

Ocena parametrów analizy akustycznej głosu u zdrowych kobiet

Voice acoustic analysis in healthy women

EWA NIEBUDEK-BOGUSZ^{1/}, MARTA FISZER^{1/}, PIOTR KOTYŁO^{1/}, MARCIN JUST^{2/}, MARIOLA ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA^{1/}

^{1/} Centrum Profilaktyki Leczenia Zaburzeń Głosu i Słuchu IMP w Łodzi, ul. Św. Teresy 8, 90-950 Łódź

^{2/} Medi-Com s.c., ul. Olszewskiego 58, 51-646 Wrocław

Wprowadzenie. Dla obiektywizacji monitorowania skuteczności profilaktyki i terapii zaburzeń głosu, a także postępowania orzeczniczego w chorobach zawodowych narządu głosu, istotne jest wprowadzanie ilościowych metod oceny, takich jak analiza akustyczna głosu.

Cel. Ocena parametrów analizy akustycznej głosu u zdrowych kobiet z wykorzystaniem nowego programu IRIS dla Foniatrii.

Materiał i metoda. Badaniami objęto 40 kobiet w wieku od 23 do 62 lat (średnia 40,3), niepalących, nie pracujących w zawodach wymagających wysiłku głosowego, bez zaburzeń czynnościowych i organicznych ze strony narządu głosu.

Analiza akustyczna głosu obejmowała ocenę długoterminową zdania, krótkoterminową – głoski „a” oraz badanie pola głosowego. W analizie krótkoterminowej oceniono łącznie 13 parametrów ilościowych, w tym średnie położenie głosu (Fośr), jitter, shimmer i stosunek szumu do sygnału (*Noise to Harmonic Rate* – NHR). Badanie powtarzano 3-krotnie u każdej z osób.

Wyniki. Nie stwierdzono istotnych różnic parametrów analizy akustycznej głosu w zależności od wieku. W analizie długoterminowej średni zakres głosu mówionego wahał się od 110 Hz do 390 Hz, co w skali muzycznej stanowi ok. 2 oktawy, średnie położenie głosu Fośr wynosiło 236 Hz, natomiast średnie natężenie głosu wahało się w zakresie od 40-100 dB(A). W analizie krótkoterminowej średnie wartości wynosiły: jitter – 0,5 (%), shimmer – 2,6 (%), NHR – 3,4 (%). Stwierdzono dobrą powtarzalność badania.

Wniosek. Obiektywna metoda analizy głosu za pomocą programu IRIS dla Foniatrii może być cennym uzupełnieniem badań narządu głosu.

Otolaryngologia, 2004, 3(1), 33-39

Słowa kluczowe: analiza akustyczna głosu

Głos jest fenomenem psychoakustycznym, od dawna frapującym badaczy. Zagadnieniami głosu zajmowano się od czasów starożytnych. Już Arystoteles (384-322 p.n.e.) wskazywał na zależność między wysokością głosu a ilością powietrza wydychanego.

Czynność głosotwórcza zależy nie tylko od zwarcia i drgań fałdów głosowych, wzniciających energię akustyczną tonu podstawowego, ale również od funkcji jam rezonacyjnych oraz narządów artykulacyjnych (jamy ustnej, języka itd.), formujących barwę głosu i wytwarzających

Introduction. Quantitative methods for the assessment of voice, such as voice acoustic analysis are crucial to monitor the effects of preventive and treatment medicine as well as document occupational diseases.

Aim. To assess the parameters of voice in healthy women using new method of acoustic voice analysis – IRIS for Phoniatrics.

Material and method. The study comprised 40 women aged from 23 to 62 years (40.3 mean), non smokers, not performing jobs requiring vocal effort, without vocal organ functional or organic disturbances.

Voice acoustic analysis included long-term analysis of sentence, vowel “a”, vocal field test, while the short-term analysis comprised assessment of 13 parameters, including e.g. Fo mean, jitter, shimmer and Noise to Harmonic Rate (NHR). The tests were repeated three times for each patient.

Results. Age-related differences were not detected. In the long-term analysis, the mean range of the spoken voice was from 110 Hz to 390 Hz, corresponding to ca. 2 octaves in the musical scale, Fo mean was 236 Hz, while the mean voice intensity ranged from 40 to 100 dB(A). Mean values obtained in the short-term analysis were 0.5 (%) for jitter, 2.6 (%) for shimmer and 3.4 (%) for NHR.

Conclusion. The objective method of voice analysis using the IRIS for Phoniatrics software may constitute a valuable contribution to voice organ examination.

Otolaryngologia, 2004, 3(1), 33-39

Key words: voice acoustic analysis

dźwiękowe elementy mowy, czyli głoski. Na jakość głosu wpływa ponadto wiele innych czynników, w tym ogólny stan zdrowia, stopień nawodnienia organizmu, napięcie psychiczne [1].

Najprostszą metodą oceny jakości głosu jest ocena subiektywna tzw. odsłuchowa, przeprowadzana przez doświadczonego foniatrę, logopedę lub terapeutę mowy. Wśród wielu sposobów oceny percepcyjnej głosu najbardziej precyzyjnym wydaje się być skala GRBAS, zaproponowana przez Hirano w 1981r. [2]. Opisuje ona naj-

ważniejsze cechy głosu, oceniane odsłuchowo w następujący sposób:

- G (*grade*) – stopień chrypki
- R (*roughness*) – szorstkość głosu
- B (*breathiness*) – charakter chuchający głosu
- A (*asthenicity*) – głos hypofunkcyjny
- S (*strain*) – hyperfunkcjonalność głosu

Każda cecha głosu oceniana jest w skali czterostopniowej od 0 do 3 np. stopień chrypki: G0 – głos normalny, G1 – lekka chrypka, G2 – średnia chrypka, G3 – duża chrypka. Kwalifikacja subiektywna głosu wymaga doświadczenia i wyczucia, nie może być stosowana powszechnie, szczególnie w badaniach porównawczych, prowadzonych przez różne ośrodki.

Doskonalszą techniką oceny jakości głosu jest obiektywna analiza akustyczna głosu, metoda stosunkowo nowa, jako że pierwsze próby jej zastosowania sięgają początków XX wieku.

Obiektywne metody akustyczne badania głosu zostały szeroko opisane przez Schultz-Coulona i Klingholza [3]. Zwrócili oni uwagę na przydatność obiektywnych analiz głosu w diagnostyce klinicznej, w tym w szczególności analizy spektrograficznej, sonograficznej i analizy czasowej sygnału mowy. Wprowadzenie techniki komputerowej analizy oraz oceny statystycznej spowodowało gwałtowny rozwój prac badawczych w zakresie oceny parametrów akustycznych głosu normalnego i zmienionego patologicznie [4-11]. Szczególną rolę odgrywają badania umożliwiające, na podstawie analizy akustycznej głosu (tonu krtaniowego), różnicowanie zmian czynnościowych i organicznych w krtani [12-18] oraz ocenę skuteczności rehabilitacji głosowej w dysfoniach czynnościowych [19].

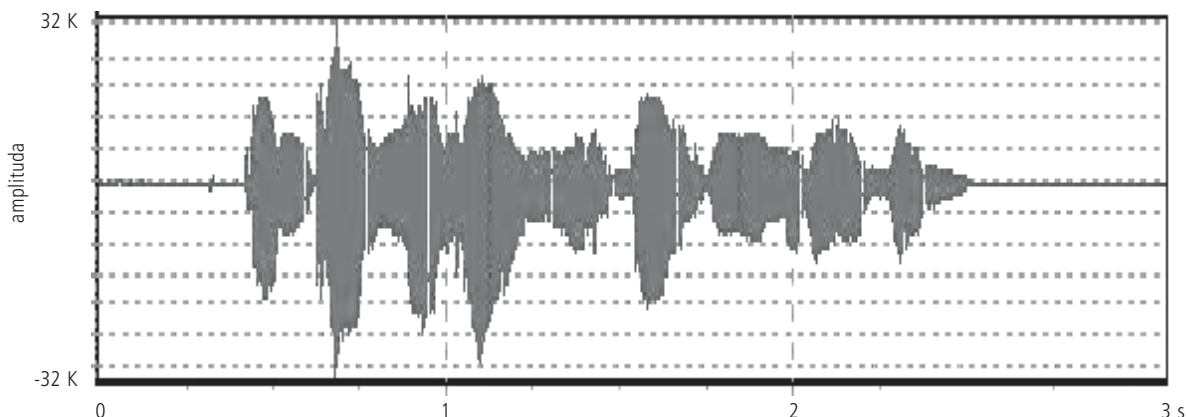
W 1995 roku Wolfe i wsp. podjęli próbę oceny przydatności wybranych parametrów analizy głosu dla orzekania o chorobach zawodowych związanych z nadmiernym wysiłkiem głosowym. Autorzy doszli do wniosku, że najbardziej przydatnym parametrem akustycznym głosu jest jitter (wskaźnik względnej zmienności częstotli-

ści podstawowej) [20]. W ocenie i różnicowaniu zaburzeń czynnościowych i organicznych przydatnymi parametrami wydaje się być także: shimmer (parametr oceniający modulację amplitudy), NHR (*Noise-to-Harmonic Ratio*) – określający stosunek szumu do sygnału [2,4] oraz stabilność średniej częstotliwości podstawowej (F_0) [21].

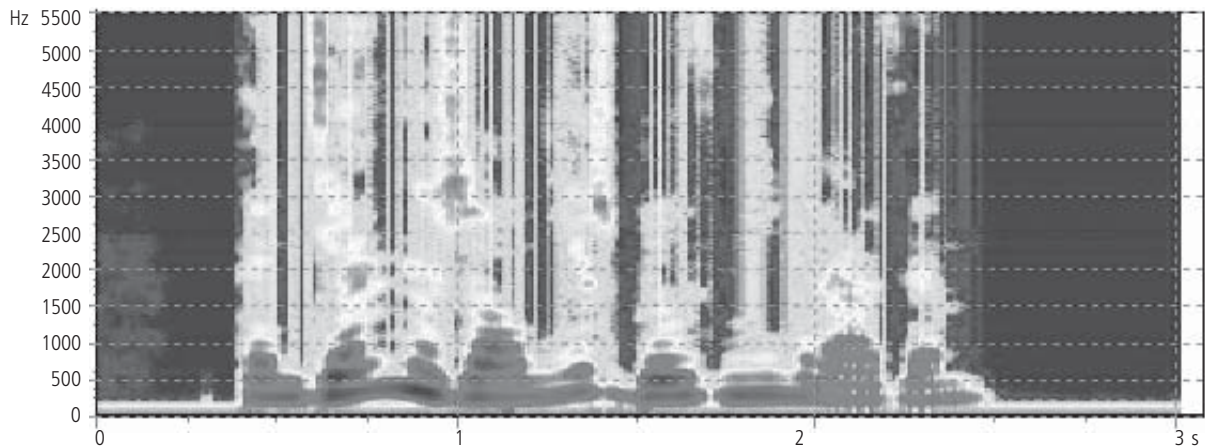
Istnieje wiele systemów umożliwiających analizę akustyczną głosu. Jednym z najbardziej znanych jest zestaw firmy KAY Elemetrics z oprogramowaniem MDVP (*Multi Dimensional Voice Program*). Jego przydatność do diagnostyki zmian organicznych i czynnościowych głosu została opisana przez Świdzińskiego w 1998r. Jednak metoda ta nie jest powszechna ze względu na wysoki koszt urządzenia. W ostatnich latach, wraz z rozwojem sprzętu komputerowego, pojawiły się alternatywne systemy bazujące na komputerze PC z zainstalowaną kartą muzyczną oraz oprogramowaniu analizującym. Należą do nich m.in. Dr. Speech, LingWave czy IRIS dla Foniatrii [22]. W wymienionych programach możliwe są dwa typy analizy głosu:

- analiza długoterminowa – LTAS (*long term analysis spectrum*) – przedmiotem oceny jest stosunkowo długa próbka głosu (kilkusekundowa) przedstawiona w postaci:
 - oscylogramu tj. wykresu drgań elektrycznych przetworzonych z drgań akustycznych (ryc. 1),
 - spektrogramu szerokopasmowego, w którym na osi odciętych (X) zaznaczony jest czas, na osi rzędnych (Y) częstotliwość, a wartość amplitudy wyraża kolor (ryc. 2),
 - wykresu częstotliwości podstawowej F_0 (*pitch*) (ryc. 3),
- analiza krótkoterminowa – FFT (*fast Fourier transformation*) – obejmuje ona krótki odcinek czasu od 0,6s do 0,1s. Wyniki przedstawione są jako wartości liczbowe – typowe z nich to jitter i shimmer.

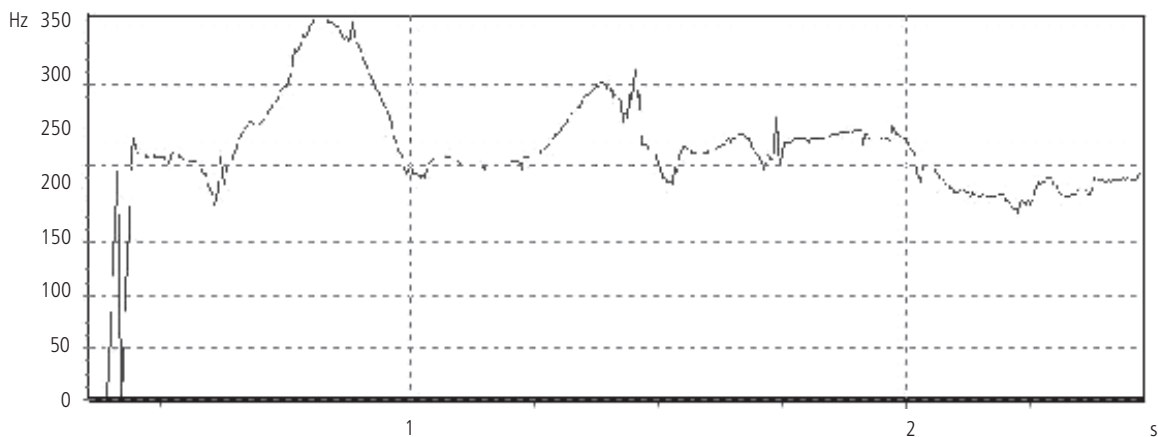
Celem pracy było opracowanie norm dla parametrów analizy akustycznej głosu z zastosowaniem programu IRIS dla Foniatrii.



Ryc. 1. Oscylogram zdania „Ten dzielny żołnierz był z nim razem” (głos prawidłowy)



Ryc. 2. Spektrogram szerokopasmowy zdania (głos prawidłowy), (ciemne pola w dolnych częstotliwościach spektrogramu wskazują na największe skupienia energii widma akustycznego (natężenia dźwięku mowy) w pasmach częstotliwości (formantach) charakterystycznych dla samogłosek zawartych w zdaniu



Ryc. 3. Analiza częstotliwości podstawowej w zdaniu „Ten dzielny żołnierz był z nim razem”, na osi X – czas, na osi Y – częstotliwość – głos prawidłowy

MATERIAŁ I METODY

Badani

Oceniono głos czterdziestu kobiet w wieku od 23 do 62 lat, niepalących, nie pracujących w zawodach wymagających wysiłku głosowego, nie zgłaszających żadnych zaburzeń głosu, u których w laryngoskopii pośredniej nie stwierdzono odchyłań od normy w obrazie głośni.

Dla oceny wpływu wieku na parametry analizy akustycznej wyniki porównano w czterech grupach wiekowych (poniżej 30 lat, 30-40, 41-50, powyżej 50). W ocenie foniatrycznej u wszystkich badanych stwierdzono prawidłową emisję głosu w oparciu o percepcyjną ocenę głosu wg skali GRBAS przeprowadzoną niezależnie przez 2 osoby (foniatrę i logopedę).

Warunki techniczne badania

Nagranie głosu do analizy odbywało się w wyciszonym pomieszczeniu o przeciętnym poziomie hałasu 30 dB pod nadzorem przeszkolonego personelu medycznego. Nagrania dokonywano za pomocą programu do ana-

lizy akustycznej głosu IRIS oraz mikrofonu pojemnościowego w zestawie z komputerem wyposażonym w kartę dźwiękową AVACS SOUNDMAN CMI 878 SX. W celu wyeliminowania efektu dmuchania na mikrofon założono porowatą przegrodę (cienką gąbkę) pomiędzy ustami pacjenta i mikrofonem.

W analizie długoterminowej i ocenie spektrograficznej użyto zdania: „Ten dzielny żołnierz był z nim razem” jako najbardziej reprezentatywne dla języka polskiego pod względem zawartych w nim samogłosek, spółgłosek dźwięcznych i bezdźwięcznych, oraz głosek nosowych. W analizie krótkoterminowej trzykrotnie u tej samej osoby nagrywano samogłoskę „a” w trakcie przedłużonej fonacji (łącznie 120 próbek głosu). Głoska „a” najbardziej nadaje się do analizy tonu krtaniowego, nie tylko wg badaczy polskich [2,4], ale również zagranicznych [21,23]. W badaniu tym, po przeanalizowaniu wizualnym spektrogramu i oscylogramu głoski „a” należy zawęzić obszar analizy do krótkiego odcinka od 0,1, do 0,6 s, czyli przejść do analizy krótkoterminowej. W ostatniej wersji programu IRIS odcinek ten wybierany jest automatycznie, wynosi on od 50 do 56 okresów, co w zależności od częstotliwości podstawowej F_0 daje odcinek 0,2 do 0,3 s.

W czasie analizy krótkoterminowej ocenie podlegają następujące parametry:

- Fośr – średnia częstotliwość podstawowa
- Parametry oceniające względną zmianę częstotliwości:

Jitter – parametr określa procentowo względną zmiany częstotliwości podstawowej z okresu na okres w obrębie analizowanej próbki głosu;

RAP, PPQ – tak jak jitter określają względną zmiany częstotliwości podstawowej z okresu na okres, są jednak znacznie mniej wrażliwe na zmiany długości okresu;

RAP – (*Relative Average Perturbation*) – względna zmiana Fo ze współczynnikiem wygładzania 3 okresów; PPQ – (*Pitch Period Perturbation Quotient*) – względna zmiana Fo ze współczynnikiem wygładzania 5 okresów.

- Parametry oceniające względną zmianę amplitudy: Shimmer – określa względne zmiany amplitudy z okresu na okres (dokładniej amplitudy składowej harmonicznej o częstotliwości równej częstotliwości podstawowej);

APQ – (*Amplitude Perturbation Quotient*) – względna zmiana amplitudy ze stałym współczynnikiem wygładzania 11 kolejnych okresów.

- Parametry oceny struktury harmonicznej głosu: HPQ (*Harmonic Perturbation Quotient*); HPQh (*Harmonic Perturbation Quotient high*). Parametry określają zaburzenia struktury harmonicznej głosu (zniekształcenia formantów); wyznaczają różnice składowych harmonicznych pomiędzy poszczególnymi okresami, (opisują one rozrzut współczynników fourierowskich analizy poszczególnych okresów T0 z przebiegu wybranej próbki głosu). Ze względu na sposób wyznaczania współczynnik ten nie jest wrażliwy na zmiany kształtu poszczególnych okresów. HPQh uczulony został na ww. zmiany w zakresie wyższych częstotliwości ($f > 1200\text{Hz}$).

- R2H (*Residual to Harmonic*) – parametr określa on stosunek składowych harmonicznych sygnału do residuum (sygnału generowanego przez fałdy głosowe) indywidualnie do każdego okresu T0 z analizowanej próbki głosu. Określa on bogactwo struktury formantowej (harmonicznej) i natężenie formantów (im niższa wartość współczynnika, tym głos bogatszy formantowo – ciekawsza barwa i przyjemniejsze brzmienie).
- U2H, U2Hl, U2Hh (*Unharmonic to Harmonic*) – parametry określają stosunek części nieharmonicznej (składowych nie równych dokładnie wielokrotności Fo) do harmonicznej (wielokrotności Fo) dla sygnału głosu z analizowanej próbki: U2H – określa stosunek składowych harmonicznych do nieharmonicznych (szumów i zniekształceń) dla całego widma analizowanej próbki głosu; U2Hl (low) – j.w. dla dolnej części widma (do 4000 Hz);

U2Hh (high) – j.w. dla górnej części widma (powyżej 4000 Hz) (zakłócenia związane z przepływem powietrza przez głośnię).

- Parametry względnych pomiarów szumu i zakłóceń: NHR1 (*Noise to Harmonic Rate*) – parametr ten określa stosunek części nieharmonicznej (hałasu) w zakresie powyżej 1500 Hz do części harmonicznej poniżej 1500 Hz, mówi o zawartości szumu w sygnale głosu.

Analiza statystyczna

Do oceny wpływu wieku na wielkości badanych parametrów akustycznych użyto jednoczynnikowej analizy wariancji [24]. Za poziom istotności przyjęto $p < 0,05$.

WYNIKI

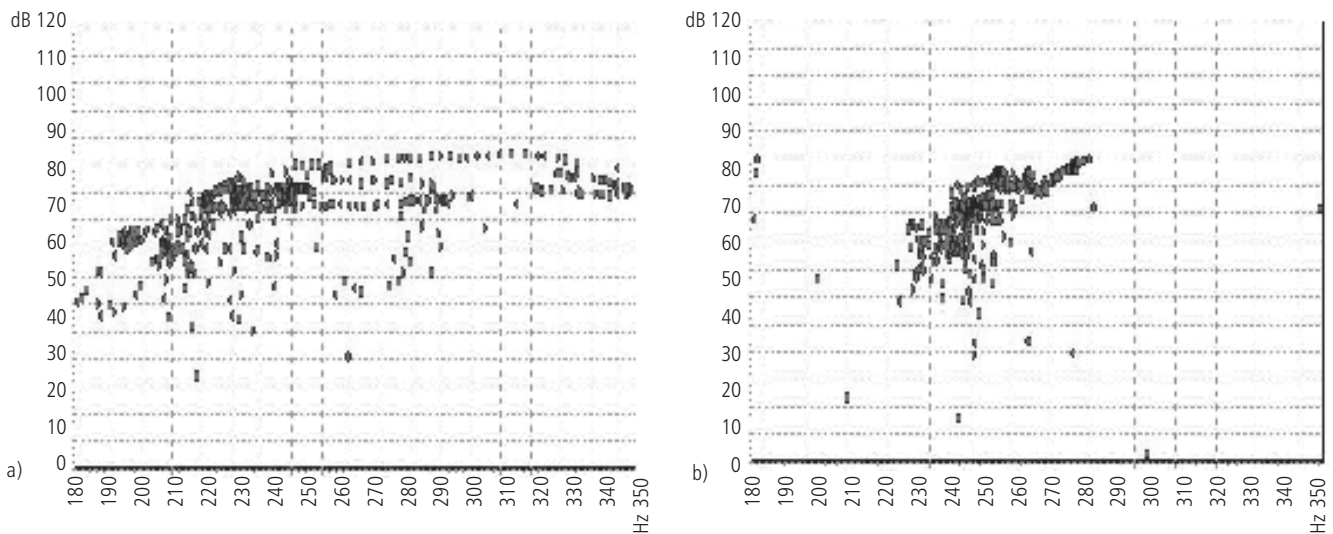
Ocenę głosu rozpoczynano od analizy czasowej i spektrograficznej zdania, które zawierają wiele danych, podlegających jednak głównie ocenie subiektywnej. Przykładowe zapisy otrzymane u zdrowych kobiet przedstawione są na ryc. 1 i 2. Następnie oceniano częstotliwość podstawową (ryc. 3) oraz pole głosowe (ryc. 4), z wykresu którego można odczytać: maksymalną i minimalną częstotliwość mowy oraz jego natężenie (zakres głosu mówionego).

W analizie długoterminowej głoski „a”, podobnie jak w przypadku zdania, można ocenić oscylogram (ryc. 5), ewentualnie wykres pola głosowego tej samogłoski.

W analizie krótkoterminowej głoski „a” oceniano 13 parametrów. Analiza tych wartości w podgrupach wiekowych nie wykazała istotnych różnic zależnych od wieku. Średnie wartości liczbowe w analizie krótkoterminowej głoski „a”, uzyskane dla całej 40 osobowej grupy zdrowych kobiet przedstawia tabela I.

Tabela I. Średnie wartości (zakres i odchylenie standardowe) parametrów analizy akustycznej tonu kraniowego Fo (głoski „a”) w grupie zdrowych kobiet (n=40)

Parametry akustyczne	Średnia	Min.	Max.	Odchylenie standardowe
Fośr (Hz.)	235,6	170,2	301,5	32,5
Jitter (%)	0,2	0,1	0,5	0,09
RAP1 (%)	0,2	0,1	0,3	0,05
PPQ1 (%)	0,2	0,1	0,3	0,06
Shimmer (%)	1,4	0,6	2,6	0,48
APQ1 (%)	1,3	0,6	2,3	0,39
HPQ (%)	13,4	7,0	20,7	2,66
HPQh (%)	57,5	24,6	107,1	17,63
R2H (%)	17,2	11,6	23,5	3,47
U2H (%)	4,3	2,3	7,9	0,97
U2Hl (%)	2,4	1,3	4,7	0,64
U2Hh (%)	19,0	8,1	31,0	5,48
NHR (%)	2,4	1,2	3,4	0,58

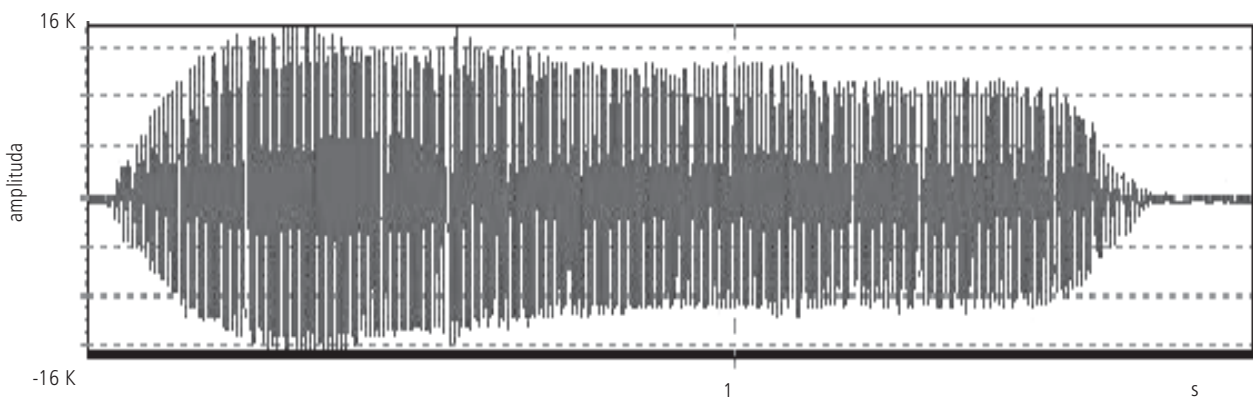


Ryc. 4. Pole głosowe zdania, na osi X – częstotliwość (Hz.), na osi Y – (dB)

a) głos kobiety prawidłowej

b) głos kobiety z guzkami śpiewaczymi

W głosie kobiety z guzkami śpiewaczymi widoczne zawężenia zakresu częstotliwości pola głównego



Ryc. 5. Oscylogram głoski „a” w głosie prawidłowym

W 17 próbkach głosu (spośród 120) jeden lub dwa parametry akustyczne przekraczały normę, w 4 próbkach – trzy parametry były nieprawidłowe (wg Świdzińskiego w głosach prawidłowych odchylenia od normy mogą wykazywać najwyżej trzy parametry akustyczne).

Średnia częstotliwość podstawowa (F_0) była równa 236 Hz, a średni zakres głosu mówionego u osób zdrowych wahał się od 110 Hz do 390 Hz, w skali muzycznej od A do g^1 – co stanowi około 2 oktawy. Natężenie głosu mówionego zawierało się w przedziale 40-100 dB(A)

Stwierdzono dobrą powtarzalność wyników w trzech kolejno wykonywanych tego samego dnia badaniach.

DYSKUSJA

W ostatnim czasie wzrasta zainteresowanie możliwościami klinicznego wykorzystania obiektywnych badań akustycznych głosu. Ocena jakości głosu, która jest akustycznym terminem percepcyjnym, pełni ważną rolę w codziennej diagnostyce foniatrycznej, laryngologicznej i logopedycznej, a także w monitorowaniu skuteczności leczenia. Zaburzenia głosu, czyli dysfonie, są pojęciem szerszym niż chrypka – objaw uwarunkowany zmianami patologicznymi fałdów głosowych (ich masy, napięcia) i drgań fonacyjnych. W dysfoniach oceniamy również inne zaburzenia emisji głosu: hyperkinezę mięśni fonacyjnych i artykulacyjnych, dyskoordynację oddechowo-fonacyjną lub upośledzenie czynności rezonatorów, decydujących o bogactwie formantowym głosu i jego barwie. Metody analizy akustycznej głosu pozwalają na ocenę zaburzeń częstotliwości podstawowej,

zmian amplitudy, struktury harmonicznej sygnału oraz obecności komponentu szumowego w głosie.

Van Lerde i wsp., Nawka, Kruse [cyt. za 2] uważają, że analiza akustyczna głosu powinna być uzupełnieniem diagnostyki każdego schorzenia krtani, podkreślają jej znaczenie w ocenie efektów leczenia zachowawczego i operacyjnego oraz rehabilitacji głosu. W literaturze polskiej Wiskirska-Woźnica w 2002r. opisała przydatność analizy akustycznej MDVP do oceny kompleksowej głosu w zaburzeniach czynnościowych i organicznych krtani oraz korelację wyników z badaniami wideostroboskopowymi oraz skalą percepcyjną głosu GRBAS [2]. Natomiast Domeracka-Kołodziej i wsp. zastosowali MDVP w diagnostyce zaburzeń głosu u nauczycielek w wieku emerytalnym, u których rozpoznano choroby krtani, uznawane za zawodowe, w tym: zmiany przerostowe krtani, guzki głosowe oraz niedowładny fałdów głosowych [25]. Obrębowski i wsp. przedstawiając propozycje racjonalnego postępowania w orzekaniu o chorobie zawodowej narządu głosu, podkreślili, że w miarę możliwości, analiza akustyczna głosu jako metoda obiektywna powinna być uwzględniana w badaniach orzeczniczych [26]. Stąd też duże zainteresowanie w ośrodkach foniatrycznych i medycyny pracy wzbudził nowy program analizy akustycznej głosu IRIS dla Foniatrii, którego dostępność na rynku polskim jest większa niż MDVP, przede wszystkim ze względu na niższy koszt i niewielkie wymagania sprzętowe. Niestety nie znalazł on jeszcze szerokiego zastosowania klinicznego, m.in. z powodu braku wartości uznawanych za normę. Normy opracowane w Polsce przez Świdzińskiego dla programu MDVP nie znajdują zastosowania w tym programie, ze względu na inną technikę analizy i po części różne parametry akustyczne podlegające analizie.

W Centrum Profilaktyki i Leczenia Zaburzeń Głosu i Słuchu Instytutu Medycyny Pracy podjęto się opracowania norm dla Programu IRIS w oparciu o analizę akustyczną głosu kobiet w przedziale wieku 23-62 lat. Pozwoli to w przyszłości zastosować ten typ badania do diagnostyki chorób zawodowych krtani oraz oceny skuteczności leczenia i postępowania orzeczniczego w dysfoniach uwarunkowanych zawodowo. Próbkę głosu osób, wyselekcjonowanych do badań jako głosy prawidłowe w oparciu o skalę percepcyjną GRBAS, wykazywały w 14% odchylenia od normy w 1 lub 2 parametrach akustycznych, a w 3% – w 3 parametrach akustycznych. Według Świdzińskiego, gdy więcej niż 3 parametry w analizie akustycznej różnią się od normy, to głos badany można zakwalifikować jako nieprawidłowy. Średnia częstotliwość podstawowa F_0 w badanej grupie wynosiła 236 Hz, niżej od c1 (256 Hz) – uważanej za

normę dla kobiet; obniżoną wartość normy F_0 dla kobiet podają ostatnio również inni badacze [1,4,25]. Zakres tonu krtaniowego (Fomin – Fomax) wahał się w granicach 170-302 Hz, był zbliżony do skali głosu kobiecego wg Abitbola [cyt. za 1]. Zakres głosu mówionego wynosił od 110 do 390 Hz, co odpowiada około 2 oktawom (głos prawidłowy przeciętnie mieści się w skali 1,5-2 oktaw) [1]. W przedstawianych normach akustycznych głosu zwracają uwagę niskie wartości parametrów z grupy jitter i shimmer. Na taki wynik ma prawdopodobnie wpływ krótki odcinek (0,2–0,3 s) oscylogramu, wybierany automatycznie przez program do analizy krótkoterminowej. Wybranie dłuższego odcinka do analizy z badanej próbki głosu (Świdziński na podstawie własnych doświadczeń proponuje 0,6s) pozwoli na uzyskanie wyników zbliżonych do tych uzyskiwanych w analizie MDVP. Odcinek do analizy krótkoterminowej powinien być wybierany manualnie ze środkowego odcinka próbki głosu. Analiza akustyczna głosu powinna być przeprowadzana przez doświadczonego laryngologa czy foniatrę jako jedna z metod kompleksowego badania narządu głosu, poprzedzona badaniem klinicznym. Tym bardziej, że należy pamiętać, iż nieznaczna nieregularność głosu jest naturalną właściwością ludzi ze zdrowym narządem głosu. Nawet największe starania utrzymania stabilności fonacji nie znoszą pewnych wahań w zakresie częstotliwości, amplitudy, czy nawet w zawartości szumu w głosie prawidłowym. Zwraca na to uwagę Gelfer na podstawie badań normalnych głosów 29 młodych kobiet [27].

Zawarty w programie akustycznym IRIS moduł do wyznaczenia pola głosowego daje możliwość zbadania zarówno skali głosu mówionego, jak i jego natężenia, co można wykorzystać w próbie obciążeniowej, badającej wydolność głosu w chorobach krtani; nie nadaje się on jednak do oceny dynamicznej modulacji głosów prawidłowych, a szczególnie szkolonych o dużej skali np. wokalistów. Powodem jest konieczność utrzymywania stałego poziomu natężenia głosu w wąskim zakresie podczas nagrywania dźwięku do analizy. Wynika to z wymogów technicznych programu.

Reasumując, obiektywna metoda analizy głosu za pomocą programu IRIS może być cennym uzupełnieniem kompleksowego badania narządu głosu. Coraz to nowe wersje tego programu, poprawiane w toku badań klinicznych, powinny okazać się przydatne w diagnostyce zaburzeń głosu, ocenie skuteczności ich terapii, a także jako metoda obiektywna w postępowaniu orzeczniczym dotyczącym chorób zawodowych narządu głosu.

Piśmiennictwo

1. Pruszewicz A. Metody badania narządu głosu. Postępy w Chirurgii Głowy i Szyi 2002; 2(2): 3-25.
2. Wiskirska-Woźnica B. Kompleksowa ocena głosu w schorzeniach organicznych i czynnościowych krtani. Rozprawa habilitacyjna 2002.
3. Schultz-Coulon HJ, Klingholz F. Objektive und semiobjektive Untersuchungs methoden der simme. Proceeding XV UEP Congress, Erlangen 1988: 1-90.
4. Świdziński P. Przydatność analizy akustycznej w diagnostyce zaburzeń głosu. Rozprawa habilitacyjna 1998.
5. Titze IR. Acoustic Interpretation of the Voice Range Profile (Phonetogram). Journal of Speech and Hearing Research 1992; 35: 21-34.
6. Fröhlich M, Michaelis D, Strube H. W. Acoustic Voice Analysis by Means of the Hoarseness Diagram. Journal of Speech and Hearing Research 2000; 43: 706-720.
7. Stemple JC, Stanley J, Lee L. Objective Measures of Voice Production in Normal Subjects following Prolonged Voice Use. Journal of Voice 1995; 9(2): 127-133.
8. Jr DB, Heuer RJ, Sataloff RT i wsp. Intrasubject Variability of Objective Voice Measures. Journal of Voice 1996; 10(2): 166-174.
9. Yu P, Ouaknine M, Revis J i wsp. Objective Voice Analysis for Dysphonic Patients: A Multiparametric Protocol Including Acoustic and Aerodynamic Measurements. Journal of Voice 2001; 15(4): 529-542.
10. Laver J, Hitler S, Beck JM. Acoustic Waveform Perturbations and Voice Disorders. Journal of Voice 1992; 6(2): 115-126.
11. Holmberg EB, Hillman RE, Perkell JS i wsp. Comparisons Among Aerodynamic, Electroglottographic, and Acoustic Spectral Measures of Female Voice. Journal of Speech and Hearing Research 1995; 38: 1213-1223.
12. Rantala L, Paavola L, Körkkö P i wsp. Working-Day Effects on the Spectral Characteristics of Teaching Voice. Folia Phoniatri Logop. 1998; 50: 205-211.
13. Giovanni A, Robert D, Estublier N i wsp. Objective Evaluation of Dysphonia: Preliminary Results of a Device Allowing Simultaneous Acoustic and Aerodynamic Measurements. Folia Phoniatri Logop 1996; 48: 175-185.
14. Martin D, Fitch J, Wolfe V. Pathologic Voice Type and the Acoustic Prediction of Severity. Journal of Speech and Hearing Research 1995; 38: 765-771.
15. Morsomme D, Jamart J, Wéry C i wsp. Comparison between the GIRBAS Scale and the Acoustic and Aerodynamic Measures Provided by EVA for the Assessment of Dysphonia following Unilateral Vocal Fold Paralysis. Folia Phoniatri Logop 2001; 53: 317-325.
16. Krom G. Some Spectral Correlates of Pathological Breathy and Rough Voice Quality for Different Types of Vowel Fragments. Journal of Speech and Hearing Research 1995; 38: 794-811.
17. Niedzielska G, Pruszewicz A, Świdziński P. Acoustic Evaluation of Voice in Individuals with Alcohol Addiction. Folia Phoniatri Logop 1994; 46: 115-122.
18. Świdziński P, Pruszewicz A, Obrębowski A i wsp. Akustyczne badania różnicowe w schorzeniach nowotworowych głośni. Otolaryng Pol 1997; 51, supl. 28: 137-141.
19. Cooper M. Spectrographic analysis of fundamental frequency and hoarseness before and after vocal rehabilitation. J. Speech Hear Disord 1974; 39: 286-297.
20. Wolfe V, Fitch J, Comell R. Acoustic prediction of severity in commonly occurring voice problems. J Speech Hear Res 1995; 38(2): 273-279.
21. Kotby MN, Titze IR, Saleh MM i wsp. Fundamental Frequency Stability in Functional Dysphonia. Acta Otolaryngol 1993; 113: 439-444.
22. Świdziński P, Obrębowski A, Pruszewicz A i wsp. Nowe możliwości oceny dyskretnych zaburzeń głosu w analizie akustycznej. 50 Otwarte Seminarium z Akustyki 2003, Szczyrk.
23. Rantala L, Määttä T, Vilkmann E. Measuring Voice under Teachers' Working Circumstances: F₀ and Perturbation Features in Maximally Sustained Phonation. Folia Phoniatri Logop 1997; 49: 281-291.
24. Jobson JD. Applied multivariate data analysis. Volume I: Regression and experimental design. Springer-Verlag, New York, 1991.
25. Domeracka-Kołodziej A, Maniecka-Aleksandrowicz B, Grzanka A. Jakość głosu u nauczycieli z chorobami zawodowymi narządu głosu. Otolaryngologia 2002; 1(2): 105-112.
26. Obrębowski A, Pruszewicz A, Sułkowski W i wsp. Propozycje racjonalnego postępowania w orzekaniu o chorobie zawodowej narządu głosu. Medycyna Pracy 2001; 52: 35-44.
27. Gelfer MP. Fundamental Frequency, Intensity, and Vowel Selection: Effects on Measures of Phonatory Stability. Journal of Speech and Hearing Research 1995; 38: 1189-1198.