcięższy stopień niewydolności i najczęściej wymagają interwencji chirurgicznej. Sklasyfikowanie przez Gąsiorka stopni nosowania pozwoliło również na przyporządkowanie odpowiednich stopni niezrozumiałości mowy. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy na urządzeniu cyfrowym są nieznacznie niższe niż wyniki uzyskane na podstawie tych samych testów, ale za pomocą

analogowych metod rejestracji [3]. Kolejny etap badań nad nosowością powinien dotyczyć cyfrowej oceny pacjentów z niewydolnością podniebieno-gardłową.

Analiza wyników badań przedstawionych w niniejszym artykule pokazała, że nagranie zarówno testu I, jak i III zajmuje ok. 6 sekund. Jednak przedział uzyskiwanych wyników jest znacznie węższy w przypadku testu III. Test możliwy jest do zastosowania w populacji pediatrycznej po uprzednim zapamiętaniu przez dziecko treści zdania. Z uwagi na krótki czas trwania badania oraz spójność zakresu wyników normatywnych autorzy niniejszego artykułu rekomendują użycie testu III u dzieci jako podstawowej metody w ocenie nosowości. Uzyskane wyniki testu VII, obejmującego tekst czytany, odznaczały się – podobnie jak w przypadku testu III – wąskim przedziałem. Wyniki wskazują, że zgodnie z wcześniejszymi zaleceniami publikowanymi przez Gąsiorka test VII powinien stanowić podstawową metodę oceny nosowości u dorosłych.

Zaadaptowanie nazometru cyfrowego do potrzeb oceny nosowości w języku polskim daje szerokie możliwości zastosowań klinicznych. Oprócz obiektywnej, nieinwazyjnej metody pomiaru urządzenie może być używane w celu świadomej modyfikacji rezonansu nosowego przez osobę badaną, za pomocą przekazywanej wizualnie jednoczesnej informacji zwrotnej (ang. *real time visual biofeedback*). Publikacje pokazują, że wykorzystanie nazometru w terapii nosowania w sposób istotny wpływa na pozytywne efekty leczenia [21,22].

Wnioski

1. Opracowane i wykorzystywane do tej pory na urządzeniach analogowych testy językowe można zastosować w nowoczesnych urządzeniach cyfrowych.
2. Rekomenduje się zastosowanie zróżnicowanych testów językowych dla dzieci i osób dorosłych.
3. Konieczna jest weryfikacja obowiązujących wartości normatywnych i klasyfikacji ze względu na dostępność nowoczesnych metod rejestracji i obróbki nagrań coraz szerzej dostępnych w użytku klinicznym.

Piśmiennictwo

1. Pruszewicz A, Obrębowski A. Zarzys foniatrii klinicznej, wyd. 1. Poznań: UM, 2019.
2. Sinko K, Gruber M, Jagsch R, Roesner I, Baumann A, Wutzl A, Denk-Linnert D. Assessment of nasalance and nasality in patients with a repaired cleft palate. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2017; 274(7): 2845–54.

3. Gąsiorek J, Pruszewicz A, Obrębowski A. Testy słowne do badania rezonansu nosowego. *Otolaryngol Pol*, 1996; 4: 409–16.
4. Wiskirska-Woźnica B. Możliwości obiektywizacji badania foniatrycznego w zaburzeniach mowy. *Otorynolaryngologia*, 2014; 13(3): 127–30.
5. Kazanecka E, Wrońska A, Szkiełkowska A, Skarżyński H. Anometryczna ocena wydolności podniebieno-gardłowej u śpiwaków. *Audiofonologia*, 2005; 27: 101–5.
6. Cudejko R, Będziński W, Piłka A, Skarżyński H. Zastosowanie badań akustycznych w ocenie stopnia nosowania u pacjentów z nosowaniem. *Now Audiofonol*, 2012; 1(3): 87–92.
7. Domeracka-Kołodziej A, Maniecka-Aleksandrowicz B, Zielenik-Jurkiewicz B, Zawadzka R, Rakowska M, Różak-Komrowska A i wsp. Ocena nosowania i nosowości u dzieci przed i po adenoidektomii lub adenotonsilotomii. *Otolaryngologia*, 2007; 6(3): 135–41.
8. Gąsiorek J, Pruszewicz A, Obrębowski A. Urządzenie do obiektywnej oceny nosowania otwartego z automatycznym zapisem. *Otolaryngol Pol*, 1994; 48(4): 386–90.
9. Fletcher SG, Bishop ME. Measurement of nasality with Tonar. *Cleft Palate J*, 1970; 7: 610e621.
10. Fletcher SG, Adams LE, McCutcheon MJ. Cleft palate speech assessment through oral-nasal acoustic measures. In: *Communicative Disorders Related to Cleft Lip and Palate*. Bzoch K (ed.). Boston: College Hill Press, 1989: 246–57.
11. Natour Y, Efthymiou E, Marie B, Darawsheh W. Quantifying nasality in Arabic speakers: Preliminary data. *Int J Arab-Eng Stud*, 2020; 20(2): 99–114.
12. Bae Y, Lee S, Velik K, Liu Y, Beck C, Fox R. Differences in nasalance and nasality perception between Texas South and Midland dialects. *J Acoustic Soc Am*, 2020; 147(1): 568–78.
13. Hirschberg J, Bók S, Juhász M, Trenovszki Z, Votisky P, Hirschberg A. Adaptation of nasometry to Hungarian language and experiences with its clinical application. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2006; 70: 785–98.
14. Xu J, Kang Y, Park S, Yoon Y, Bai S, De Jin Y i wsp. Nasality changes with age in normal Korean-speaking adults. *Clin Exp Otorhinolaryngol*, 2019; 12(1): 95.
15. Van Lierde KM, Wuyts FL, De Bodt M, Van Cauwenberge P. Nasometric values for normal nasal resonance in the speech of young Flemish adults. *Cleft Palate Craniofac J*, 2001; 38: 112–18.
16. Mishima K, Sugii A, Yamada T, Imura H, Sugahara T. Dialectal and gender differences in nasalance scores in a Japanese population. *J Cranio Maxill Surg*, 2008; 36(1): 8–10.
17. Lorenc A, Król D, Klessa K. An acoustic camera approach to studying nasality in speech: The case of Polish nasalized vowels. *J Acoustic Soc Am*, 2018; 144(6): 3603–17.
18. Mik Ł, Lorenc A, Król D, Wielgat R, Święciński R, Jędryka R. Fusing the electromagnetic articulograph, high-speed video cameras and a 16-channel microphone array for speech analysis. *B Pol Acad Sci-Tech*, 2018; 66(3).
19. Gąsiorek J. Ocena nosowości i nosowania w diagnostyce i rehabilitacji różnych postaci niewydolności podniebieno-gardłowej (rozprawa habilitacyjna), Poznań: Akademia Medyczna; 1998.
20. Wójcicki P, Wójcicka G. Operacyjne leczenie niewydolności podniebieno-gardłowej w rozszczepach podśluzówkowych sposobem Furlowa. *Dent Med Probl*, 2006; 43(2): 201–7.
21. Murray E, Mendoza J, Gill S, Perkell J, Stepp C. Effects of biofeedback on control and generalization of nasalization in typical speakers. *J Speech Lang Hear Res*, 2016; 59(5): 1025–34.
22. de Stadler M, Hersh C. Nasometry, Videofluoroscopy, and the Speech Pathologist's Evaluation and Treatment. In: *Surgery for Pediatric Velopharyngeal Insufficiency*. Adv Otorhinolaryngol. Raol N, Hartnick CJ (eds). Basel: Karger Publishers, 2015; 76: 7–17.