

Przesłano do redakcji:
20.07.2025
Zaakceptowano po recenzji:
06.01.2026
Opublikowano:
03.03.2026

Model oceny krtani u pacjentów z chorobą Parkinsona

A model for laryngeal assessment in patients with Parkinson's disease

Paulina Krasnodębska^{1A-F} , Tatiana Lewicka^{2A-F} , Mirosław Czak^{3A-F} ,
Joanna Siuda^{2C-F} , Andrzej W. Mitas^{3CD} , Agata Szkiełkowska^{1C-E} 

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

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

² Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wydział Nauk Medycznych, Katedra i Klinika Neurologii, Katowice

³ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Informatyki Medycznej i Sztucznej Inteligencji, Gliwice

Streszczenie

Choroba Parkinsona (PD) to przewlekłe, postępujące schorzenie neurodegeneracyjne, które zajmuje drugie miejsce pod względem częstości występowania po chorobie Alzheimera. Dysfunkcja układu pozapiramidowego związana z niedoborem dopaminy powoduje spowolnienie i niezgrabność ruchów związaną z zaburzeniem zautomatyzowanych wcześniej czynności. Charakteryzuje się objawami ruchowymi (drżenie spoczynkowe, bradykinezja, sztywność mięśni, zaburzenia postawy), w tym zaburzeniami mowy i głosu oraz pozaruchowymi (zaburzenia funkcji poznawczych czy autonomicznych). Zaburzenia fonacyjne, w tym hipofonia, monotonia, szorstkość głosu i skrócenie maksymalnego czasu fonacji, mogą pojawiać się we wczesnych stadiach choroby, co czyni je potencjalnym biomarkerem. Przegląd literatury obejmujący bazy danych PubMed i Google Scholar wykazał potencjał metod oceny głosu w diagnostyce i monitorowaniu PD. Grupa cech w biomarkerze głosowym, takich jak F0, *jitter*, *shimmer* i HNR, a także ocena percepcyjna (GRBAS), endoskopowa i aerodynamiczna, stanowią podstawę kompleksowej oceny funkcji fonacyjnej krtani. Badania wykazują, że pacjenci z PD i objawami zamrożenia chodu (FoG) prezentują istotnie większe zaburzenia głosu niż osoby bez FoG. Autorski model oceny głosu integruje ocenę percepcyjną, akustyczną, endoskopową, aerodynamiczną, elektromiograficzną oraz samoocenę. Podkreśla się, że głos może być cennym biomarkerem w diagnostyce PD, wspomagającym wykrywanie choroby we wczesnych stadiach oraz monitorowanie jej progresji. Wymagana jest dalsza standaryzacja metod i próbek głosu oraz walidacja w dużych badaniach klinicznych.

Słowa kluczowe: biomarker • głos • choroba Parkinsona • analiza akustyczna • profil behawioralno-fizjologiczny • *freezing of gait* • FoG

Abstract

Parkinson's disease (PD) is a chronic, progressive neurodegenerative disorder, ranking second in prevalence after Alzheimer's disease. Dysfunction of the extrapyramidal system, associated with dopamine deficiency, leads to slowness and clumsiness of movement due to impaired automatized motor tasks. It is characterized by motor symptoms (resting tremor, bradykinesia, muscle rigidity, postural instability), including speech and voice disorders, as well as non-motor symptoms (such as cognitive impairment and autonomic dysfunctions). Phonatory disturbances—including hypophonia, monotony, hoarseness, and reduced maximum phonation time—may appear in the early stages of the disease, making them potential biomarkers. A literature review of PubMed and Google Scholar databases revealed the potential of voice assessment methods in the diagnosis and monitoring of PD. A group of features in a voice biomarker, such as F0, jitter, shimmer, and HNR, along with perceptual (GRBAS), endoscopic, and aerodynamic evaluations, form the basis of a comprehensive assessment of laryngeal phonatory function. Studies show that PD patients with freezing of gait (FoG) exhibit significantly more severe voice disorders than those without FoG. The proposed voice assessment model integrates perceptual, acoustic, endoscopic, aerodynamic, electromyographic, and self-assessment measures. Voice is suggested as a valuable biomarker for

Autor korespondencyjny: Paulina Krasnodębska, Klinika Audiologii i Foniatrii, Światowe Centrum Słuchu, Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, ul. Mochnackiego 10, 02-042 Warszawa;
email: p.krasnodębska@ifps.org.pl

PD diagnosis, aiding in early disease detection and progression monitoring. Further standardization of methods and voice sample protocols, as well as validation in large clinical studies, is required.

Keywords: biomarker • voice • Parkinson disease • acoustic analysis • behavioral-physiological profile • freezing of gait • FoG

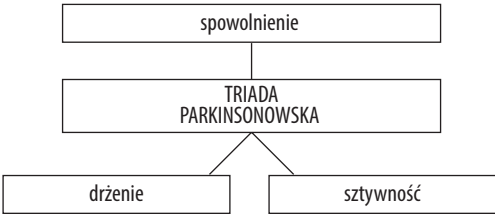
Skrót	Rozwinięcie skrótu	Odpowiednik w języku polskim
CPP	<i>cepstral peak prominence</i>	wyrazistość piku cepstralnego
EAT-10	<i>Eating Assessment Tool-10</i>	–
ELS	European Laryngological Society	Europejskie Towarzystwo Laryngologiczne
EMG	electromyography	elektromiografia
F0 SD	standard deviation of fundamental frequency	odchylenie standardowe częstotliwości podstawowej
FoG	freezing of gait	zamrożenia chodu
FEES	fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing	Fiberoskopowa ocena połykania
GNE	<i>glottal-to-noise excitation ratio</i>	–
GRBAS	grade, roughness, breathiness, asthenia, strain	skala GRBAS
HNR	<i>harmonics-to-noise ratio</i>	–
Hz	hertz	herc
LCQA	<i>Low Complexity Quality Assessment</i>	–
MDS	Movement Disorder Society	–
MPT	maximum phonation time	maksymalny czas fonacji
PD	Parkinson's disease	choroba Parkinsona
RDP	Robertson Dysarthria Profile	<i>Profil dyzartrii wg Robertson</i>
SDQ	<i>Swallowing Disturbance Questionnaire</i>	kwestionariusz SDQ
SDS	<i>Swallowing Disorder Scale</i>	<i>Skala zaburzeń połykania</i>
sEMG	surface electromyography	elektromiografia powierzchniowa
UEP	Union of the European Phoniaticians	Unia Europejskich Foniatrów
UPDRS III	<i>Unified Parkinson's Disease Rating Scale, part III</i>	–
VAI	<i>Vowel Articulation Index</i>	wskaźnik artykulacji samogłosek
VHI	<i>Voice Handicap Index</i>	kwestionariusz VHI
VRQoL	<i>Voice Related Quality of Life</i>	kwestionariusz VROoL
VSA	<i>vowel space area</i>	pole przestrzeni samogłosek

Wprowadzenie

Choroba Parkinsona (ang. Parkinson's disease, PD) jest przewlekłym, postępującym schorzeniem neurodegeneracyjnym, które zajmuje drugie miejsce na świecie pod względem częstości występowania po chorobie Alzheimera [1]. Dysfunkcja układu pozapiramidowego wynikająca z niedoboru dopaminy prowadzi do spowolnienia oraz niezgrabności ruchów, co wiąże się z zaburzeniem wcześniej zautomatyzowanych czynności. PD charakteryzuje się zarówno objawami ruchowymi (takimi jak: drżenie spoczynkowe, bradykinezja, sztywność mięśni oraz zaburzenia postawy), w tym również zaburzeniami mowy i głosu, jak i objawami pozaruchowymi, do których należą m.in. zaburzenia funkcji poznawczych oraz dysfunkcje autonomiczne [2,3]. Wczesna diagnoza PD ma kluczowe znaczenie dla wdrożenia odpowiedniego

leczenia i poprawy jakości życia pacjentów. Rozpoznanie choroby Parkinsona nadal opiera się na ocenie klinicznej oraz dokładnym wywiadzie lekarskim, zgodnie z kryteriami diagnostycznymi opracowanymi przez Movement Disorder Society (MDS). W rozpoznaniu zasadniczym objawem jest bradykinezja (spowolnienie ruchowe), która musi współwystępować z co najmniej jednym z dwóch dodatkowych objawów: sztywnością mięśniową i/lub drżeniem spoczynkowym (**rycina 1**). Brak jednoznacznych biomarkerów biochemicznych utrudnia wczesne rozpoznanie choroby. W związku z tym coraz większego znaczenia nabierają metody oparte na analizie danych, które mogą skutecznie wspomagać proces diagnostyczny [4].

Zaburzenia głosu są często jednym z pierwszych objawów PD, co sugeruje wczesne zaangażowanie układu czuciowo-ruchowego krtani w procesy neurodegeneracyjne [5].



Rycina 1. Podstawowa triada objawów choroby Parkinsona
Figure 1. The three cardinal symptoms of Parkinson's disease

Mowę chorego charakteryzują zaburzenia oddechowo-artykulacyjno-fonacyjne wynikające z osłabienia mięśni krtani, gardła i jamy ustnej. Na **rycynie 2** przedstawiono typowe objawy zaburzeń mowy osób z PD. Ponadto PD wpływa na różne aspekty mowy, w tym płynność, prozodię, artykulację oraz fonację, co stwarza możliwość wykorzystania tych parametrów jako użytecznych markerów w procesie diagnostycznym [6]. W związku z dysfunkcją układu pozapiramidowego osoby chore na PD mają znacznie większe trudności z prowadzeniem swobodnej konwersacji niż powtarzaniem zadanych fraz.

Jednym z istotnych objawów ruchowych wykorzystywanych w monitorowaniu przebiegu choroby Parkinsona jest zamrożenie chodu (ang. *freezing of gait*, FoG). FoG charakteryzuje się nagłym, przejściowym zatrzymaniem ruchu podczas chodu pomimo intencji kontynuowania marszu. Zjawisko to jest szczególnie niebezpieczne, ponieważ zwiększa ryzyko upadków i znacznie pogarsza jakość życia pacjentów [7]. FoG jest uważane za wskaźnik zaawansowania choroby oraz progresji zaburzeń ruchowych, a jego występowanie koreluje z pogorszeniem funkcji poznawczych i emocjonalnych [8]. W ostatnich latach coraz większą uwagę poświęca się poszukiwaniom grupy cech w biomarkerze głosowym, z wykorzystaniem wskaźników akustycznych głosu jako potencjalnych biomarkerów PD. Analiza akustyczna fonacji umożliwia nieinwazyjną, powtarzalną i czułą ocenę zmian w funkcjonowaniu układu nerwowego, co czyni ją obiecującym narzędziem wspomagającym diagnostykę oraz monitorowanie przebiegu choroby [4].

Cel

Celem pracy jest omówienie charakterystyki zaburzeń głosu oraz metod ich oceny w chorobie Parkinsona na podstawie aktualnego przeglądu literatury. Celem szczegółowym jest rozwiniecie koncepcji wykorzystania głosu jako potencjalnego biomarkera stanu klinicznego pacjentów z chorobą Parkinsona.

Materiał i metody

W lutym 2025 roku przeprowadzono szczegółowy przegląd literatury z wykorzystaniem dwóch medycznych baz danych: PubMed oraz Google Scholar. Wyszukiwanie przeprowadzono z użyciem kombinacji słów kluczowych: *Parkinson, voice, freezing, phonation, voice disorders, acoustic analysis, hypokinetic dysarthria, biomarker*. Hasła te były modyfikowane i dostosowywane do kolejnych sekcji analizy tematycznej. Uwzględniono wyłącznie oryginalne

monotonna mowa
brak modulacji
upośledzenie artykulacji spółgłosek i samogłosek
palilalia
zaburzenia fazy wdech–wydech
zmienne tempo mowy (bradylalia/tachylalia)
zwiększona długość pauz w wypowiedziach

Rycinie 2. Charakterystyka zaburzeń mowy osób z PD
Figure 2. Speech characteristics in patients with PD

prace badawcze dostępne w języku angielskim, z wyłączeniem opisów przypadków, bez wprowadzenia ograniczeń czasowych. W wyniku wyszukiwania zidentyfikowano 231 artykułów w bazie PubMed oraz 180 w Google Scholar. Po wstępnej selekcji na podstawie abstraktów do dalszego omówienia zakwalifikowano 18 manuskryptów. Kwalifikacja prac obejmowała publikacje koncentrujące się na analizie głosu jako potencjalnego biomarkera w procesie diagnostycznym i monitorowania choroby Parkinsona, ze szczególnym uwzględnieniem badań ukierunkowanych na identyfikację i ocenę zestawów cech biomarkera głosowego. Uwzględniono w szczególności prace dotyczące predyspozycji traktu głosowego do dysfunkcji w przebiegu PD, możliwości diagnostycznych funkcji fonacyjnej krtani oraz potencjalnej przydatności analizy akustycznej jako klinicznie użytecznych markerów. Do podsumowania włączono również artykuły analizujące związek pomiędzy zaburzeniami głosu a występowaniem zaburzeń chodu, w tym epizodów FoG. Z analizy wykluczono prace skupiające się wyłącznie na aspektach językowych, artykulacyjnych lub ogólnych zaburzeniach mowy, nieodnoszące się bezpośrednio do fonacji.

Wyniki

W przeglądzie uzyskano ograniczoną liczbę publikacji bezpośrednio powiązanych z tematyką funkcji fonacyjnej krtani, głosu i zamrożenia chodu, jednak dostępne badania potwierdzają rosnące zainteresowanie wykorzystaniem głosu jako nieinwazyjnego wskaźnika zmian neurologicznych u pacjentów z chorobą Parkinsona. Artykuły analizowane w przeglądzie dostarczają danych dotyczących zarówno jakościowych, jak i ilościowych cech głosu w PD oraz ich potencjalnej roli w diagnozowaniu, monitorowaniu postępu choroby i identyfikowaniu stanów zaostrzeń, takich jak FoG [6,9,10].

Metody oceny zaburzeń głosu

Do oceny głosu u pacjentów z chorobą Parkinsona wykorzystuje się zarówno obiektywne narzędzia instrumentalne, jak i metody subiektywne. W kontekście oceny głosu pacjentów z PD na szczególną uwagę zasługują najnowsze wytyczne Unii Europejskich Foniatrików (Union of the European Phoniaticians) i Europejskiego Towarzystwa Laryngologicznego (European Laryngological Society) [11]. Zespół ekspertów zaleca ocenę co najmniej pięciu wymiarów istotnych dla funkcji głosi:

BADANIE LARYNGOWIDEOSTROBOSKOPOWE				
	NORMA	ZABURZENIE		
RUCHOMOŚĆ FAŁDÓW GŁOSOWYCH				
podczas swobodnego oddechu		P / L	przywodzenia	odwodzenia
podczas swobodnej fonacji		P / L	krzyżowanie nalewek (P / L do przodu)	
podczas glissanda		P / L	Brak unoszenia	Brak wydłużania
RUCHOMOŚĆ NALEWEK		P / L	drżenie nalewki	pochylenie nalewki
podczas forsownego wdechu		P / L		
POZIOM FAŁDÓW GŁOSOWYCH		P / L	(P / L niżej)	
WYGLĄD FAŁDÓW GŁOSOWYCH		P / L	Zaróżnione / rysunek naczyniowy / podsycające / obrzęknięte / wałeczkowate / zmiana organiczna	
NALEWKI/OKOLICA MIEDZYNAL.		P / L	Cechy LPR	
ZACHYŁKI GRUSZKOWATE		P / L	zredukowane	niesymetryczne
WYDZIELINA		P / L	Dotki nagłośniowe/ nastrunowo / zachyłki gruszkowate	
KOMPRESJA			przednio-tylna	na poziomie krtani na poziomie gardła
			boczna	na poziomie krtani / przedsoinki na poziomie gardła
			sfinkterowata	
ZWARCIE FAŁDÓW GŁOSOWYCH	Pełne 		Niepełne 	Nieregularne 
			Niedomyk. z przodu 	Niedomyk. z tyłu 
			Klepsydrowate 	Wrzecionowate 
DRGANIA FAŁDÓW GŁOSOWYCH			niesymetryczne / nieregularne / niesynchroniczne	
AMPLITUDA DRGAŃ			zmniejszona / zwiększona / drgania udzielone	
PRZESUNIĘCIE BRZEŻNE			brak / słabo zaznaczone / zwiększone	

Rycina 3. Szablon oceny endoskopii krtani [opracowanie własne]

Figure 3. Laryngeal endoscopy assessment template [own elaboration]

- ocena percepcyjna – skala GRBAS (ang. *grade, roughness, breathiness, asthenia, strain*),
- ocena akustyczna – podstawowe zmienne wykorzystywane w analizie akustycznej to częstotliwość podstawowa (F0), *jitter, shimmer* oraz *harmonics-to-noise ratio* (HNR),
- ocena wideolaryngoendoskopowa – badanie endoskopowe z oceną zamknięcia głośni (rycina 3),
- ocena aerodynamiczna – pomiar maksymalnego czasu fonacji (ang. *maximum phonation time, MPT*) [12],
- samoocena – np. kwestionariusz VHI (*Voice Handicap Index*) [13].

Dodatkowo UEP Biomarker Committee opublikował zalecenia dotyczące standaryzacji rejestracji i analizy próbek głosu do badań klinicznych nad zaburzeniami neurologicznymi, w tym chorobą Parkinsona. Rekomendowana próbka głosu obejmuje:

- fonację samogłoski /a/ o komfortowej głośności i wysokości,
- fonację /a/ jak najgłośniejsz, ale bez krzyczenia (najwyższym natężeniu),
- fonację /a/ na najwyższym możliwym tonie (najwyższej częstotliwości),
- fonację /a/ na najniższym możliwym tonie (najniższej częstotliwości),
- wypowiedzenie zdania bez spółgłosek szczelinowych, przeczytanie fonetycznie zrównoważonego tekstu (np. dla języka polskiego: „Ten dzielny żołnierz był z nim razem” lub „Dziś jest ładna pogoda”).

Głos jako potencjalny biomarker w chorobie Parkinsona

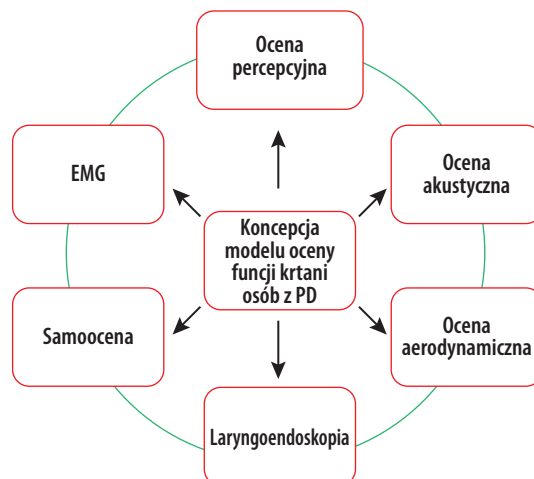
W różnych klasyfikacjach głosu, które powstawały na przestrzeni dziesięcioleci, dostrzegano odmienną specyfikę głosu osób chorych na choroby neurologiczne. W licznych klasyfikacjach stanowiły one oddzielną kategorię, określaną m.in. jako „zaburzenia głosu w chorobach neurologicznych” według Pruszevicza (1992) [14] lub „zaburzenia funkcji krtani pochodzenia neurologicznego” według Kotbygo (1995) [15]. W najnowszym konsensusie UEP

dotyczącym podziału dysfonii zaburzenia głosu w przebiegu chorób neurologicznych zaliczane są do dysfonii regulacyjnych [16,17]. Analiza literatury potwierdza, że zaburzenia fonacyjne, takie jak hipofonia, monotonia czy szorstkość głosu, są powszechne u pacjentów z PD i mogą występować już we wczesnych stadiach choroby [17]. Zaburzenia te wynikają z osłabienia mięśni krtani, gardła i jamy ustnej oraz zaburzeń kontroli czuciowo-ruchowej związanych z niedoborem dopaminy.

Modele zwierzęce potwierdzają podatność głosu na łagodne zmiany w sygnalizacji dopaminowej [5]. Badanie Ringel i wsp. [5] wykazało, że blokowanie receptorów dopaminowych D1 i D2 u szczurów prowadzi do zmian w parametrach akustycznych wokalizacji ultradźwiękowych, co wskazuje na istotną rolę dopaminergicznej regulacji nerwowej w kontroli głosu. Badania wskazują, że te zmiany w głosie mogą służyć jako wczesne wskaźniki PD oraz jako narzędzia do monitorowania postępu choroby [18]. Fonacja jest jednym z najwcześniejszych zaburzonych elementów procesu tworzenia mowy w przebiegu choroby Parkinsona. Przegląd Alzubaidiego i wsp. [4] potwierdził znaczenie danych głosowych jako głównego źródła w systemach diagnostycznych opartych na sztucznej inteligencji – głos był najczęściej stosowanym typem danych wejściowych do modeli uczenia maszynowego klasyfikujących pacjentów z PD. W licznych badaniach wykazano, że spadek F0, wzrost parametrów *jitter* i *shimmer*, skrócenie MPT oraz zmniejszona stabilność formantów mogą być czułymi wskaźnikami zmian neurodegeneracyjnych [18]. Ponadto z doniesień literaturowych wynika, że analiza fonacji może być wykorzystana do monitorowania objawów PD. Rusz i wsp. [19] wykazali, że analiza akustyczna, a w szczególności takie zmienne jak F0 SD, *jitter* i NHR, mogą być użyte jako obiektywne biomarkery ruchowego przebiegu PD – zwłaszcza w kontekście bradykinezy i sztywności ocenianych w skali *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS) część III. W przeglądzie Gómeza-Vildy i wsp. potwierdzono, że niestabilność artykulacyjna samogłosek koreluje z objawami ruchowymi (np. FoG) oraz nieruchowymi (np. zaburzeniami snu) [6]. Yu i wsp. wykazali, że pacjenci z objawami FoG mają istotnie większe zaburzenia głosu niż osoby z PD bez FoG [10]. W stanie ON istotnie wzrastały wartości takich parametrów jak F0 SD, NHR, odchylenie standardowe *pulse period*, a MPT ulegało skróceniu. Modele oparte na analizie 27 cech głosu osiągały skuteczność klasyfikacyjną na poziomie 73% [10].

Model oceny głosu

W praktyce klinicznej rzadko dostępne są jednorodne grupy pacjentów z ściśle zdefiniowaną jednostką chorobową i ustalonymi warunkami badania. Dlatego konieczne jest podejście wielowymiarowe. Aktualna wiedza pozwala na zastosowanie w diagnostyce zaburzeń głosu profilu behawioralnofizjologicznego. Profil to innowacyjne, interdyscyplinarne podejście diagnostyczno-terapeutyczne, które integruje dane z obserwacji i empirycznych pomiarów fizjologicznych. Dzięki temu umożliwia lepsze zrozumienie dynamiki zaburzeń głosowych i pozwala na skuteczniejsze, spersonalizowane leczenie [20,21]. W warunkach klinicznych do oceny głosu osób z chorobą Parkinsona zaleca się stosowanie kombinacji kilku wskaźników, takich jak VHI,



Rycina 4. Model oceny funkcji fonacyjnej krtani u pacjentów z chorobą Parkinsona

Figure 4. Proposed model for assessing laryngeal phonatory function in Parkinson's disease

GRBAS, podstawowych parametrów akustycznych oraz MPT, celem uzyskania bardziej wiarygodnej i czulej oceny jakości głosu i funkcji fonacyjnej krtani [22].

Na podstawie analizy aktualnej literatury, zaleceń międzynarodowych towarzystw oraz własnych doświadczeń klinicznych opracowano model oceny funkcji fonacyjnej krtani w chorobie neurodegeneracyjnej. Model ten integruje sześć komponentów: laryngoendoskopię, ocenę percepcyjną, aerodynamiczną, akustyczną, ocenę napięcia mięśni otaczających krtani oraz samoocenę głosu. Na **rycynie 4** przedstawiono poszczególne elementy modelu.

Badanie endoskopowe

Laryngowideostroboskopia (ang. *laryngovideostroboscopy*, LVS) umożliwia ocenę morfologii i funkcji krtani, różniując zmiany organiczne, identyfikując nieprawidłowości, takie jak niewydolność głośni. Na **rycynie 3** przedstawiono szablon badania LVS opracowany na potrzeby oceny neurofizjologicznej krtani. Elementy szablonu umożliwiają wykonanie funkcjonalnego opisu głośni. Uwzględnia on zarówno funkcje mięśni krtani (zwierającą, rozwierającą, napinającą), jak i gardła – wpływających na głośnie i napięcie fałdów głosowych. Dysfunkcja krtani u osób z chorobą Parkinsona może manifestować się zmniejszeniem wydolności głosowej. Hipofonia, będąca elementem dysartrii hipokinetycznej, charakteryzuje się miękkim typem fonacji, głosem chuchającym i szorstkim. Badanie endoskopowe pokazuje cechy niewydolności mięśni wewnętrznych krtani, takie jak uginanie brzegów wolnych fałdów głosowych i niepełny charakter zamykania głośni [23,24].

Ocena percepcyjna

Ocena percepcyjna wykorzystuje skalę GRBAS, umożliwiającą subiektywną ocenę jakości głosu [25]. Ponadto w opinii autorów niniejszego artykułu zasadne jest włączenie także narzędzi do oceny mowy – jak *Profil dysartrii*

Tabela 1. Porównanie parametrów głosu z opisem ich subiektywnej percepcji
Table 1. Comparison of voice parameters with their subjective perceptual evaluation

Parametr akustyczny	Znaczenie fizjologiczne	Metoda wyznaczania	Materiał fonacyjny	Odpowiednik percepcyjny
Częstotliwość podstawowa (F0)	częstotliwość drgań fałdów głosowych, mierzona w hercach [Hz]. Typowe wartości to ok. 100–150 Hz u mężczyzn i 200–250 Hz u kobiet	ekstrakcja F0 z sygnału czasowego	przedłużona fonacja samogłoski, czytanie zdań, mowa spontaniczna	wysokość głosu
Zmienność wysokości tonu (rozpiętość F0)	zakres zmian F0	różnica F0 max – F0 min w czasie wypowiedzi	mowa spontaniczna, czytanie zdań	intonacja, ekspresja emocjonalna
<i>Jitter</i>	nieregularność częstotliwości podstawowej	analiza mikrodrgań F0 w cyklach	przedłużona fonacja samogłoski	chropowatość, niestabilność
<i>Shimmer</i>	niestabilność amplitudy dźwięku	analiza zmienności amplitudy w kolejnych cyklach	przedłużona fonacja samogłoski	niestałość natężenia (drżący głos)
<i>Harmonics-to-noise ratio</i> (HNR)	stosunek składowych uporządkowanych (harmonicznych) sygnału do szumu	analiza widma – stosunek energii harmonicznych do szumowych	przedłużona fonacja samogłoski	chrypka, szorstkość
<i>Cepstral peak prominence</i> (CPP)	regularność i wyrazistość struktury harmonicznego głosu	analiza cepstralna	fonacja samogłoski, mowa ciągła	ocena ogólnej jakości, dźwięczności, czystości głosu
Stabilność formantów	stabilność częstotliwości formantów (rezonansów jamy ustnej i gardłowej) w czasie trwania dźwięku	analiza przebiegu formantów w czasie	mowa spontaniczna, czytanie zdań	płynność i precyzja artykulacji
<i>Vowel space area</i> (VSA)	zakres przestrzeni artykulacyjnej w układzie pierwszego (F1) i drugiego formantu (F2)	obliczanie powierzchni trójkąta między samogłoskami /a/, /i/, /u/	izolowane samogłoski, słowa, zdania czytane	zrozumiałość mowy, precyzja
<i>Vowel articulation index</i> (VAI)	precyzja artykulacyjna – stosunek F2/i/ i F2/u/	obliczenia z F2 dla samogłosek /i/ i /u/	izolowane samogłoski, słowa, zdania czytane	zrozumiałość, kontrast samogłoskowy
<i>Low Complexity Quality Assessment</i> (LCQA)	metoda oceny jakości głosu stosowana bez potrzeby porównania z sygnałem referencyjnym	oparta na analizie płaskości widma, dynamiki, wariacji	mowa spontaniczna	naturalność i jakość głosu (wyrazistość)
<i>Speech-to-reverberation masking ration</i>	określa w jakim stopniu sygnał mowy jest maskowany przez pogłos	filtry tonu gamma	mowa spontaniczna	zrozumiałość mowy w warunkach trudnych akustycznie

wg Robertson (ang. *Robertson Dysarthria Profile*, RDP) [26]. RDP to narzędzie służące do klinicznej oceny dyszartrii, oparte na analizie funkcji oddechowych, fonacyjnych, artykulacyjnych, rezonansowych i prozodycznych. Skala ta, umożliwiając szczegółową jakościową ocenę zaburzeń mowy poprzez zestaw ustandaryzowanych zadań i obserwacji (np. fonacji samogłoski /a/), wspiera diagnostykę różnicową oraz planowanie terapii logopedycznej [27].

MPT

Maksymalny czas fonacji to prosty i nieinwazyjny parametr oceny funkcji fonacyjnej i oddechowej. Norma dla

populacji zdrowej wynosi 20–25 s, u śpiewaków nawet 40–60 s. Wartość poniżej 10 s świadczy o znacznej patologii [12]. U pacjentów z PD średni MPT jest istotnie krótszy i wynosi ok. 11,3 s [28].

Ocena akustyczna

Ocena akustyczna głosu pacjentów z chorobą Parkinsona pozwala na obiektywne i powtarzalne pomiary parametrów fonacyjnych, co czyni ją cennym narzędziem diagnostycznym i monitorującym.

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie porównawcze parametrów najczęściej stosowanych w praktyce klinicznej [12,19,29–32]. Do analizy akustycznej wykorzystuje się oprogramowanie takie jak: Praat, MDVP (KayPENTAX), Computerized Speech Lab (CSL) czy MATLAB. Badania przeprowadzane są w kontrolowanych warunkach akustycznych, z zastosowaniem wysokiej klasy mikrofonów (np. SM48), a próbki fonacyjne obejmują długotrwałą emisję samogłoski /a/, czytanie tekstów i emisję po obciążeniu. Analiza akustyczna pozwala na wykrycie subtelnych zmian fonacyjnych już we wczesnych stadiach choroby Parkinsona, co może wspomóc wczesną diagnostykę oraz monitorowanie postępu choroby. Ponadto niektóre parametry, takie jak niższe F0, zwiększone wartości jitter i shimmer oraz obniżone HNR, cepstral peak prominence (CPP) i glottal-to-noise excitation ratio (GNE), mogą wskazywać na pogorszenie funkcji fonacyjnych w przebiegu PD [6,30]. Zasadne jest uwzględnienie w modelu oceny funkcji fonacyjnej krtani różnych zadań głosowych, ponieważ uszkodzenie układu pozapiramidowego w chorobie Parkinsona prowadzi do odmiennych wzorców realizacji mowy spontanicznej i wypowiedzi automatycznych (powtarzanych), co znajduje odzwierciedlenie w różnicach jakości fonacji.

Elektromiografia

Powierzchniowa elektromiografia (ang. *surface electromyography*, sEMG) znajduje zastosowanie w ocenie mięśni okołokrtańowych u pacjentów z chorobą Parkinsona (PD). Jest to nieinwazyjna metoda umożliwiająca analizę aktywności mięśniowej podczas różnych zadań fonacyjnych i artykulacyjnych, jak również innych funkcji krtani. W kontekście choroby Parkinsona sEMG może być użyteczne do oceny funkcji mięśni, takich jak żwacze, mięsień dna jamy ustnej, nad- i podgnykowe oraz mięsień okrężnego ust. Badania wykazały zwiększoną sztywność mięśnia okrężnego ust u osób z PD w stanie OFF, co korelowało z podwyższoną aktywnością elektromiograficzną tych mięśni oraz zmniejszoną amplitudą ruchów warg podczas mowy [33]. Inne badania wykazały, że sEMG może być przydatne w monitorowaniu aktywności mięśniowej podczas polykania oraz w terapii, co jest istotne, biorąc pod uwagę, że dysfagia jest bardzo częstym objawem u pacjentów z PD i dotyczy 80–100% pacjentów [34].

Samoocena

Samoocena głosu u pacjentów z chorobą Parkinsona jest istotnym elementem oceny jakości życia i postrzegania przez pacjenta wydolności funkcji krtani. Najczęściej stosowanym narzędziem jest kwestionariusz *Voice Handicap Index* (VHI) i *Voice Related Quality of Life* (VRQoL). Narzędzia służą do oceny subiektywnych odczuć pacjenta związanych z jego głosem, w tym wpływ zaburzeń głosu na codzienne życie i samopoczucie. Oba kwestionariusze zostały przetłumaczone i zwalidowane w języku polskim [13,35]. Narzędzia te pozwalają na szybką i prostą ocenę zakresu trudności z głosem doświadczanych przez pacjentów z PD. Autorzy zalecają stosowanie dodatkowo kwestionariuszy do oceny funkcji polykowej krtani, takich jak *Eating Assessment Tool-10* (EAT-10), *Swallowing Disturbance Questionnaire* (SDQ) i *Skala zaburzeń polykania* (ang. *Swallowing Disorder Scale*, SDS) [34,36].

EAT-10 to krótki, 10-elementowy kwestionariusz samoopisowy przeznaczony do szybkiego screeningu dysfagii oraz monitorowania zmian w czasie. Zgodnie z interpretacją wynik ≥ 3 sugeruje obecność zaburzeń polykania. Kwestionariusz charakteryzuje się bardzo dobrą rzetelnością wewnętrzną i został zwalidowany do języka polskiego [37]. SDQ to kwestionariusz samoopisowy używany do wykrywania dysfagii, pierwotnie opracowany dla pacjentów z chorobą Parkinsona, ale też z innymi schorzeniami. Wersja zwalidowana wykazała wysoką czułość (ok. 85%) i specyficzność (ok. 87%) względem FEES (ang. *fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing*) i badania oromotorycznego [36]. Kwestionariusz nie został zwalidowany do języka polskiego. Z kolei SDS to narzędzie opracowane w celu oceny nasilenia subiektywnie odczuwanych trudności w polykaniu, oparte na systemie punktowym. Składa się z 10 pozycji odnoszących się do najczęstszych objawów dysfagii, takich jak krztuszenie się, uczucie zalegania pokarmu czy trudności z polykaniem płynów i pokarmów stałych. Narzędzie pozwala na różnicowanie dysfunkcji czynnościowych i szybkie oszacowanie stopnia zaburzenia oraz monitorowanie zmian w czasie [38].

Dyskusja

Na podstawie analizy aktualnej literatury, zaleceń międzynarodowych towarzystw oraz doświadczeń klinicznych opracowano model oceny głosu u pacjentów z chorobą Parkinsona. Model ten uwzględnia zarówno subiektywne, jak i obiektywne wskaźniki jakości głosu, co czyni go przydatnym narzędziem w diagnostyce i monitorowaniu przebiegu PD.

Doświadczenia własne potwierdzają przydatność badań elektrofizjologicznych i akustycznych głosu jako wskaźników predykcyjnych w chorobach nerwowo-mięśniowych [21,25]. Wyniki przeglądu literatury wykazały ograniczoną liczbę publikacji bezpośrednio analizujących związek pomiędzy głosem a zamrożeniem chodu (FoG) u pacjentów z PD. Jednak badania, np. Yu i wsp. [10], potwierdzają, że zaburzenia fonacyjne mogą korelować z nasileniem objawów ruchowych, takich jak FoG, oraz z funkcjami poznawczymi i emocjonalnymi. Podobnie prace Gómeza-Vildy i wsp. wskazują, że niestabilność artykulacyjna koreluje z objawami ruchowymi i nieruchowymi, w tym zaburzeniami snu [6]. EMG nie jest jeszcze standardowym narzędziem w diagnostyce PD, jednak jego potencjał w ocenie funkcji mięśni okołokrtańowych i związanych z polykaniem czyni go obiecującym narzędziem w badaniach i praktyce klinicznej [39–41]. Zastosowanie narzędzi, takich jak analiza akustyczna, sEMG, badanie endoskopowe oraz skale percepcyjne, pozwala na kompleksową ocenę głosu, a także na wykrycie subtelnych zmian fonacyjnych we wczesnych stadiach PD. Szczególne znaczenie mają w tym kontekście wytyczne Unii Europejskich Foniatorów i Europejskiego Towarzystwa Laryngologicznego, które zalecają stosowanie wielowymiarowej oceny głosu [11]. Alzubaidi i wsp. podkreślają, że głos jest obecnie najczęściej wykorzystywanym źródłem danych wejściowych w systemach opartych na sztucznej inteligencji służących do wczesnej diagnostyki PD [4]. Otwiera to perspektywę dla rozwoju nowych, nieinwazyjnych metod monitorowania i diagnostyki tej choroby.

Wnioski

1. Ocena głosu w chorobie Parkinsona jako biomarkera tego schorzenia powinna obejmować zarówno metody subiektywne (np. skale percepcyjne, kwestionariusze polskojęzyczne VHI-10, EAT-10, SDS), jak i obiektywne (wideolaryngoendoskopia, analiza akustyczna, MPT, sEMG).
2. Zaburzenia głosu są częstym objawem choroby Parkinsona i mogą pojawiać się już we wczesnych stadiach choroby. Objawy, takie jak hipofonia, szorstkość, głos chuchający, zmniejszona stabilność formantów oraz skrócony maksymalny czas fonacji definiują głos jako czuły biomarker progresji choroby.
3. Głos wykazuje właściwości, aby stać się biomarkerem stanu klinicznego u pacjentów z chorobą Parkinsona. Analiza parametrów akustycznych oraz integracja

wyników z innymi wskaźnikami klinicznymi (np. FoG) mogą wspierać diagnostykę i monitorowanie postępu choroby.

4. Autorski model oceny laryngologiczno-foniatrycznej u pacjentów z PD przedstawiony w pracy pozwala na kompleksową ocenę jakości głosu i może stanowić podstawę do opracowania algorytmów diagnostycznych w chorobach neurodegeneracyjnych.
5. Potrzebne są dalsze badania na dużych grupach pacjentów w kierunku wykorzystania badań głosu jako biomarkera PD.

Finansowanie

Niniejsze badania i artykuł nie otrzymały żadnej dotacji od agencji działających w sektorze publicznym, komercyjnym lub non-profit.

Piśmiennictwo

1. Bloem BR, Okun MS, Klein C. Parkinson's disease. *Lancet*, 2021; 397(10291): 2284–303; [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00218-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00218-X).
2. Siuda J. Importance of non-motor symptoms in PD and atypical parkinsonism. *Neurol Neurochir Pol*, 2021; 55(6): 503–7; <https://doi.org/10.5603/PJNNS.a2021.0085>.
3. Poewe W, Seppi K, Tanner CM, Halliday GM, Brundin P, Volkman, et al. Parkinson disease. *Nat Rev Dis Primers*, 2017; 3: 17013; <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.13>.
4. Alzubaidi MS, Shah U, Zubaydi H, Dolaat K, Abd-Alrazaq AA, Ahmed A, et al. The role of neural network for the detection of Parkinson's disease: a scoping review. *Healthcare (Basel)*, 2021; 9(6): 740; <https://doi.org/10.3390/healthcare9060740>.
5. Ringel RL, Basken JN, Grant LM, Ciucci MR. Dopamine D1 and D2 receptor antagonism effects on rat ultrasonic vocalizations. *Behav Brain Res*, 2013; 252: 252–9; <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.06.006>.
6. Gómez-Vilda P, Galaz Z, Mekyska J, Ferrandez Vincente JM, Gomez-Rodellar A, Palacios-Alonso D, et al. Vowel articulation dynamic stability related to Parkinson's disease rating features: male dataset. *Int J Neural Syst*, 2019; 29(2): 1850037; <https://doi.org/10.1142/S0129065718500375>.
7. Buczek A, Borończyk M, Hudzińska P, Bigajski H, Białas A, Balcerzak W, et al. Risk factors for falls in Parkinson's disease and other parkinsonisms. *Arch Gerontol Geriatr Plus*, 2024; 1(4): 1–6; <https://doi.org/10.1016/j.aggp.2024.100054>.
8. Hall JM, Shine JM, O'Callaghan C, Walton CC, Gilat M, Naismith SL, et al. Freezing of gait and its associations in the early and advanced clinical motor stages of Parkinson's disease: a cross-sectional study. *J Parkinsons Dis*, 2015; 5(4): 881–91; <https://doi.org/10.3233/JPD150581>.
9. Galaz Z, Mekyska J, Kiska T, Zvoncak V. Assessing freezing of gait in Parkinson's disease using analysis of hypokinetic dysarthria. W: 40th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), Barcelona, Spain, 2017: 735–8; <https://doi.org/10.1109/TSP.2017.8076066>.
10. Yu Q, Zou X, Quan F, Dong Z, Yin H, Liu J, et al. Parkinson's disease patients with freezing of gait have more severe voice impairment than non-freezers during "ON state". *J Neural Transm (Vienna)*, 2022; 129(3): 277–86; <https://doi.org/10.1007/s00702-021-02458-1>.
11. Lechien JR, Geneid A, Saussez S. Consensus for voice quality assessment in clinical practice: guidelines of the European Laryngological Society and Union of the European Phoniaticians. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2023; 280(12): 5459–73; <https://doi.org/10.1007/s00405-023-08211-6>.
12. Zarys foniatrii klinicznej. Pruszewicz A, Obrębowski A (red.). Poznań: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu; 2019, 125–48.
13. Miałkiewicz B, Gos E, Krasnodębska P, Szkiełkowska A. Polskie wersje kwestionariuszy niepełnosprawności głosu: VHI-POL i VHI-10 w praktyce foniatrycznej. *Now Audiofonol*, 2024; 13(3): 45–50; <https://doi.org/10.17431/na/185580>.
14. Pruszewicz A. (red.). Foniatria kliniczna. Warszawa: Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich (PZWL); 1992.
15. Kotby MN. The Accent Method of Voice Therapy. San Diego: Singular Publishing Group; 1995.
16. Hacki T, Moerman M, Rubin JS. 'Malregulative' rather than 'Functional' dysphonia: a new etiological terminology framework for phonation disorders: a position paper by the Union of European Phoniaticians (UEP). *J Voice*, 2022; 36(1): 50–53; <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2021.02.007>.
17. Zehnhoff-Dinnesen A, Wiskirka-Woźnica B, Neumann K, Nawka T, eds. Phoniatics I: Fundamentals – Voice Disorders – Disorders of Language and Hearing Development. Berlin: Springer; 2018.
18. Chiaramonte R, Bonfiglio M. Acoustic analysis of voice in Parkinson's disease: a systematic review of voice disability and meta-analysis of studies. *Rev Neurol*, 2020; 70(11): 393–405; <https://doi.org/10.33588/rn.7011.2019414>.
19. Rusz J, Cmejla R, Ruzickova H, Ruzicka E. Quantitative acoustic measurements for characterization of speech and voice disorders in early untreated Parkinson's disease. *J Acoust Soc Am*, 2011; 129(1): 350–67; <https://doi.org/10.1121/1.3514381>.
20. Szkiełkowska A. Profil behawioralno-fizjologiczny w zaburzeniach głosu [wykład]. XIV Konferencja Naukowo-Szkoleniowa Sekcji Audiologicznej i Sekcji Foniatricznej PTORL ChGiSz, 6–8.06.2019, Kazimierz Dolny.
21. Szkiełkowska A, Krasnodębska P, Mitas A, Bugdol M, Romaniszyn-Kania P, Pollak A. Electrophysiological predictors of hyperfunctional dysphonia. *Acta Oto-Laryngologica* 2023; 1–8; <https://doi.org/10.1080/00016489.2022.2162961>.

22. Pedersen M1, Meiner VG. AI-based quality of voice analysis models for clinical use: insights of quality of models from 19 Parkinson's disease studies (2013–2023). *J Clin Med Res*, 2025; <https://doi.org/10.46889/JCMR.2025.6107>.
23. Thijs Z, Dumican M. Laryngeal symptoms related to motor phenotypes in Parkinson's disease: a systematic review. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*, 2023; 8(4): 973–82; <https://doi.org/10.1002/lio2.1112>.
24. Wang Y, Song T. Neurological voice disorders: a review. *Int J Head Neck Surg*, 2022; 9(1): 1–8; <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10001-1521>.
25. Krasnodębska P, Miałkiewicz B, Końska N, Jarzyńska A, Szkielkowska A. Model opieki foniatrycznej nad pacjentem z dystonią krtaniową przywodzieli. *Now Audiofonol*, 2025; 14(1): 35–44; <https://doi.org/10.17431/na/195885>.
26. Pert S. An Evaluation of the Robertson Dysarthria Profile (Revised) with reference to cerebral vascular accident, head injury and motor neurone disease client groups [rozprawa doktorska]. Manchester: Manchester Metropolitan University; 1995.
27. Defazio G, Guerrieri M, Liuzzi D, Gigante AF, Di Nicola V. Assessment of voice and speech symptoms in early Parkinson's disease by the Robertson dysarthria profile. *Neurol Sci*, 2016; 37(3): 443–9; <https://doi.org/10.1007/s10072-015-2422-8>.
28. Savic V, Vukovic M, Milovanovic D, et al. Maximum phonation time at patients with Parkinson's disease. *Vojnosanit Pregl*, 2017; 74(4): 353–8.
29. Narząd głosu i jego znaczenie w komunikacji społecznej, wyd. 1. Obrębowski A (red.). Poznań: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu; 2008.
30. Šimek M, Rusz J. Validation of cepstral peak prominence in assessing early voice changes of Parkinson's disease. *J Acoust Soc Am*, 2021; 139(6): 4522; <https://doi.org/10.1121/10.0009063>.
31. Salehi H, Parsa V. On nonintrusive speech quality estimation for hearing aids. W: Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA), 2015 IEEE Workshop on. New Paltz, NY, USA: IEEE; 2015.
32. Grancharov V, Zhao DY, Lindblom J, Kleijn WB. Low-complexity, non-intrusive speech quality assessment. *IEEE Transactions Audio Speech and Language Processing*, 2006; 14(6): 1948–56; <https://doi.org/10.1109/TASL.2006.883250>.
33. Coriolano MGWD, Araujo TL, Cavalcanti AM, Lins OG, Asano AG, Asano NMJ. Swallowing in patients with Parkinson's disease: a surface electromyography study. *Dysphagia*, 2012; 27(3): 505–10; <https://doi.org/10.1007/s00455-011-9381-1>.
34. Krasnodębska P, Szkielkowska A. Ocena polykania w oparciu o kwestionariusze polskojęzyczne stosowane w praktyce otolaryngologiczno-foniatrycznej. *Now Audiofonol*, 2024; 13(4): 81–8; <https://doi.org/10.17431/na/193711>.
35. Sielska-Badurek E, Rzepakowska A, Sobol M, Osuch-Wójcikiewicz E, Niemczyk K. Adaptation and validation of the Voice-Related Quality of Life Measure into Polish. *J Voice*, 2016; 30(6): 773.e7–773.e12; <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.11.014>.
36. Cohen JT, Manor Y. Swallowing disturbance questionnaire for detecting dysphagia. *Laryngoscope*, 2011; 121(7): 1383–7; <https://doi.org/10.1002/lary.21839>.
37. Jamróz M, Domitrz I, Szabert K, Kujawska A. Polish adaptation and validation of the Eating Assessment Tool (EAT-10) for patients with oropharyngeal dysphagia. *Nutrients*, 2023; 15(17): 3785; <https://doi.org/10.3390/nu15173785>.
38. Krasnodębska P, Szkielkowska A, Miałkiewicz B. The Swallowing Disorder Scale (SDS) as a new Polish-language questionnaire in otolaryngology – psychometric evaluation. *J Hear Sci*, 2023; 13(2): 28–35; <https://doi.org/10.17430/2023.13.2.3>.
39. Hunker CJ, Abbs JH. Uniformity of bilateral motor control during lip and jaw movements in Parkinson's disease. *Brain*, 1990; 113(4): 1147–60; <https://doi.org/10.1093/brain/113.4.1147>.
40. Krasnodębska P, Jarzyńska-Bučko A, Szkielkowska A, Miałkiewicz B, Skarżynski H. Diagnosis in muscle tension dysphagia. *Pol J Otolaryngol*, 2021; 75(1): 16–22; <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1997>.
41. Krasnodębska P, Jarzyńska-Bučko A, Szkielkowska A, Bartosik J. Clinical and electromyographic assessment of swallowing in individuals with functional dysphonia associated with dysphagia due to muscle tension or atypical swallowing. *Audiol Res*, 2021; 11(2): 167–78; <https://doi.org/10.3390/audiolres11020015>.

Dr hab. n. med. i n. o zdr. Paulina Krasnodębska, email: p.krasnodebska@ifps.org.pl •  0000-0003-4551-282X
 Mgr Tatiana Lewicka, email: tlewicka@sum.edu.pl •  0009-0000-6744-857X
 Mgr inż. Mirosław Czak, email: miroslaw.czak@polsl.pl •  0000-0002-0215-8907
 Dr hab. n. med. Joanna Siuda, prof. ŚUM, email: jsiuda@sum.edu.pl •  0000-0002-0340-660X
 Prof. dr hab. n. techn. Andrzej W. Mitas, email: andrzej.mitas@polsl.pl •  0000-0001-7833-5845
 Prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. Agata Szkielkowska, email: a.szkielkowska@ifps.org.pl •  0000-0003-2122-7872