

## PRACE ORYGINALNE

Ewa Niebudek-Bogusz

Marta Fiszer

Mariola Śliwińska-Kowalska

## OCENA PARAMETRÓW ANALIZY AKUSTYCZNEJ U NAUCZYCIELEK Z CHOROBYMI ZAWODOWYMI NARZĄDU GŁOSU\*

ASSESSMENT OF VOICE ACOUSTIC PARAMETERS IN FEMALE TEACHERS WITH DIAGNOSED OCCUPATIONAL VOICE DISORDERS

Z Centrum Profilaktyki i Leczenia Zaburzeń Głosu i Słuchu  
Instytutu Medycyny Pracy im. prof. dra med. J. Nofera w Łodzi

## STRESZCZENIE

**Wstęp.** Powszechnie stosowaną metodą oceny zaburzeń głosu jest badanie laryngowideostroboskopowe krtani. Jednakże dla celów oceny skuteczności programów profilaktycznych i terapeutycznych, a także obiektywizacji postępowania orzeczniczego w chorobach zawodowych narządu głosu, istotne jest wprowadzanie ilościowych metod oceny narządu głosu takich, jak analiza akustyczna. Celem pracy była ocena parametrów analizy akustycznej u nauczycielek z zawodowymi chorobami narządu głosu. **Materiał i metody.** Używając programu IRIS dla Foniatrii, porównano parametry akustyczne głosu 66 nauczycielek: 35 – z rozpoznanymi, w oparciu o badania wideostroboskopowe, chorobami zawodowymi głosu i 31 – z dysfoniami czynnościowym. **Wyniki.** U nauczycielek z chorobą zawodową narządu głosu zaobserwowano niższą częstotliwość głosu  $F_0$ : 193 Hz w porównaniu z grupą ze zmianami czynnościowym krtani  $F_0$ : 209 Hz oraz wartością normatywną  $F_0$ : 236 Hz. Jednak pozostałe parametry akustyczne w obu grupach nie różniły się istotnie statystycznie. **Wnioski.** Analiza akustyczna głosu, stosowana odrębnie bez próby obciążeniowej, nie może być testem weryfikującym rozpoznanie chorób zawodowych narządu głosu. Med. Pr., 2005;56(6):431–438

Słowa kluczowe: choroby zawodowe narządu głosu, analiza akustyczna głosu

## ABSTRACT

**Background:** Laryngovideostroboscopy is the method most frequently used in the assessment of voice disorders. However, the employment of quantitative methods, such as voice acoustic analysis, is essential for evaluating the effectiveness of prophylactic and therapeutic activities as well as for objective medical certification of larynx pathologies. The aim of this study was to examine voice acoustic parameters in female teachers with occupational voice diseases. **Materials and Methods:** Acoustic analysis (IRIS software) was performed in 66 female teachers, including 35 teachers with occupational voice diseases and 31 with functional dysphonia. **Results:** The teachers with occupational voice diseases presented the lower average fundamental frequency (193 Hz) compared to the group with functional dysphonia (209 Hz) and to the normative value (236 Hz), whereas other acoustic parameters did not differ significantly in both groups. **Conclusions:** Voice acoustic analysis, when applied separately from vocal loading, cannot be used as a testing method to verify the diagnosis of occupational voice disorders. Med Pr 2005;56(6):431–438

Key words: occupational voice diseases, acoustic analysis

Adres autorów: św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: ebogusz@imp.lodz.pl

Nadesłano: 6.10.2005

Zatwierdzono: 31.10.2005

© 2005, Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. J. Nofera w Łodzi

## WSTĘP

Od 1996 r. choroby zawodowe narządu głosu stanowią największy odsetek wszystkich corocznie rozpoznawanych chorób zawodowych w Polsce. W 2004 r. rozpoznano 881 nowych przypadków tych chorób (23,2%

ogółu zdiagnozowanych chorób zawodowych), co świadczy o złej sytuacji zdrowotnej osób zawodowo posługujących się głosem (1). Dlatego też, coraz szerszym zainteresowaniem cieszą się programy profilaktyczne, obejmujące naukę prawidłowej emisji głosu. W związku z tym od 1999 r. Instytut Medycyny Pracy zainicjował realizację programu prozdrowotnego dotyczącego zapobiegania chorobom narządu głosu

\* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 18.3 pt. „Opracowanie norm dla wybranych parametrów analizy akustycznej głosu w diagnostyce chorób zawodowych narządu głosu”. Kierownik tematu: prof. dr hab. M. Śliwińska-Kowalska.



u nauczycieli, finansowanego przez Ministra Zdrowia, obejmującego szkolenie nauczycieli w zakresie technik oddechowych, fonacyjnych i artykulacyjnych poprawiających emisję głosu, szkolenia lekarzy w zakresie działań profilaktycznych u nauczycieli oraz ocenę skuteczności tych działań za pomocą obiektywnych metod diagnostycznych (2).

Podstawową metodą oceny narządu głosu jest badanie wideostroboskopowe. Metoda ta pozwala na wykrycie subtelnych zmian organicznych oraz jakościową ocenę zmian czynnościowych. Do oceny skuteczności podjętych działań profilaktycznych, a także do celów orzeczniczych niezbędne jest natomiast opracowanie ilościowych parametrów oceny głosu. Taką metodą, budzącą coraz większe nadzieje na wykorzystanie w klinice, jest analiza akustyczna.

Obiektywne metody akustyczne badania głosu zostały szeroko opisane przez Schultz-Coulona i Klingholza (cyt. za 3). Zwrócili oni uwagę na przydatność obiektywnych analiz głosu w diagnostyce klinicznej, a w szczególności analizy spektrograficznej, sonograficznej i analizy czasowej sygnału mowy. Wprowadzenie techniki komputerowej analizy oraz oceny statystycznej umożliwiło gwałtowny rozwój prac dotyczących oceny parametrów akustycznych głosu normalnego i zmienionego patologicznie (4–8). Szczególną rolę odgrywają badania umożliwiające, na podstawie analizy akustycznej głosu (tonu krtaniowego), różnicowanie zmian czynnościowych i organicznych w krtani (3,9–12) oraz ocenę skuteczności rehabilitacji głosowej w dysfoniach o różnym podłożu, w tym także zawodowym (13–15).

W 1995 r. Wolfe i wsp. podjęli próbę zastosowania wybranych parametrów analizy głosu w ocenie ich przydatności przy orzekaniu w chorobach zawodowych związanych z nadmiernym wysiłkiem głosowym. Autorzy doszli do wniosku, że najbardziej przydatnym parametrem akustycznym głosu jest jitter (wskaźnik oceny względnej zmienności częstotliwości podstawowej) (16). W ocenie i różnicowaniu zaburzeń czynnościowych i organicznych przydatnymi parametrami są także: shimmer (parametr oceniający modulację amplitudy), NHR (Noise-to-Harmonic Ratio) – określający stosunek szumu do sygnału (17) oraz stabilność średniej częstotliwości podstawowej (Fo) (18,19).

Istnieje wiele systemów umożliwiających analizę akustyczną głosu. Jednym z najbardziej znanych jest zestaw firmy KAY Elemetrics z oprogramowaniem MDVP (Multi Dimensional Voice Program). Jego przy-

datność do diagnostyki zmian organicznych i czynnościowych głosu została opisana przez Świdzińskiego w 1998 r. (3). Jednak metoda ta nie jest powszechna ze względu na wysoki koszt urządzenia. Stąd też duże zainteresowanie w ośrodkach foniatrycznych i medycyny pracy wzbudził nowy program analizy akustycznej głosu IRIS dla Foniatrii, bazujący na komputerze PC z zainstalowaną kartą muzyczną, a dostępność jego na rynku polskim jest większa niż MDVP, przede wszystkim ze względu na niższy koszt i niewielkie wymagania sprzętowe (20). Niestety nie znalazł on jeszcze szerokiego zastosowania klinicznego.

W Centrum Profilaktyki i Leczenia Zaburzeń Głosu i Słuchu Instytutu Medycyny Pracy w ramach realizacji tematu badawczego IMP 18.3/2003 pt. „Opracowanie norm dla wybranych parametrów analizy akustycznej głosu” opracowano normy dla Programu IRIS w oparciu o analizę akustyczną głosów prawidłowych kobiet w przedziale wieku 23–60 lat (21). Dzięki temu istnieje możliwość wykorzystania analizy akustycznej dokonywanej za pomocą programu IRIS do oceny kompleksowej narządu głosu oraz diagnozowania schorzeń krtani.

Celem pracy była ocena wartości analizy akustycznej głosu z zastosowaniem programu Iris dla Foniatrii w diagnostyce zawodowych chorób narządu głosu. Opracowanie ilościowych metod oceny narządu głosu jest istotne w obiektywnym postępowaniu orzecznictwem w dysfoniach zawodowych, a także w monitorowaniu standardowych działań profilaktycznych i terapeutycznych.

## MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 66 nauczycielek, ubiegających się o uznanie choroby zawodowej narządu głosu, konsultowane w Centrum Profilaktyki i Leczenia Zaburzeń Głosu i Słuchu Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi. Badane nauczycielki były w wieku od 40 do 64 lat (średnia 53,5); ich staż zawodowy wahał się od 20 do 41 lat pracy (średnio 31 lat). Na podstawie badań wykonanych wg metody obecnie obowiązującej w orzecznictwie (badanie laryngologiczne, foniatryczne z laryngowideostroboskopią, badanie lekarza medycyny pracy) w 35 przypadkach (grupa I) rozpoznano choroby krtani, wymienione w ustawie o chorobach zawodowych (22). Natomiast 31 nauczycielek, u których stwierdzono dysfonię (zaburzenia głosu) czynnościowe zakwalifikowano do grupy kontrolnej – grupa II (tab. 1).



**Tabela 1.** Rozkład wieku i stażu pracy w grupach badanych nauczycielek**Table 1.** Distribution of age and duration of employment in groups I and II of female teachers

| Grupa<br>Group | Liczba<br>Number | Wiek<br>lata<br>Age<br>years           | Staż pracy<br>lata<br>Duration<br>of employment<br>years |
|----------------|------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| I              | 35               | 53,4 ( $\pm 6,5$ )<br>min. 40; max. 64 | 31,6 ( $\pm 6,2$ )<br>min. 20; max. 41                   |
| II             | 31               | 53,5 ( $\pm 6,4$ )<br>min. 41; max. 64 | 30,3 ( $\pm 6,3$ )<br>min. 21; max. 41                   |

Grupa I – nauczycielki z rozpoznaną chorobą zawodową;

Group I – female teachers with occupational voice pathologies;

Grupa II – nauczycieli z dysfoniami czynnościowymi.

Group II – female teachers with functional dysphonia.

**Badanie laryngologiczno-foniatryczne**

U wszystkich osób przeprowadzono szczegółowy wywiad dotyczący czasu trwania, rodzaju i charakteru wysiłku głosowego, dolegliwości ze strony narządu głosu, szczególnie związanych z długotrwałą emisją głosu, ewentualnych chorób współistniejących, nawyków (palenie tytoniu) oraz narażeń na czynniki środowiskowe. Następnie każda nauczycielka była poddawana rutynowemu badaniu laryngologicznemu. W badaniu foniatrycznym oceniano charakter głosu, sposób jego tworzenia, uczynnianie rezonatorów, artykulację, ustawienie głosowe oraz tor oddychania.

**Badanie wideolaryngostroboskopowe**

Laryngostroboskopię krtani wykonywano za pomocą wideostroboskopu lupowego Wolf-5052 ze sztywną optyką. Oglądano w powiększeniu obraz ruchomy krtani na monitorze, również w świetle stroboskopowym, umożliwiającym dokładną ocenę ruchów fonacyjnych fałdów głosowych oraz nawet niewielkich zmian organicznych. Przy użyciu kamery typu CCD obraz ten rejestrowano na nośniku wideo na taśmie VHS. Badanie wykonywano, gdy była taka potrzeba (silne odruchy gardłowe) w znieczuleniu miejscowym gardła 10% roztworem Lidokainy. Jako pierwszy oceniano powiększony obraz fałdów głosowych, a następnie w badaniu stroboskopowym następujące parametry charakteryzujące drgania fałdów głosowych:

## 1. Symetrię i regularność drgań:

- symetryczne i regularne,
- niejednakowe i nieregularne,

## 2. Amplitudę drgań:

- prawidłowa,
- nieprawidłowa (zwiększona lub zmniejszona),

## 3. Przesunięcie brzeżne (mucosal wave – falę słukową):

- zachowane – prawidłowe,
- ograniczone/brak,

## 4. Zwarcie fonacyjne:

- prawidłowe,
- nieprawidłowe.

Analizując kształt zwarenia głośni podczas fonacji przyjęto za badaczami skandynawskim i amerykańskimi (23,24) niedomykalność w 1/3 tylnej głośni, jako nieodbiegającą od normy u kobiet. Badając głosy eufoniczne (prawidłowe) u kobiet stwierdzili oni, że tego typu konfiguracja fonacyjna głośni dość często występuje w populacji żeńskiej i nie ma wpływu na jakość głosu.

Do oceny każdego parametru wideostroboskopowego użyto skali binarnej: 0 – prawidłowy, 1 – nieprawidłowy.

**Analiza akustyczna głosu**

Nagranie głosu do analizy odbywało się w wyciszonym pomieszczeniu o przeciętnym poziomie hałasu 30 dB. Nagrań dokonywano za pomocą programu do analizy akustycznej głosu IRIS oraz mikrofonu pojemnościowego w zestawie z komputerem wyposażonym w kartę dźwiękową AVACS SOUNDMAN CMI 878 SX. Badania przeprowadzono nagrywając trzykrotnie samogłoskę „a” w trakcie przedłużonej fonacji oraz zdanie: „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.

Do oceny narządu głosu z programu IRIS dla Foniatryi wybrano 3 moduły:

1. Parametry akustyczne,
2. Pole głosowe samogłoski „a”,
3. Pole głosowe wyżej wymienionego zdania.

**Parametry akustyczne**

W czasie analizy krótkoterminowej oceniano 17 następujących parametrów akustycznych głosu (ryc. 1):

Fo śr – średnia częstotliwość podstawowa,

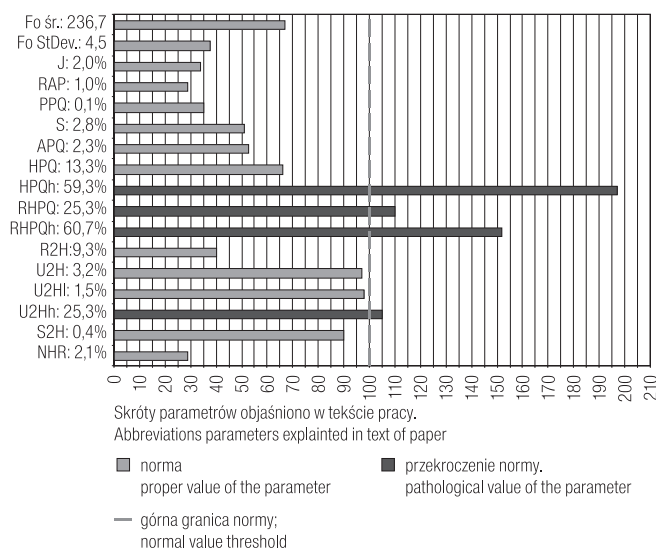
Postdev – odchylenie standardowe średniej częstotliwości podstawowej.

Parametry oceniające względną zmianę częstotliwości:

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

RAP – (Relative Average Perturbation) – względna zmiana Fo ze współczynnikiem wygładzania 3 okresów,





**Ryc. 1.** Parametry analizy akustycznej (IRIS) głoski „a”. Opis parametrów w tekście (więcej niż 3 nieprawidłowe parametry – głos dysfoniczny).

**Fig. 1.** Acoustic parameters (IRIS) of vowel “a”. Description of parameters in text (more than 3 abnormal parameters indicate dysphonic voice).

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),

RHPQ (Residual Harmonic Perturbation Quotient),

RHPQh (Residual Harmonic Perturbation Quotient high).

Parametry te określają zaburzenia struktury harmonicznej głosu (zniekształcenia formantów); wyznaczają różnice składowych harmonicznych pomiędzy poszczególnymi okresami. HPQh i RHPQh uczulone zostały na ww. zmiany w zakresie wyższych częstotliwości ( $f > 1200$  Hz).

R2H (Residual to Harmonic) – stosunek składowych harmonicznych sygnału do residuum (sygnału generowanego przez fałdy głosowe), określa bogactwo struktury formantowej (harmonicznej) i natężenie formantów,

U2H (Unharmonic to Harmonic) – określa stosunek składowych harmonicznych do nieharmonicznych (szumów i zniekształceń) dla całego widma analizowanej próbki głosu,

U2Hl (low) – jw. dla dolnej części widma (do 4000 Hz),

U2Hh (high) – jw. dla górnej części widma (powyżej 4000 Hz) (zakłócenia związane z przepływem powietrza przez głosnię),

S2H (Subharmonic to harmonic) – podaje zawartość drugiej subharmonicznej ( $0,5 F_0$ ) w analizowanym sygnale.

Parametry względnych pomiarów szumu i zakłóceń:

NHR (Noise to Harmonic Rate) – określa stosunek części nieharmonicznej (hałasu) w zakresie powyżej 1500 Hz. do części harmonicznej poniżej 1500 Hz, mówi o zawartości szumu w sygnale głosu.

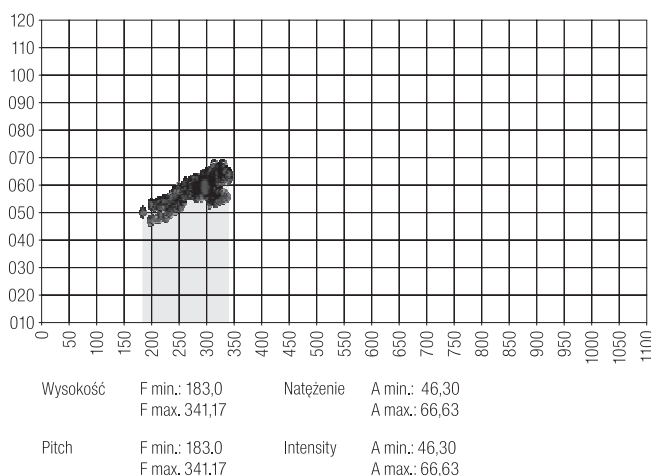
### Badanie pola głosowego głoski i zdania

Oprócz określania parametrów akustycznych dla każdej nagranej próbki głosu, zarówno głoski, jak i zdania, określano pole głosowe, będące mapą średniego natężenia głosu w funkcji częstotliwości dla każdego okresu podstawowego. Wielkość i kształt obszaru zawierającego wszystkie punkty wykresu oraz pole powierzchni między punktami skrajnymi niosą informacje zależne od typu badanej próbki głosu. Oprócz oceny zależności wysokości głosu od jego natężenia istnieje możliwość badania dynamiki głosu. Dla nagrania jednostajnie wymawianej głoski „a” wielkość obszaru zawierającego punkty określa stopień kontroli badanej osoby nad głosem oraz stopień zmęczenia, powodujący trudności w utrzymywaniu stałej wysokości i natężenia głosu – im większe pole głosowe, tym stopień kontroli mniejszy (ryc. 2). Dla wypowiedzianego zdania wielkość pola głosowego określa dynamikę głosu konwersacyjnego. Należy przy tym podkreślić, że bardziej przydatne do oceny dynamiki głosu byłoby pole głosowe w postaci fonetogramu, oceniającego pełen zakres natężenia i wysokości ( $F_0$ ), ale jak z praktyki wiadomo, jest to niemożliwe do zastosowania w postępowaniu orzecznictwym ze względu na symulowanie i agramację objawów przez pacjentów.

Do wieloparametrycznej, komputerowej analizy akustycznej wybierano najlepszą próbkę nagranej głoski „a”, biorąc pod uwagę ilość (jak największą) parametrów akustycznych, mieszczących się w normie – wg Świdzińskiego (3) – w głosach prawidłowych odchylenia od normy mogą wykazywać najwyżej 3 parametry oraz prawidłową stabilność fonacji (pole wewnętrzne







**Ryc. 2.** Pole głosowe głoski „a” w przedłużonej jednostajnej fonacji (duże pole jak na rycinie świadczy o niestabilności głosu).  
**Fig. 2.** Pich-Intensity Contour of sustained vowel “a” (large surface indicates instability of voice).

głoski jak najmniejsze). Natomiast próbka zawierająca nagrane zdanie, zakwalifikowana jako najlepsza do dalszej analizy, powinna cechować się największym polem głosowym, czyli największą dynamiką.

### Analiza statystyczna

Do analizy zebranych danych zastosowano następujące metody statystyczne:

- test chi-kwadrat niezależności albo test dokładny Fishera dla porównywania częstości albo rozkładów częstości kategorii zmiennych dyskretnych (np. liczba objawów nieprawidłowych, liczba zmian wartości parametrów, wartości powyżej i poniżej normy, itp.),
- test t-Studenta dla porównywania średnich w dwóch grupach (25).

### WYNIKI

Na podstawie analizy statystycznej uzyskanych wyników badań nie wykazano istotnych statystycznie różnic pod względem wieku i stażu pracy między grupą nauczycielek z rozpoznaną chorobą zawodową narządu głosu (grupą I) a grupą kontrolną nauczycielek z dysfoniami czynnościowymi (grupa II) (tab. 1).

Analiza rozpoznań wykazała, że w grupie I ze stwierdzoną chorobą zawodową narządu głosu, najczęstszym rozpoznaniem były niedowłady mięśni głosowych, powodujące trwałą niedomykalność głośni – 54%. Guzki głosowe twarde oraz wtórne zmiany przerostowe na fałdach głosowych występowały w tej grupie jednakowo często – po 23%. W grupie II dysfonie (zaburzenia głosu) miały przeważnie charakter

czynnościowy: najczęściej stwierdzano dysfonię hiperfunkcjonalną – 61% (tab. 2). Natomiast ciekawie prezentował się rozkład wieku w grupie I w zależności od rozpoznań. Najwcześniej decydowały się na ubieganie się o chorobę zawodową narządu głosu nauczycielki z guzkami śpiewaczymi – średni wiek – 48 lat, najpóźniej z wtórnymi zmianami przerostowymi – średni wiek – 58 lat.

Porównując wyniki badania wideostroboskopowego w obu grupach zauważono różnice istotne statystycznie. Oceniając parametry wideostroboskopowe ujawniono, że grupę nauczycielek z uznaną chorobą zawodową głosu istotnie częściej charakteryzowała nieprawidłowa amplituda drgań fałdów głosowych ( $p = 0,04$ ), ograniczone przesunięcie brzeżne ( $p = 0,03$ ) oraz niepełne zwarcie fonacyjne głośni ( $p = 0,02$ ) (tab. 3). Analizując kształt zwania fonacyjnego głośni w grupie I stwierdzono, że najczęściej była to owalna niedomykalność głośni w części międzybłoniastej, charakterystyczna dla niedowładów mięśni napinających i zwierających fałdy głosowe, rzadziej zwarcie fonacyjne w kształcie klepsydry, charakterystyczne dla guzków głosowych. W grupie dysfonii czynnościowych odsetek niedomykalności głośni był dużo niższy (44%), zauważono też dużą rozbieżność w tej kwestii z rozpoznaniem wstępnymi, z jakimi nauczycielki były kierowane na konsultacje.

Oceniając głos nauczycielek w analizie akustycznej zaobserwowano w grupie I (z chorobami zawodowymi narządu głosu) niższą wysokość głosu, czyli częstotliwość podstawową  $F_0$  średnie ( $F_0$  śr): 192 Hz w porów-

**Tabela 2.** Rozkład rozpoznań w obu grupach nauczycielek  
**Table 2.** Distribution of the female teachers by diagnostic categories

| Diagnoza<br>Diagnosis                                                                                     | Grupa I<br>Group I<br>% | Grupa II<br>Group II<br>% |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Niedowład fałdów głosowych<br>„Weakness” of internal larynx muscles contributing to glottal insufficiency | 54                      | 0                         |
| Guzki głosowe twarde<br>Hard vocal nodules                                                                | 23                      | 0                         |
| Wtórne zmiany przerostowe fałdów głosowych<br>Hypertrophy of vocal folds                                  | 23                      | 0                         |
| Dysfonia hiperfunkcjonalna<br>Muscle tension dysphonia                                                    | 0                       | 61                        |
| Niewielkie zmiany czynnościowe głośni<br>Slight vocal fold function abnormalities                         | 0                       | 19                        |
| Guzki głosowe miękkie<br>Soft (reversible) vocal nodules                                                  | 0                       | 13                        |
| Zmiany obrzękowe fałdów głosowych<br>Submucosal swelling vocal folds                                      | 0                       | 7                         |

naniu z grupą II ze zmianami czynnościowymi  $Fo$   $\bar{x}$  207 Hz (tab. 4). Jakkolwiek w obu grupach była ona obniżona w stosunku do normy charakterystycznej dla wieku i płci: 236 Hz – badania własne (21). W grupie I nauczycielek z chorobami zawodowymi narządu gło-

**Tabela 3.** Odsetek nieprawidłowych parametrów w badaniu wideostroboskopowym

**Table 3.** Percent of pathological parameters in the videostroboscopic examination

| Parametry wideostroboskopowe<br>Videostroboscopic parameters                  | Grupa I<br>Group I<br>% | Grupa II<br>Group II<br>% | p     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------|
| Nieregularność drgań fałdów głosowych<br>Irregularity of vocal fold vibration | 80,0                    | 72,4                      | 0,57  |
| Nieprawidłowa amplituda drgań<br>Incorrect amplitude of vocal fold vibration  | 90,3                    | 71,4                      | 0,05* |
| Nieprawidłowe zwanie fonacyjne<br>Incomplete glottal closure                  | 96,8                    | 44,3                      | 0,02* |
| Ograniczone przesunięcie brzeżne<br>Reduced mucosal wave                      | 71,4                    | 45,2                      | 0,03* |

p – poziom istotności;  
significance level; \* p < 0,05.

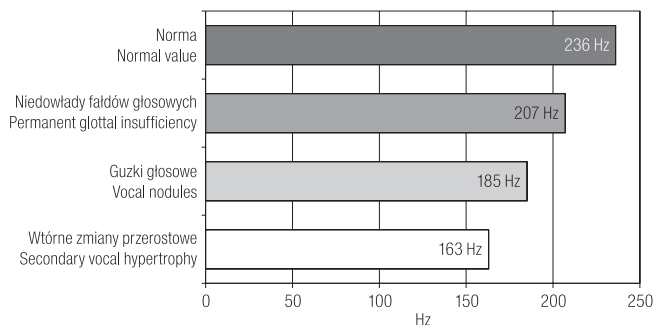
**Tabela 4.** Wartości parametrów akustycznych w obydwu grupach nauczycielek

**Table 4.** Mean values of acoustic parameters in groups I and II of female teachers

| Parametry akustyczne<br>Acoustic parameters                                                          | Grupa I<br>Group I          | Grupa II<br>Group II        | P    | Norma<br>Normal<br>value |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------|--------------------------|
| Liczba nieprawidłowych parametrów akustycznych (n)<br>Number of pathological acoustic parameters (n) | 4,30<br>( $\pm 4,10$ )      | 3,20<br>( $\pm 2,80$ )      | 0,24 | 3                        |
| $Fo$ $\bar{x}$ (Hz)                                                                                  | 192,70<br>( $\pm 40,40$ )   | 208,90<br>( $\pm 29,30$ )   | 0,08 | 236                      |
| Jitter (%)                                                                                           | 0,32<br>( $\pm 0,16$ )      | 0,29<br>( $\pm 0,10$ )      | 0,38 | >0,5                     |
| Shimmer (%)                                                                                          | 4,34<br>( $\pm 1,80$ )      | 3,93<br>( $\pm 1,20$ )      | 0,32 | >2,6                     |
| NHR (%)                                                                                              | 3,45<br>( $\pm 1,23$ )      | 2,82<br>( $\pm 1,54$ )      | 0,07 | >3,4                     |
| Pole głosowe<br>Pitch-Intensity Contour                                                              |                             |                             |      |                          |
| głoska (jednostki)<br>Vowel (units)                                                                  | 106,20<br>( $\pm 125,10$ )  | 88,5<br>( $\pm 42,20$ )     | 0,45 | >53                      |
| zdanie (jednostki)<br>Sentence (units)                                                               | 874,90<br>( $\pm 1035,60$ ) | 940,10<br>( $\pm 2328,70$ ) | 0,06 | <798                     |

$Fo$   $\bar{x}$  – średnia częstotliwość podstawowa;  
basic mean frequency;

NHR – stosunek szumu do sygnału.  
Noise-to-Harmonic ratio.



**Ryc. 3.** Częstotliwość podstawowa  $Fo$  w zależności od rozpoznania.

**Fig. 3.** Fundamental voice frequency  $Fo$  – distribution by diagnostic categories.

su najniższą wartością  $Fo$   $\bar{x}$  – 163 Hz, charakteryzowały się osoby z wtórnymi zmianami przerostowymi, nieco wyższą, ale znacznie odbiegającą od normy, osoby z twardymi guzkami śpiewaczymi – 185 Hz (ryc. 3).

Natomiast porównując inne parametry analizy akustycznej w badaniu wstępnym w obu grupach nie zauważono różnic znamienych statystycznie, chociaż wartości niektórych parametrów, szczególnie shimmera, wskaźnika modulacji amplitudy oraz NHR, wskazującego na stopień szumu w głosie odbiegały od normy (tab. 4).

## OMÓWIENIE

W ostatnich latach coraz większe zainteresowanie zyskuje możliwość klinicznego wykorzystania badania głosu za pomocą analizy akustycznej. Wielu autorów uważa, że analiza akustyczna powinna wchodzić w skład kompleksowego badania narządu głosu obok oceny percepcyjnej i wideostroboskopowej (15,17,26). Szczególnym zainteresowaniem metoda ta, jako obiektywna, cieszy się w klinice chorób zawodowych narządu głosu, przy diagnozowaniu, ocenie skuteczności działań profilaktycznych i terapeutycznych, a także procedurach orzecznich. Obrębski i wsp., przedstawiając propozycje racjonalnego postępowania w orzekaniu o chorobie zawodowej narządu głosu, podkreślają, że w miarę możliwości, analiza akustyczna głosu jako metoda obiektywna powinna być uwzględniana w badaniach orzecznich (27).

W badaniach własnych porównano wyniki analizy akustycznej głosów nauczycielek ze zmianami patologicznymi narządu głosu, uznawanymi w Polsce jako choroby zawodowe (tzn. z guzkami śpiewaczymi, wtórnymi zmianami przerostowymi oraz niedowładami fałdów głosowych) z grupą nauczycielek z dys-



foniami czynnościowymi. Obie grupy cechowały się podobnym wiekiem i podobnym stażem pracy. Dość ciekawe obserwacje wynikały z analizy rozkładu wieku w zależności od rozpoznania. Najwcześniej decydowały się na rozpoczęcie procesu ubiegania się o chorobę zawodową nauczycielki z guzkami głosowymi. Ten fakt można wytłumaczyć przeważnie długim okresem trwania tzw. choroby guzkowej (28). Guzki głosowe w wieku okołoemerytalnym są często efektem niepowodzeń wcześniejszego leczenia zachowawczego lub operacyjnego, a długoterminowa niewydolność głosowa u nauczycielek z tym schorzeniem skłania je do wcześniejszego odejścia na emeryturę, co często łączy z wystąpieniem o chorobę zawodową.

Punktem odniesienia w analizie porównawczej parametrów akustycznych było badanie laryngowideostroboskopowe, które uznawane jest powszechnie za złoty standard w diagnostyce schorzeń narządu głosu. Analizując wyniki badania wideostroboskopowego stwierdzono, że w grupie nauczycielek z chorobą zawodową głosu większość parametrów była statystycznie częściej nieprawidłowa niż w grupie z dysfoniami czynnościowymi. Rezultaty tej analizy, a także możliwości wielokrotnej obserwacji w powiększeniu, subtelnych zmian organicznych (np. guzków głosowych, wtórnych zmian przerostowych) potwierdziły nadrzędność tej metody (spośród innych stosowanych) w diagnozowaniu chorób narządu głosu, w tym również o podłożu zawodowym. Ponadto, oceniając na podstawie zapisu badania wideostroboskopowego stopień zwarcia fonacyjnego, zaobserwowano, że w grupie nauczycielek z dysfoniami czynnościowymi dużo rzadziej był on nieprawidłowy niż, jak to wynikało ze wstępnych rozpoznań, w wyniku których pacjentki były kierowane na konsultacje. Przyczyną tych rozbieżności jest prawdopodobnie fakt, że u części tych osób niedomykalność 1/3 głośni, powszechnie traktowaną jako normę u kobiet (patrz wyżej), uznawano w badaniu wstępnym jako patologię narządu głosu. Analogiczne obserwacje przytacza Obrębowski w swoich propozycjach racjonalnego postępowania w orzekaniu o chorobach zawodowych narządu głosu, podkreślając, że konfiguracja fonacyjna głośni wymaga krytycznej oceny (27).

Porównując rezultaty analizy akustycznej w grupie I – nauczycielek z chorobami zawodowymi narządu głosu – zaobserwowano niższą wysokość głosu  $F_0$  śr (193 Hz) w porównaniu z grupą II ze zmianami czynnościowymi (209 Hz) oraz wartością normatywną. (236 Hz). Jakkolwiek najniższa wysokość głosu – 163

Hz była obserwowana u osób z wtórnymi zmianami przerostowymi. Takie wyniki, opisywane również przez innych autorów (28,29), związane są prawdopodobnie ze zwiększoną masą fałdów głosowych, powodującą obniżenie częstotliwości drgań fonacyjnych.

Porównując inne parametry analizy akustycznej w obu grupach nie zauważono różnic znamiennych statystycznie. Podobne efekty uzyskał Świdziński w analizie akustycznej MDVP porównując jej wyniki w grupie osób ze zmianami czynnościowymi oraz ze zmianami organicznymi krtani. Zastosowanie próby obciążeniowej głosu pozwoliło mu na zróżnicowanie tych grup na podstawie analizy akustycznej. Ostatnio coraz częściej zwraca się uwagę na wpływ wysiłku głosowego na wydolność tzw. głosu zawodowego, szczególnie ocenianą w sposób obiektywny za pomocą parametrów akustycznych. Podkreślił to Vilkman na Światowym Kongresie Foniatorów w 2004 r., przedstawiając wyzwania jakie są stawiane przed medycyną pracy w aspekcie osób zawodowo narażonych na znaczny wysiłek głosowy. Przytoczył szereg badań laboratoryjnych przeprowadzanych w Finlandii, dotyczących wpływu obciążenia na parametry akustyczne głosów eufonicznych oraz głosów dysfonicznych. Podkreślił, że u osób posługujących się profesjonalnie głosem ważna jest nie tylko jego jakość, ale również efektywność i plastyczność (30).

Wychodząc naprzeciw tym wyzwaniom, poczynione wstępne badania w Centrum Profilaktyki i Leczenia Zaburzeń Głosu i Słuchu Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi, dotyczące wprowadzenia próby obciążeniowej w analizie akustycznej głosu, dają obiecujące wyniki w ocenie wydolności narządu głosu, co wiąże się z dokładniejszą diagnostyką chorób zawodowych głosu.

## WNIOSKI

Zastosowanie analizy akustycznej głosu, w grupie badanych nauczycielek ubiegających się o uznanie choroby zawodowej narządu głosu, jakkolwiek uzupełniło wyniki badania wideostroboskopowego, to jednak parametry analizy akustycznej nie różniły się istotnie pomiędzy grupą nauczycielek z trwałymi zmianami patologicznymi narządu głosu, zaliczanymi do chorób zawodowych głosu a grupą nauczycielek ze zmianami o charakterze fluktuacyjnym, jakim są dysfonie czynnościowe. Z tego powodu metoda ta, stosowana odrębnie bez przeprowadzenia próby obciążeniowej, nie może być weryfikującym testem w diagnozowaniu chorób zawodowych narządu głosu.



## PIŚMIENNICTWO

1. Szeszenia-Dąbrowska N., Wilczyńska U., Szymczak W., Peplowska B.: Choroby zawodowe w Polsce w 2004 r. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2005
2. Niebudek-Bogusz E., Fiszer M., Kotyło P., Ziatkowska E., Śliwińska-Kowalska M.: Zapobieganie chorobom narządu głosu u nauczycieli. *Otarynolaryngol.*, 2003;Supl.1:94
3. Świdziński P.: Przydatność analizy akustycznej w diagnostyce zaburzeń głosu [rozprawa habilitacyjna]. Akademia Medyczna, Poznań 1998
4. Titze I.R.: Acoustic interpretation of the voice range profile (phonetogram). *J. Speech Hear. Res.*, 1992;35:21–34
5. Holmberg E., Hillman R., Perkell J., Guio P., Goldman S.: Comparisons among aerodynamic, electroglottographic, and acoustic spectral measures of female voice. *J. Speech. Hear. Res.*, 1995;38:1213–1223
6. Świdziński P., Pruszewicz A., Obrębski A.: Akustyczne badania różnicowe w schorzeniach nowotworowych głośni. *Otolaryng. Pol.*, 1997;51, Supl. 28:137–141
7. Fröhlich M., Michaelis D., Strube H.w., Kruse E.: Acoustic voice analysis by means of the hoarseness diagram. *J. Speech. Hear. Res.*, 2000;43:706–720
8. Yu P., Ouaknine M., Revis J., Giovanni A.: Objective voice analysis for dysphonic patients: a multiparametric protocol including acoustic and aerodynamic measurements. *J. Voice*, 2001;15(4):529–542
9. Rantala L., Vilkman E.: Relationship between subjective voice complaints and acoustic parameters in female teachers' voices. *J. Voice*, 1999;13(4):484–495
10. Vinturi J., Alku P., Lauri E.R., Sala E., Sihvo M., Vilkman E.: The effects of post-loading rest on acoustic parameters with special reference to gender and ergonomic factors. *Folia Phoniatr. Logop.*, 2001;53(6):338–350
11. Morsomme D., Jamart J., Wéry C.: 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 Phoniatr. Logop.*, 2001;53:317–325
12. Pruszewicz A.: Metody badania narządu głosu. *Postępy Chirurgii Głowy Szyi*, 2002;2(2):3–25
13. Dejonckere P.H., Lebacqz J.: Plasticity of voice quality: a prognostic factor for outcome of voice therapy. *J. Voice*, 2001;15(2): 251–256
14. Duffy O.M., Hazlett D.E.: The impact of preventive voice care programs for training teachers: a longitudinal study. *J. Voice*, 2004;18(1):63–70
15. Speyer R., Wieneke G., Dejonckere P.: Documentation of progress in voice therapy: perceptual, acoustic, and laryngostroboscopic findings pretherapy and posttherapy. *J. Voice*, 2004;18(3):325–340
16. Wolfe V., Fitch J., Cornell R.: Acoustic prediction of severity in commonly occurring voice problems. *J. Speech. Hear. Res.*, 1995;8(2):273–279
17. Wiskirska-Woźnica B.: Kompleksowa ocena głosu w schorzeniach organicznych i czynnościowych krtani [rozprawa habilitacyjna]. Akademia Medyczna, Poznań 2002
18. Kotby M., Titze I., Saleh M., Berry A.: Fundamental frequency stability in functional dysphonia. *Acta Otolaryngol.*, 1993;113:439–444
19. Gelfer M.: Fundamental frequency, intensity, and vowel selection: effects on measures of phonatory stability. *J. Speech. Hear. Res.*, 1995;38:1189–1198
20. Świdziński P., Obrębski A., Pruszewicz A., Just M.: Nowe możliwości oceny dyskretnych zaburzeń głosu w analizie akustycznej. 50 Otwarte Seminarium z Akustyki; 22–27 września 2003; Szczyrk. Polskie Towarzystwo Akustyczne, Warszawa 2003
21. Niebudek-Bogusz E., Fiszer M., Kotyło P., Śliwińska-Kowalska M.: Nowa metoda analizy akustycznej głosu. *Otarynolaryngol.*, 2004;3(1):33–39
22. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 lipca 2002 r. w sprawie wykazu chorób zawodowych. *DzU* 2002, nr 132, poz. 1115
23. Linville S.E.: Glottal gap configurations in two age groups of women. *J. Speech. Hear. Res.*, 1992;35(6):1209–1215
24. Sodersten M., Hertegard S., Hammarberg B.: Glottal closure, transglottal airflow and voice quality in healthy middle-aged women. *J. Voice*, 1995;9(2):182–197
25. Fisher L.D., van Belle G.: Biostatistic. A methodology for the health sciences. John Wiley & Sons, Inc., New York 1993
26. Rubin J.S., Sataloff R.T., Korovin G.S.: Diagnosis and treatment of voice disorders. Thomson Delmar Learning, Clifton Park (New York) 2003
27. Obrębski A., Pruszewicz A., Sułkowski W., Wojnowski W., Sinkiewicz A.: Propozycje racjonalnego postępowania w orzekaniu o chorobie zawodowej narządu głosu. *Med. Pr.*, 2001;52:35–44.
28. Maniecka-Aleksandrowicz B., Domeracka-Kołodziej A.: Problemy diagnostyczne w rozpoznawaniu chorób zawodowych narządu głosu u nauczycieli. *Mag. Otorynolaryngol.*, 2004;9:26–30
29. Domeracka-Kołodziej A., Maniecka-Aleksandrowicz B., Grzanka A.: Jakość głosu u nauczycieli z chorobami zawodowymi narządu głosu. *Otarynolaryngol.*, 2002;1(2):105–112
30. Vilkman E.: Occupational safety and health aspects of voice and speech professions. *Folia Phoniatr. Logop.*, 2004;56(4):220–253

