

Anemometryczna ocena wydolności podniebiennie-gardłowej u śpiewaków

Anemometric evaluation of velopharyngeal sufficiency in singers

Ewa Kazanecka¹, Agata Wrońska¹, Agata Szkiełkowska^{1,2}, Henryk Skarżyński^{1,2}

¹ Akademia Muzyczna im. F. Chopina, Warszawa

² Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

Streszczenie

Celem pracy było zbadanie przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową w czasie mowy i śpiewu u osób nie zgłaszających zaburzeń głosu. Do pomiaru przepływu powietrza wykorzystano metodę anemometryczną. Badaniu poddano 20 osób, o prawidłowej budowie i czynności podniebienia miękkiego. Byli to kandydaci na Wydział Wokalny AMFC w Warszawie. Wyniki badań wykazały, że w grupie osób, u których w testach subiektywnych stwierdzono mechanizm hiprunkcyjnego tworzenia głosu i nosowanie w mowie i/lub śpiewie, przepływy powietrza przez jamę nosowo-gardłową osiągały wyższe wartości niż w grupie osób z prawidłową emisją. Metoda anemometryczna jest cennym narzędziem do obiektywnej oceny wydolności podniebiennie-gardłowej w czasie fonacji.

Słowa kluczowe: funkcja podniebiennie-gardłowa, nosowanie, przepływ powietrza przez jamę nosowo-gardłową, emisja głosu.

Summary

The aim of the research was to examine the nasopharyngeal airflow during speaking and singing. 20 persons were tested, all without voice dysphonia and with normal soft palate anatomy and function. They were candidates for the Vocal Department of the Warsaw AMFC. Anemometric method was used for measurement and registration of nasopharyngeal airflow. The results of the study revealed the usefulness of the anemometric method to proper voice performance assessment. Nasopharyngeal airflow reached higher values at group of persons with hyperfunction voice performance and nasality in speaking and/or singing in comparison with the group of proper voice performance persons.

Key words: velopharyngeal function, nasality, nasopharyngeal airflow.

Wstęp

Wzorzec jakości głosu śpiewaczego zależy od rodzaju wykonywanej przez wokalistę muzyki. Śpiewak operowy dąży do uzyskania naturalnej, indywidualnej barwy. Piosenkarz natomiast, zależnie od zamierzonego efektu i estetyki muzycznej, wykorzystuje czasem takie cechy jak nosowość czy chrypkę. Kształtowanie toru głosowego i praca podniebienia miękkiego stanowi istotny element w procesie kształcenia wokalnego. W wokalistyce operowej zbyt duży procent nosowości w głosie uważany jest za wielki błąd. Głos ze zbyt dużym udziałem barwy nosowej pozbawiony jest wysokich alikwotów a jego nośność ulega osłabieniu [Antoniecz 1960].

Nosowość (*nasalance*), termin wprowadzony przez Fletchera [1970] dla mowy dźwięcznej jest procentową wartością rezonansu nosowego w fali głosowej. Nosowanie (*nasality*) jest subiektywnym odczuciem stopnia nasilenia rezonansu nosowego w głosie badanej osoby. Przepływ powietrza przez jamę nosową w czasie fonacji, a tym samym udział jamy nosowej w układzie rezonansowym nasady, regulowany jest stopniem zwarcia podniebienia miękkiego ze ścianami gardła. Hortis-Dzierzbicka [2004] na podstawie badań endosko-

powych zaobserwowała kilka rodzajów zwarcia: czołowy, okrężny, strzałkowy, podniebiennie-tylnogardłowy, podniebiennie-adenoidalny. Stopień zwarcia określała jako pełny, niepełny i w krańcowych przypadkach zerowy.

Wiele informacji dotyczących stopnia nosowania dostarczają metody akustyczne. Gąsiorek oceniał wartość rezonansu nosowego dla języka polskiego przy pomocy nasometru skonstruowanego w oparciu o koncepcję Fletchera. Mierzony wskaźnik nosowania otwartego był procentowym stosunkiem energii akustycznej przechodzącej przez jamę nosową do całkowitej energii akustycznej powstającej w czasie fonacji. Zasada badania polegała na oddzielnym, a przy tym jednoczesnym, pomiarze energii akustycznej przenoszonej przez jamę nosową i przez jamę ustną. Na separatorze, szczelnie oddzielającym nozdrza przednie od otworu ustnego, umieszczono mikrofony sprzężone z elektronicznym układem pomiarowym i komputerem [Gąsiorek 1994]. Fizjologiczny rezonans nosowy dla języka polskiego określony powyższą metodą wynosi 15,2%, a przeciętny rezonans nosowy polskiej mowy potocznej wynosi 25,6%. Natomiast u chorych z niewydolnością podniebiennie-gardłową stanowi 37,8% [Gąsiorek 1996].

Niewydolność podniebieno-gardłowa zwiększa procentowy udział rezonansu nosowego. Ten rodzaj nosowości nazwany został nosowaniem otwartym. Na skutek niepełnego zwarcia pierścienia gardłowego zbyt duża ilość powietrza przechodzi przez jamę nosową, co nadaje głosowi charakterystyczne zabarwienie. Young [2001], wykorzystywał do rejestracji przepływu powietrza przez jamę ustną i jamę nosową maskę pneumatograficzną z dwoma przetwornikami ciśnienia (*circumferentially vented pneumotachograph face mask*). Pawłowski [2002] do oceny wydolności pierścienia gardłowego w czasie śpiewu wykorzystał pomiar przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową wykorzystując metodę termooanemometryczną. Wielkość przepływu powietrza była miernikiem stopnia nosowości pojawiającej się w wyniku czynnościowej niewydolności podniebienia miękkiego na skrajnych dźwiękach skali danego wokalisty.

Autorzy pracy postanowili zbadać problem nosowania wśród przyszłych śpiewaków i zmierzyć wielkość przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową dla jednakowych pod względem artykulacji a różnych pod względem trudności emisyjnych zadań głosowych wykorzystując metodę termooanemometryczną.

Materiał badań

Badaniu poddano grupę 21 kandydatów na Wydział Wokalno-Aktorski Akademii Muzycznej im. Fryderyka Chopina w Warszawie. Byli to śpiewacy w wieku od 19 do 23 lat, którzy już wcześniej od kilku lat, indywidualnie uczyli się śpiewu (większość 4 lata). Osoby te zostały wyłonione przez komisję złożoną z pedagogów wokalnych, jako najlepsi, z grupy 80 kandydatów zdających egzamin ze śpiewu. Badani nie zgłaszali problemów z głosem, a wcześniej przedstawili zaświadczenia lekarskie o braku przeciwwskazań do zawodu śpiewaka.

W badaniu laryngologicznym wszystkie osoby miały prawidłową drożność nosa oraz pełne zwarcie podniebieno-gardłowe, oceniane od strony jamy ustnej w czasie fonacji głoski /a/. Obraz endoskopowy krtani był prawidłowy u 12 osób, a u 9 osób stwierdzono zmiany świadczące o hiperfunkcyjnym mechanizmie tworzenia głosu (brak zwarcia fonacyjnego fałdów głosowych z siateczką poszerzonych naczyń krwionośnych u 5 osób, guzki śpiewacze u 1 osoby, „mostki śluzowe” u 2 oraz krzyżowanie nalewek u 1 osoby). W subiektywnej ocenie emisji dokonywanej w czasie wykonywania przez badanych zadań mówionych oraz śpiewanych w pełnym zakresie skali głosu, z artykulacją *legato*, *staccato* oraz dynamiką forte i piano, barwę nosową w mowie stwierdzono u 5 osób, w śpiewie u 5 osób, nieprawidłowy tor oddechowu u 4 osób, nadmierne napięcia narządu artykulacyjnego u 6 osób.

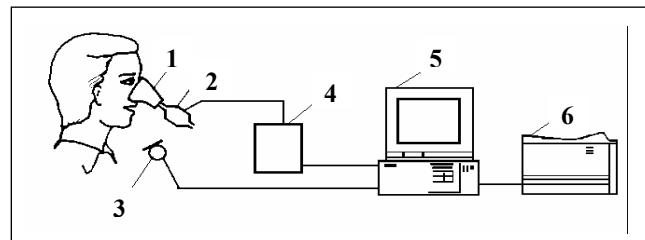
Metoda

Do pomiaru przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową wykorzystano metodę termooanemometryczną [Pawłowski 2002]. Zastosowanie czujników anemometrycznych umożliwiło zarejestrowanie niewielkich, szybkozmienianych przepływów powietrza z jakimi spotykamy się w trakcie fonacji. Czujnik pomiarowy przymocowany do maseczki wykonanej z masy plastycznej, szczelnie przylegał do ścian nosa i górnej wargi (ryc. 1). Termooanemometria jest pośrednią

metodą oceny prędkości przepływu powietrza poprzez pomiar strat cieplnych grzanego elementu, którym jest cienki drut o średnicy kilku μm i długości 1 mm, umieszczony w badanym przepływie. Płynący prąd elektryczny rozgrzewa element pomiarowy, a strumień przepływającego powietrza chłodzi go. Stopień ochładzania drutu zależy od prędkości przepływu powietrza. Obniżenie temperatury drutu zmniejsza jego oporność elektryczną. Przeprowadzenie bilansu cieplnego dla elementu pomiarowego pozwala na wyznaczenie mierzonej wielkości. Dzięki swoim miniaturowym rozmiarom czujniki termooanemometryczne umożliwiają pomiary prawie punktowe, w niewielkim stopniu zaburzają stan badanego medium, a ich mała bezwładność cieplna zapewnia szerokie pasmo przenoszonych częstotliwości, sięgające setek kiloherców. Element czynny czujnika rozgrzewany jest do bardzo wysokiej temperatury, co znacznie zmniejsza wpływ temperatury powietrza na wskazania przyrządu.

Wyniki badań przedstawiane są w postaci wykresu oraz tabeli zawierającej wartości liczbowe. Wykres przedstawia zapis prędkości przepływu powietrza w czasie, zsynchronizowany z zapisem z mikrofonu. W tabeli zebrane są wartości objętości i prędkości przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową w czasie fonacji oraz czas trwania dźwięków. Mierzony jest również przepływ powietrza i czas przerw pomiędzy dźwiękami.

Urządzenie zostało opracowane i wykonane w Pracowni Metrologii Przepływów Instytutu Mechaniki Górotworów PAN w Krakowie.



Ryc. 1. Schemat stanowiska badawczego stosowanego podczas pomiaru przepływu powietrza przez jamę nosową podczas fonacji. 1 – maska na nos, 2 – czujnik termooanemometryczny, 3 – mikrofon, 4 – anemometr, 5 – komputer, 6 – drukarka

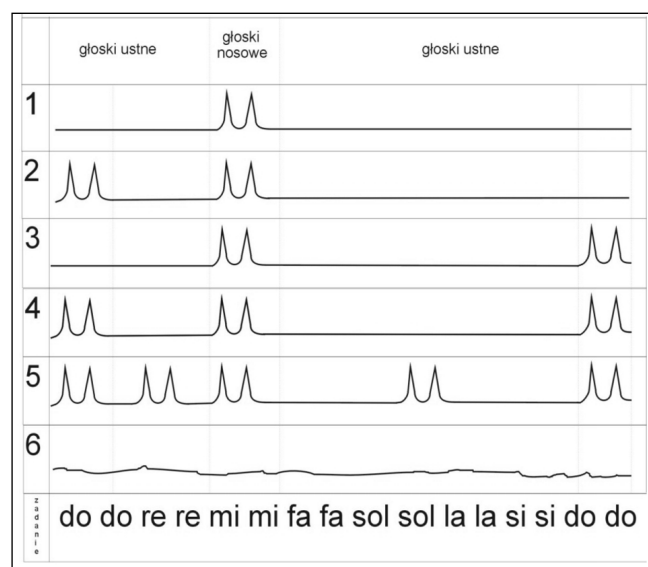
W trakcie rejestracji przepływu powietrza badani wykonywali na jednym wydechu, kolejno takie samo zadanie artykulacyjne (*dwukrotnie powtarzane nazwy solmizacyjne gamy /do-do-re-re-mi-mi-fa-fa-sol-sol-la-la-si-si-do-do/*) na trzy sposoby, różne pod względem trudności emisyjnej: śpiewając, mówiąc z dynamiką na poziomie konwersacji oraz mówiąc głośno. Zadanie śpiewane wykonywane było w średnicy skali badanej osoby, od dźwięku wygodnego dla mowy, określonego wcześniej w zmodyfikowanym teście Boonna [Kazanecka 2004]. Ujednolicono w ten sposób wysiłek głosowy dla całej grupy oraz uniknięto łączenia rejestrów i skrajnych dźwięków skali śpiewaka.

Wykorzystanie nazw solmizacyjnych gamy z jednej strony pozwala na wykorzystanie zadania w mowie i śpiewie, a z drugiej strony dobrze obrazuje spodziewane zmiany w czynności podniebienia miękkiego. W trakcie zadania, głoska nosowa, na której spodziewany był przepływ powietrza przez jamę nosowo-gardłową pojawiała się tylko w sylabie /mi/, umiejscowionej w środku frazy. Wszystkie pozostałe głoski były ustne. Podniebienie miękkie powinno być wów-

czas uniesione, a całe wydychane powietrze kierowane przez jamę ustną.

Wyniki

Ryc. 2 przedstawia 6 typów zapisów przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową, jakie zarejestrowano u badanych, niezależnie od sposobu wykonywania zadania głosowego.



Ryc. 2. Typy zarejestrowanych przepływów powietrza przez jamę nosowo-gardłową w czasie zadań głosowych: 1 typ – przepływ powietrza wystąpił jedynie na głoskach nosowych; 2 typ – przepływ powietrza wystąpił na głoskach ustnych zaczynających zadanie głosowe oraz na głoskach nosowych; 3 typ – przepływ powietrza wystąpił na głoskach nosowych oraz na głoskach ustnych końca zadania głosowego; 4 typ – przepływ powietrza wystąpił na głoskach ustnych początku i końca zadania głosowego oraz na głoskach nosowych; 5 typ – przepływ powietrza wystąpił na głoskach nosowych i ustnych zadania głosowego; 6 typ – znikome przepływy powietrza w czasie zadania głosowego

Dokonano podziału badanych na trzy grupy, zależnie od typów zarejestrowanych przepływów powietrza przez jamę

nosowo-gardłową w czasie poszczególnych zadań głosowych:

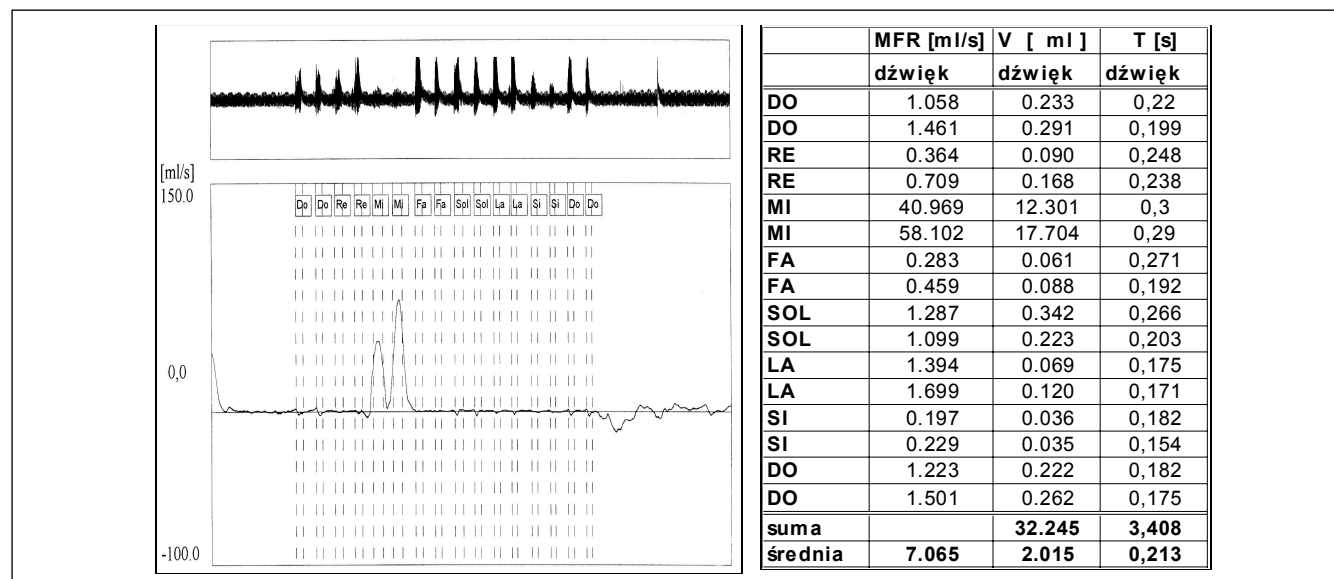
- grupa I – zapis typu 1 występuje we wszystkich trzech zadaniach głosowych;
- grupa II – u danej osoby zarejestrowano zapisy typu 2,3 lub 4 w kolejnych zadaniach głosowych;
- grupa III – zapisy typu 5 oraz 6 zarejestrowano w co najmniej dwóch zadaniach głosowych.

Grupa I to 9 osób, u których obraz krtani był prawidłowy a nosowanie w ocenie subiektywnej wystąpiło tylko u jednej osoby. W grupie II, 3-osobowej o zarejestrowanych zwiększonych przepływach powietrza przez jamę nosowo-gardłową na początku i/lub na końcu zadania głosowego, jedna osoba miała nieprawidłowy obraz krtani oraz słyszalne nosowanie. W badaniu anemometrycznym 9-osobowej III grupy, zarejestrowane były przepływy powietrza o znacznych wartościach zarówno w czasie fonacji głosek nosowych, jak i ustnych. Tylko jedna z 9 osób miała prawidłowy obraz krtani, a nosowanie w ocenie subiektywnej stwierdzono u 6 badanych.

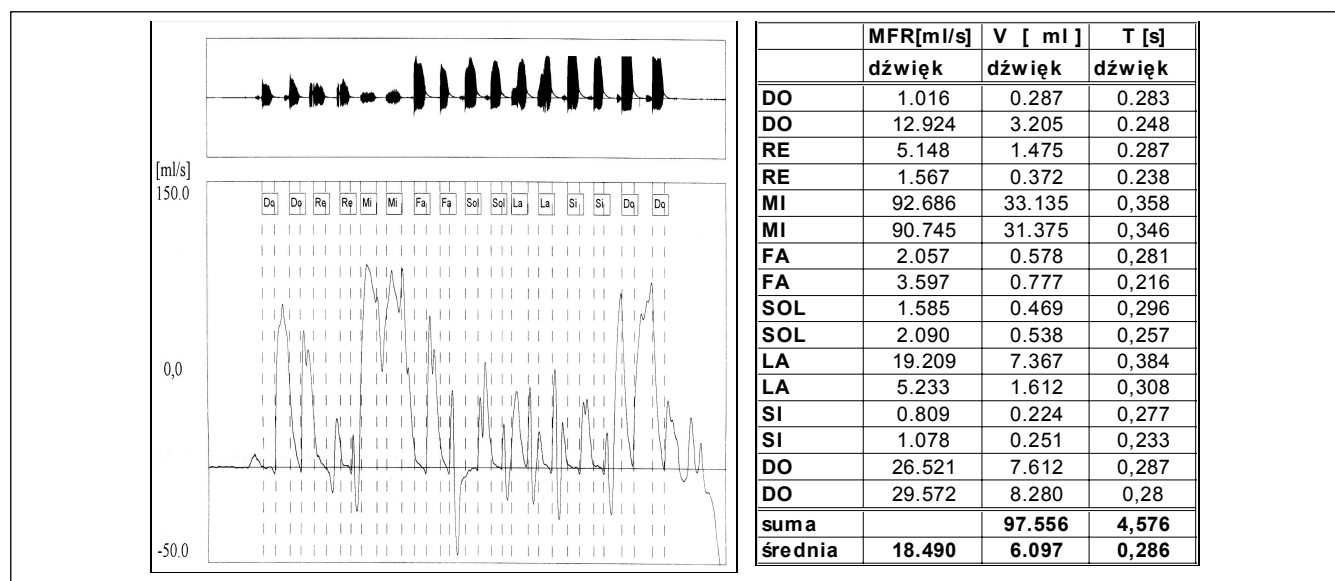
Ryc. 3 przedstawia wynik badania anemometrycznego osoby z grupy I. W trakcie zadania głosowego przepływ powietrza przez jamę nosowo-gardłową rejestrowany był tylko na sylabach z głoską nosową /mi/ i wynosił ok. 40–60 ml/s. Natomiast w czasie fonacji sylab z głoskami ustnymi przepływ powietrza był znikomy, nie przekraczający 2 ml/s. Zdarzały się nieznacznie zwiększone przepływy na początkowych lub końcowych sylabach zadania głosowego.

Ryc. 4 przedstawia wynik badania anemometrycznego u osoby z grupy III. Przepływ powietrza przez jamę nosowo-gardłową rejestrowany był zarówno podczas fonacji głosek nosowych (osiągając wartość 60–90 ml/s), jak i ustnych, wynosząc nawet 30 ml/s.

W tabeli 1 porównano średnie wartości przepływów powietrza przez jamę nosowo-gardłową w czasie fonacji głosek nosowych oraz ustnych w grupie I, dla poszczególnych zadań głosowych. Ze względu na obecność nieznacznie zwiększonych przepływów powietrza na sylabach zaczynających i kończących frazę, oddzielnie analizowano wartości przepływów na sylabach ustnych początku, środka i końca frazy. Jak widać rodzaj zadania głosowego ma niewielki



Ryc. 3. Przykładowy prawidłowy wynik badania anemometrycznego



Ryc. 4. Przykładowy nieprawidłowy wynik badania anemometrycznego

wpływ na wielkość przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową. W trakcie zadania wykonywanego na poziomie mowy głośnej i śpiewania zarejestrowano mniejsze wartości przepływów powietrza na głoskach nosowych niż w trakcie mowy konwersacyjnej.

Tab. 1. Średnie wartości przepływów przez jamę nosowo-gardłową uzyskane w badaniu anemometrycznym w grupie I

	Sylaby ustne			Sylaby nosowe
	Początek frazy	Środek frazy	Koniec frazy	
Mowa konwersacyjna	2,7 (±2,5)	1,17 (±0,8)	2 (±1,6)	42,8 (±14,1)
Mowa głośna	1,5 (±0,7)	1,3 (±0,7)	1,89 (±1,5)	30,9 (±11,7)
Śpiewanie	3,98 (±5,1)	1,4 (±4,3)	3,4 (±4,5)	32,3 (±16,1)

W tabeli 2 zestawiono średnie wartości przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową w czasie zadań mówionych na poziomie konwersacji dla I, II i III grupy.

Tab. 2. Zestawienie średnich wartości przepływu powietrza w grupie II i III w czasie zadania na poziomie konwersacji

	Sylaby ustne			Sylaby nosowe
	Początek frazy	Środek frazy	Koniec frazy	
Grupa I	2,7 (±2,5)	1,17 (±0,8)	2 (±1,6)	42,8 (±14,1)
Grupa II	6,6 (±5,3)	0,9 (±0,6)	5,4 (±8,6)	56,8 (±31,9)
Grupa III	8,3 (±10)	4,6 (±4,8)	11,7 (±11,5)	71,1 (±24,4)

Wartości przepływów powietrza przez jamę nosowo-gardłową zdecydowanie różnią się w poszczególnych grupach. Największe wartości zarejestrowano u badanych z grupy III. U osób tych stwierdzono jednocześnie hiperfunkcyjny sposób tworzenia głosu oraz nosowanie w ocenie subiektywnej.

Dyskusja

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły istnienie problemu nosowania w procesie kształcenia wokalnego. Stwierdzone w ocenie subiektywnej, u jednej trzeciej kandydatów na wydział wokarno-aktorski nosowanie w mowie i/lub śpiewie, zostało potwierdzone zwiększonymi przepływami powietrza przez jamę nosowo-gardłową podczas fonacji

w badaniu anemometrycznym. Wszyscy badani, od kilku lat uczący się śpiewu, uważali nosowanie za niekorzystną cechę jakości głosu. Osoby, u których występowało nosowanie nie były świadome powyższego faktu, a komisja egzaminacyjna złożona z doświadczonych pedagogów wokalnych nie uważała nosowania za przeciwwskazanie do przyjęcia na studia.

We wszystkich badanych grupach średnie wartości przepływów powietrza przez jamę nosowo-gardłową na głoskach ustnych początku i końca zadania głosowego były wyższe niż w środku frazy. Prawdopodobnie były wynikiem nie do końca opanowanej techniki wokalne /brak zamknięcia oddechu i zbyt duża ilość powietrza wypuszczana na początku zadania oraz brak powietrza przy końcu zadania z jednoczesnym wprowadzaniem nadmiernych napięć w obrębie toru głosowego/ i nie były traktowane jako patologia. Zmniejszone przepływy powietrza na sylabie nosowej w mowie głośnej zgodne są z doniesieniami Young [2001], który powołując się na innych autorów tłumaczy powyższe zjawisko tym, że zwiększony wysiłek głosowy modyfikuje wzorce oddechowe oraz funkcje struktur zaangażowanych w tworzenie głosu w tym czynność zwieracza podniebieno-gardłowego.

Kształtowanie toru głosowego i podparcia oddechowego są podstawowymi elementami nauczania wokalnego. Nadzającym celem opanowywania techniki wokalne jest osiągnięcie określonego wzorca jakości głosu zależnego od rodzaju wykonywanej muzyki. Ogólnie przyjęty wzorzec śpiewu operowego to głos czysty, o nośnej barwie, krystalicznym brzmieniu, pozbawiony szumu i nosowości [Antoniewicz 1960]. Początkujący śpiewak, wykonując systematycznie ćwiczenia zalecane i kontrolowane przez pedagoga, dąży do uzyskania indywidualnego brzmienia swojego głosu, zgodnego z narzuconym wzorcem tzw. „głosu postawionego”. W związku z tym zarówno dla wokalisty jak i dla pedagoga najważniejsza jest słuchowa kontrola procesu głosotwórczego.

Ćwiczenia kształtujące nadkrtaniowy tor głosowy, związane są z pracą podniebienia miękkiego i opuszczaniem krtani w celu uzyskania efektu tzw. „otwartego gardła”. Początkujący wokalista nie do końca jest świadomy wpływu

danej czynności na zmianę w głosie i ma tendencję do nadmiernego wykonywania zbyt wielu czynności niezależnie od potrzeb zadania głosowego. Brak umiejętności kinestetycznych prowadzi do zwiększonych napięć mięśni układu rezonansowego nasady. Chęć maksymalnego uniesienia podniebienia miękkiego może prowadzić do usztywnienia elementów pierścienia zwierającego gardła i niepełnego domknięcia podniebieno-gardłowego, objawiającego się niepożądanym nosowaniem.

W grupie osób z zarejestrowanymi, zwiększonymi przepływami powietrza przez jamę nosowo-gardłową w czasie fonacji, stwierdzano jednocześnie dodatkowe cechy hiperfunkcyjnego mechanizmu tworzenia głosu, objawiające się nawet zmianami patologicznymi w obrazie krtani.

Ponieważ nosowanie jest najczęściej cechą niepożądaną w głosie śpiewaczym (ewentualnie dopuszczane czasami jako celowo stosowany zabieg estetyczny) i może być przyczynowo związane z nieprawidłowym, hiperfunkcyjnym sposobem emisji, korzystne jest uzupełnienie diagnostyki foniatrycznej o ocenę czynności podniebieno-gardłowej. Badanie anemometryczne oprócz roli diagnostycznej może być jednocześnie wykorzystywane w procesie rehabilitacji zaburzeń głosu. Dostarcza badanemu wizualnego sprzężenia zwrotnego pomiędzy wykonaną czynnością w obrębie toru głosowego a wielkością przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową, która powiązana z kontrolą słuchową jakości głosu umożliwia śpiewakowi korygowanie błędów emisyjnych.

Wnioski

1. Nosowanie jest częstym problemem w kształceniu wokalnym.
2. Nosowanie otwarte może być wynikiem czynnościowej niewydolności podniebieno-gardłowej i towarzyszyć hiperfunkcyjnemu mechanizmowi tworzenia głosu.
3. Badanie wydolności podniebieno-gardłowej powinno być częścią oceny foniatrycznej śpiewaka.

4. Pomiar przepływu powietrza przez jamę nosowo-gardłową jest przydatne do oceny wydolności podniebieno-gardłowej.

Bibliografia

- Antoniewicz J. [1960]. Od E. Caruso do Ciebie. Materiał pomocniczy dla nauczycieli szkół i ognisk artystycznych. Centralny Ośrodek Szkolnictwa Artystycznego. Zeszyt 42, część II.
- Fletcher S. G. [1970]. Theory and instrumentation for quantitative measurement of nasality. „Cleft Palate J” 7, 601–609.
- Gąsiorek J., Prusiewicz A., Obrębowski A. [1994]. Urządzenie do obiektywnej oceny nosowania otwartego z automatycznym zapisem. „Otolaryngologia Polska” 48, 4, 385–390.
- Gąsiorek J., Prusiewicz A., Obrębowski A. [1996]. Testy słowne do badania rezonansu nosowego. „Otolaryngologia Polska” 50, 4, 409–16.
- Kazanecka E., Wrońska A., Szkiełkowska A., Skarżyński H. [2004]. Trudności terapeutyczne u pacjentów z nieprawidłową wysokością głosu w mowie. „Audiofonologia” 26, 77–80.
- Pawłowski Z. [2002]. Foniatryczna diagnostyka wykonawstwa śpiewu i gry na instrumentach dętych. Warszawa: Wydawnictwo Akademii Muzycznej im. F. Chopina.
- Young L. H., Zajac D. J., Mayo R., Hooper C. R. [2001]. Effects of vowel height and vocal intensity on anticipatory nasal airflow in individuals with normal speech. „Journal of Speech, Language and Hearing Research” 44, 52–60.

Adres do korespondencji

dr n. med. Ewa Kazanecka
Akademia Muzyczna im. Fryderyka Chopina
ul. Okólnik 2
00-368 Warszawa
katfon@chopin.edu.pl

