



# UNIwersytet PRZYRODniczy WE WROcławIU

Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt

Dziedzina: nauki ścisłe i przyrodnicze

Dyscyplina: nauki biologiczne

**mgr Łukasz Pawelec**

**Parametry jakości głosu a budowa i skład ciała mężczyzn i kobiet**

Voice quality parameters and body build and composition of men and women

**Rozprawa doktorska**

Promotor: dr hab. Barbara Kwiatkowska, prof. UPWr

Drugi promotor: dr hab. Anna Lipowicz, prof. UPWr

Wrocław, 2023

## Podziękowania

### Pragnę złożyć podziękowania:

**Pani prof. dr hab. Annie Lipowicz** za opiekę nad pracą, pomoc merytoryczną w jej zaprojektowaniu i dyskusji wyników oraz sformułowaniu wniosków końcowych oraz za niezliczoną liczbę godzin poświęconych na omawianiu wszystkich moich wątpliwości na każdym etapie przygotowywania niniejszej rozprawy, a także za serdeczność i cierpliwość dla moich pytań, niezależnie od pory dnia.

**Pani prof. dr hab. Barbarze Kwiatkowskiej** za wsparcie merytoryczne podczas pisania pracy, jak również w trakcie całego okresu kształcenia w Szkole Doktorskiej oraz za trud włożony w przygotowanie i realizację pracy. Dziękuję również za umożliwienie mi rozpoczęcia mojej drogi w Szkole Doktorskiej.

**Pracownikom Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach**, za umożliwienie mi zbierania materiału na terenie ich jednostki oraz wsparcie techniczne i życzliwość, jaką mnie obdarzyli w trakcie tego procesu.

**Pracownikom Politechniki Śląskiej w Zabrze**, w szczególności **Panu dr. inż. Marcinowi Bugdolowi** oraz **Pani dr inż. Monice Bugdol** za konsultacje dotyczące metodologii oraz wsparcie techniczne tej pracy.

**Pani dr Agacie Trawińskiej** oraz innym **Pracownikom Instytutu Ekspertyz Sądowych** w Krakowie, którym miałem przyjemność przedstawić wstępne wyniki mojej dysertacji i od których otrzymałem wskazówki, które pomogły mi je udoskonalić. Dziękuję również **Panu Profesorowi dr hab. Wojciechowi Branickiemu**, za zaproszenie na seminarium IES, gdzie mogłem te wyniki zaprezentować.

**Panu mgr. inż. Mirosławowi Czakowi** za wsparcie techniczne i wytłumaczenie mi zawiłych dla mnie pojęć i procesów związanych z analizą akustyczną fali głosowej.

**Pani mgr Agnieszce Witek** za wsparcie psychiczne i ciągłe motywowanie mnie do pracy nad doktoratem i własnymi słabościami, które co raz stawały mi na drodze podczas pisania tego doktoratu.

Wszystkim **Współautorom artykułów** powstałych przy okazji tej rozprawy, z którymi praca była czystą przyjemnością.

**Rodzinie** za nieustanne wsparcie i akceptację obranej przeze mnie drogi, która doprowadziła mnie właśnie do tego miejsca.

oraz **Wszystkim** niewymienionym z imienia i nazwiska osobom, które pomogły mi, poprzez wzięcie udziału w tych badaniach, bez których praca ta nigdy by nie powstała.

## Spis treści

<b>Wykaz skrótów</b> .....	5
<b>Spis tabel</b> .....	7
<b>Spis rycin</b> .....	9
<b>STRESZCZENIE</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>1. Wstęp</b> .....	14
1.1. Głos jako sygnał biologiczny .....	14
1.2. Głos jako fala dźwiękowa - teoria powstawania głosu.....	16
1.3. Czynniki wewnętrzne i zewnętrzne wpływające na jakość głosu .....	18
1.3.1. Czynniki wewnętrzne .....	18
1.3.2. Czynniki zewnętrzne .....	24
1.4. Metody oceny jakości głosu .....	27
1.5. Wykorzystanie badań nad głosem .....	29
<b>2. Cel pracy i hipotezy badawcze</b> .....	31
<b>3. Materiał i metody</b> .....	33
3.1. Materiał .....	33
3.2. Proces zbierania materiału.....	33
3.2.1. Ankieta wstępna – podstawowe dane badanych, kryteria włączenia/wyłączenia .....	35
3.2.2. Ocena jakości głosu mężczyzn i kobiet – procedura nagrań głosowych.....	36
3.2.3. Określenie budowy ciała mężczyzn i kobiet .....	39
3.2.4. Ocena składu ciała badanych mężczyzn i kobiet.....	42
3.3. Procedura analizy zebranego materiału.....	43
3.3.1. Analiza akustyczna głosu .....	43
3.3.2. Ocena antropometryczna wielkości i kształtu ciała.....	45
3.4. Metody statystyczne .....	46
<b>4. Wyniki</b> .....	53
4.1. Podstawowe dane badanych.....	53
4.1.1. Podstawowe dane badanych oraz czynniki włączenia/wyłączenia .....	53
4.1.2. Parametry akustyczne głosu badanych mężczyzn i kobiet.....	58
4.1.3. Budowa ciała badanych mężczyzn i kobiet.....	61
4.1.4. Skład ciała badanych mężczyzn i kobiet.....	64
4.1.5. Związek wieku z parametrami głosu, budową i składem ciała mężczyzn i kobiet .....	66
4.2. Budowa ciała a parametry akustyczne głosu mężczyzn i kobiet.....	70
4.2.1. Wielkość ciała a parametry akustyczne.....	70
4.2.2. Kształt ciała a parametry akustyczne.....	84
4.3. Skład ciała a parametry głosu mężczyzn i kobiet.....	90

4.3.1. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne.....	90
4.3.2. Beztłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne.....	95
4.4. Czynniki mające najsilniejszy wpływ na jakość głosu u ludzi.....	100
4.4.1. Najsilniejsze predyktory jakości głosu mężczyzn .....	100
4.4.2. Najsilniejsze predyktory jakości głosu kobiet .....	106
<b>5. Dyskusja .....</b>	<b>113</b>
5.1. Różnice płciowe w parametrach głosu, budowie ciała i składzie ciała .....	113
5.2. Wiek a parametry akustyczne głosu, budowa ciała i skład ciała.....	115
5.3. Pozostałe czynniki wpływające na parametry głosu .....	116
5.4. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu mężczyzn i kobiet .....	120
5.5. Kształt ciała a parametry akustyczne mężczyzn i kobiet .....	124
5.6. Skład ciała a parametry głosu mężczyzn i kobiet.....	128
5.7. Ocena przydatności materiału głosowego do analiz związków z budową i składem ciała. ....	136
5.8. Ograniczenia badania i dalsze plany badawcze.....	136
<b>6. Podsumowanie wyników i wnioski.....</b>	<b>139</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>144</b>
<b>Aneks .....</b>	<b>159</b>
Załącznik 1. Ankieta wstępna .....	159
Załącznik 2. Wzory do obliczania pochodnych formantowych .....	161
Załącznik 3. Tabele z kryteriami włączenia i parametrami głosu (I-XXII) .....	163

## Wykaz skrótów

- $\Delta F$  – ang. *formant spacing* – odstęp formantowy
- BIA - ang. *bioimpedance analysis* - analiza bioimpedancji (analiza składu ciała)
- BMI - ang. *Body Mass Index* - wskaźnik względnej masy ciała
- C3 - trzeci kręg szyjny
- C5 - piąty kręg szyjny
- C6 - szósty kręg szyjny
- C7 - siódmy kręg szyjny
- Df – dyspersja formantów
- F0 – częstotliwość podstawowa głosu
- F1, F2, F3, F4 – częstotliwości pierwszych czterech formantów głosu
- FM - ang. *fat mass* - tłuszczowa masa ciała
- FFM - ang. *fat-free mass* - beztłuszczowa masa ciała
- F<sub>n</sub> – średnia częstotliwość formantów
- GRBAS - ang. *grade, roughness, breathiness, asthenia, strain scale* - percepcyjna skala subiektywnej oceny jakości głosu, stosowana przez foniatrów
- HNR – ang. *harmonic-to-noise ratio* – wskaźnik liczby dźwięków harmoniczných do szumów w głosie
- Hz - herc; jednostka częstotliwości w układzie SI
- KMO - kryterium Kaisera-Mayera-Olkina
- MPT – ang. *maximum phonation time* – maksymalny czas fonacji samogłoski „a”
- PBF - ang. *percentage body fat* - procentowa zawartość tłuszczu w ciele
- PC – ang. *principal component* – składowa główna
- PCA - ang. *principal component analysis* - analiza składowych głównych
- Pf – ang. *formant position* – standaryzowana średnia częstotliwość formantów
- R<sup>2</sup> - współczynnik determinacji
- SHR - ang. *shoulder-hip ratio* - wskaźnik barkowo-biodrowy
- SMM - ang. *skeletal muscle mass* - masa mięśni szkieletowych
- SVT - ang. *supralaryngeal vocal tract* - tor (trakt) głosowy
- TBW - ang. *total body water* - całkowita woda w organizmie
- TEM - techniczny błąd pomiarowy badacza
- a TEM - bezwzględny techniczny błąd pomiarowy badacza
- r TEM - względny techniczny błąd pomiarowy badacza

VFL - ang. *visceral fat level* - poziom tłuszczu wisceralnego (trzewnego)

VHI - ang. *voice handicap index* - skala samooceny niepełnosprawności głosowej

VTL – ang. *vocal tract length* – szacowana długość traktu głosowego

WCR - ang. *waist-chest ratio* - wskaźnik taliowo-klatkowy

WHR - ang. *waist-hip ratio* - wskaźnik taliowo-biodrowy

WSR - *waist-shoulder ratio* - wskaźnik taliowo-barkowy

## Spis tabel

Tabela 1. Składowe główne jakości głosu, budowy i składu ciała mężczyzn i kobiet.....	50
Tabela 2. Ogólna charakterystyka badanych osób .....	54
Tabela 3. Parametry głosu kobiet i mężczyzn (dla samogłosek a, e, i, o, u). Wartości średnie ± odchylenie standardowe (minimum-maksimum) .....	59
Tabela 4. Parametry głosu kobiet i mężczyzn (dla zdania). Średnia ± odchylenie standardowe (minimum-maksimum).....	60
Tabela 5. Błąd bezwzględny i względny badacza dla pomiarów budowy ciała.....	62
Tabela 6. Wielkość i kształt ciała badanych. Średnia ± odchylenie standardowe (minimum-maksimum) .....	63
Tabela 7. Skład ciała badanych. Średnia ± odchylenie standardowe (minimum-maksimum) .....	64
Tabela 8. Wiek a parametry głosu, budowa ciała i skład ciała mężczyzn (współczynniki korelacji $r$ Pearsona) .....	67
Tabela 9. Wiek a parametry głosu, budowa ciała i skład ciała kobiet (współczynniki korelacji $r$ Pearsona) .....	69
Tabela 10. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	72
Tabela 11. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	75
Tabela 12. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	78
Tabela 13. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	82
Tabela 14. Kształt ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	85
Tabela 15. Kształt ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	87
Tabela 16. Kształt ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	87
Tabela 17. Kształt ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	89
Tabela 18. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	91
Tabela 19. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	92
Tabela 20. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	93
Tabela 21. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe .....	94

Tabela 22. Beztluszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe. ....	96
Tabela 23. Beztluszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe. ....	98
Tabela 24. Beztluszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe. ....	98
Tabela 25. Beztluszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe. ....	100
Tabela 26. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową częstotliwości podstawowej (PC9) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	101
Tabela 27. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową formantową (PC8) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	102
Tabela 28. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową pochodnych formantowych (PC11) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	103
Tabela 29. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową stabilności głosu dla samogłosek (PC6) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	103
Tabela 30. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową stabilności głosu dla zdania (PC7) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	104
Tabela 31. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową głośności głosu (PC10) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	105
Tabela 32. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na maksymalny czas fonacji (MPT) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	106
Tabela 33. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową częstotliwości podstawowej (PC9) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	107
Tabela 34. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową formantową (PC8) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	108
Tabela 35. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową pochodnych formantowych (PC11) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	108
Tabela 36. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową stabilności głosu dla samogłosek (PC6) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	109
Tabela 37. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową stabilności głosu dla zdania (PC7) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	110
Tabela 38. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową głośności głosu (PC10) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	111
Tabela 39. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na maksymalny czas fonacji (MPT) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej. ....	112
Tabela 40. Porównanie kierunków związków pomiędzy jakością głosu a otluszczeniem - podsumowanie różnic płciowych .....	134



## Spis rycin

Rycina 1. Proces zbierania i analizy materiału.....	34
Rycina 2. Stanowisko nagrywania głosu. Zdjęcie poglądowe. Źródło: materiały własne. ....	37
Rycina 3. Kabina akustyczna Mozos Mshield ustawiona na statywie wraz z mikrofonem dynamicznym Shure SM 58 SE. Zdjęcie poglądowe. Źródło: materiały własne. ....	38
Rycina 4. Oscylogram (na górze) oraz spektrogram (na dole) zapisu samogłoski o w programie PRAAT (w. 3. 9. 2). Źródło: materiały własne. ....	44
Rycina 5. Korelacja wysokości ciała i szorstkości głosu u mężczyzn w zależności od palenia papierosów.....	56
Rycina 6. Korelacja masy ciała i stabilności głosu u mężczyzn w zależności od występowania u nich urazów głowy i szyi w przeszłości. ....	57
Rycina 7. Korelacja masy ciała i intensywności głosu u kobiet w zależności od nadużywania głosu.....	57
Rycina 8. Korelacja masy ciała i wysokości (tonu) głosu u kobiet w zależności od fazy cyklu menstruacyjnego.....	58
Rycina 9. Wykres rozrzutu wskaźnika masy ciała (BMI) z pierwszym formantem (F1) u mężczyzn (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek. ....	77
Rycina 10. Wykres rozrzutu wskaźnika masy ciała (BMI) z intensywnością (głośnością) głosu u kobiet (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek.....	80
Rycina 11. Wykres rozrzutu wskaźnika obwodu talii z intensywnością (głośnością) głosu u kobiet (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek.....	80
Rycina 12. Wykres rozrzutu obwodu klatki piersiowej z parametrem <i>jitter</i> u kobiet (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek. ....	84
Rycina 13. Wykres rozrzutu wskaźnika taliowo-biodrowego (WHR) ze wskaźnikiem HNR u mężczyzn (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek.....	85
Rycina 14. Wykres rozrzutu wskaźnika barkowo-biodrowego (SHR) z pierwszym formantem (F1) głosu u mężczyzn (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek. ....	86
Rycina 15. Wykres rozrzutu wskaźnika taliowo-barkowego (WSR) z parametrem <i>shimmer</i> u kobiet (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek.....	88
Rycina 16. Wykres rozrzutu wskaźnika taliowo-biodrowego (WHR) z intensywnością (głośnością) głosu u kobiet (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek.....	90
Rycina 17. Wykres rozrzutu tłuszczowej masy ciała (FM) z pierwszym formantem (F1) głosu u mężczyzn (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek. ....	93
Rycina 18. Wykres rozrzutu tłuszczowej masy ciała (FM) z parametrem <i>shimmer</i> u kobiet (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek. ....	95
Rycina 19. Wykres rozrzutu uśrednionej beztłuszczowej masy ramion (FFM ramion) z częstotliwością głosu (F0) u mężczyzn (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek. ....	97
Rycina 20. Wykres rozrzutu beztłuszczowej masy ciała (FFM) z maksymalnym czasem fonacji (MPT) u kobiet (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek.....	99

## STRESZCZENIE

Wytwarzanie fali akustycznej przez aparat mowy organizmów żywych opisuje teoria źródła i filtra. Wyjaśnia ona, że głośnia (znajdująca się w krtani) jest źródłem tzw. tonu krtaniowego, który następnie jest filtrowany przez struktury tzw. toru (traktu) głosowego, takie jak gardło, jama ustna i nosowa, dzięki czemu dźwięk ulega wzmocnieniu i powstaje produkt finalny - głos. Jest on bardzo ważnym sygnałem biologicznym pełniącym fundamentalną rolę w procesach socjalnych organizmów żywych tj. w kojarzeniu międzypłciowym, czy rywalizacji wewnątrz-płciowej. Dostarcza on również wielu istotnych informacji dotyczących stanu biologicznego osobnika takich, jak jego płeć, wiek, jakość biologiczna (*fitness*), stan zdrowia, a także wielkość i kształt ciała. Celem rozprawy była ocena związków jakości głosu z budową (wielkością i kształtem) i składem ciała dorosłych mężczyzn i kobiet. W pracy podjęto próbę określenia istotności, siły i kierunku obserwowanych związków. Dodatkowo, postawiono pytanie, który materiał głosowy (nagrania izolowanych samogłosek, czy krótkiego zdania wypowiedzianego na głos) jest lepszym wyznacznikiem budowy/składu ciała u ludzi. Zebrany materiał składał się z cech biometrycznych 205 osób (81 mężczyzn i 124 kobiety) w wieku 18-72 lat, których językiem ojczystym był język polski. Dane były zbierane w latach 2019-2022 w dwóch ośrodkach naukowo-dydaktycznych - we Wrocławiu i w Katowicach. Od wszystkich osób zostały pobrane próbki głosu, na które składały się dwa typy nagrań (samogłoski oraz zdanie), pomiary antropologiczne tj. wysokość i masa ciała, obwody głowy i ciała (szyi, barków, klatki piersiowej, talii bioder, ramion) oraz parametry składu ciała - tłuszczowa masa ciała (ang. *fat mass*, FM) oraz beztłuszczowa masa ciała (ang. *fat-free mass*, FFM), uzyskane przy pomocy profesjonalnego analizatora BIA (ang. *bioimpedance analysis*). Do oceny związków zastosowano metody korelacji liniowej Pearsona, a do ustalenia najsilniejszych predyktorów jakości głosu użyto modeli regresji krokowej wstecznej, w której uwzględniono obliczone składowe główne dla skorelowanych grup parametrów. Wykazano występowanie istotnych statystycznie związków jakości głosu z budową i składem ciała u obydwu płci, choć kierunki tych zależności nie były jednakowe u mężczyzn i kobiet. Mężczyźni o większej masie oraz obwodach ciała charakteryzowali się głosami wyższymi, o bardziej kobiecej barwie oraz większej niestabilności. Mężczyźni o większej wysokości ciała mieli z kolei głosy bardziej stabilne. U kobiet natomiast zaobserwowano związki o przeciwnym kierunku - większa masa ciała oraz większe obwody ciała oznaczały u nich większą stabilność oraz intensywność głosu. Kobiety wyższe miały natomiast niższe głosy. Kiedy analizowano związki jakości

głosu z proporcjami ciała, wykazano, że mężczyźni o większych obwodach talii w stosunku do obwodów bioder (sylwetkach H-kształtnych) charakteryzowali się większą niestabilnością głosu. Mężczyźni o szerszych barkach (sylwetkach V-kształtnych) cechowali się głosami wyższymi o bardziej kobiecej barwie i krótszym czasem fonacji. Kobiety o większych obwodach barków w stosunku do obwodów bioder (o sylwetkach V-kształtnych) cechowały się większą niestabilnością głosu, bardziej kobiecą barwą głosu oraz jego niższą intensywnością. Głosy kobiet, które miały relatywnie duże obwody talii (sylwetki H-kształtne) były bardziej intensywne, niższe, o bardziej męskiej barwie i większej stabilności. Analiza związków parametrów głosu ze składem ciała wykazała relacje o odmiennych kierunkach u obu płci. Mężczyźni o większym otluszczeniu ciała mieli głosy wyższe, o bardziej kobiecej barwie i wyższej niestabilności, natomiast ci o większej masie mięśniowej cechowali się niższymi głosami. Kobiety o większej masie tłuszczowej miały głosy bardziej stabilne i mówiły głośniej, podczas gdy kobiety o większej zawartości mięśni cechowały się dłuższym czasem fonacji. Najsilniejszy związek z parametrami głosu kobiet i mężczyzn wykazały tłuszczowa masa ciała, obwody ciała oraz wiek badanych. Na podstawie uzyskanych wyników nie udało się ustalić, który typ nagrania jest bardziej przydatny do badania związków budowy i składu ciała u ludzi.

Zaobserwowane wyniki dowodzą istotnego związku budowy i składu ciała u ludzi obojga płci z jakością ich głosów. U podłoża tych relacji leżą zależności wynikające z: i) dodatniego związku wielkości krtani i toru głosowego z budową/składem ciała, ii) ujemnego związku wielkości krtani i toru głosowego z parametrami głosu tj. ton głosu, czy jego barwa. Uzyskane wyniki mogą być w przyszłości przydatne m.in. lekarzom i dietetykom, zajmującym się otyłymi pacjentami czy też lekarzom leczącymi aparat mowy osób pracujących zawodowo głosem. Wynikami pracy mogą też być zainteresowani pracownicy organów ścigania i biegli sądowi, analizujący nagrania głosowe (rozmowy telefoniczne, nagrania z podsłuchów, itp.) do szerszego opisu cech osoby poszukiwanej. Ludzki głos, kryje więc w sobie wiele informacji, które można wykorzystać do ważnych celów, znając sposób na ich odcodowanie.

**Słowa kluczowe:** barwa głosu; biometria; beztłuszczowa masa ciała; człowiek; identyfikacja osobnicza; proporcje ciała; tłuszczowa masa ciała; ton głosu

## ABSTRACT

The production of acoustic wave by the speech apparatus of living organisms is described by the source-filter theory. It explains that the glottis (located in the larynx) is the source of the so-called laryngeal tone, which is then filtered by the structures of the so-called vocal tract, such as the pharynx, oral and nasal cavities, so that the sound is amplified and the final product - the voice - is produced. Voice is a very important biological signal that plays a fundamental role in the social processes of living organisms, i.e. in mate selection or intra-sexual competition. It also provides a lot of important information about the biological state of an individual, such as its sex, age, biological condition (fitness), health status, as well as body size and shape. The aim of the dissertation was to evaluate the relationship of voice quality with the body build (size and shape) and body composition of adult men and women. The study attempted to determine the significance, strength and direction of the observed relationships. In addition, the question was raised as to which voice material (recordings of isolated vowels or short sentences spoken aloud) is a better determinant of body build/composition in humans. The collected material consisted of biometric features of 205 people (81 men and 124 women) aged 18-72 years whose native language was Polish. Data were collected between 2019 and 2022 at two research and teaching centers - in Wroclaw and Katowice. Voice samples were collected from all subjects, consisting of two types of recordings (vowel and sentence), anthropological measurements, i.e. height and weight, head and body circumferences (neck, shoulders, chest, waist hips, arms), and body composition parameters - fat mass (FM) and fat-free mass (FFM), obtained using a professional bioimpedance analysis (BIA) analyzer. Pearson's linear correlation methods were used to evaluate the associations, and stepwise backward regression models were used to determine the strongest predictors of voice quality, which included calculated principal components for the correlated parameter groups. It was shown that there were statistically significant associations of voice quality with body build and composition in both sexes, although the directions of these relationships were not the same in men and women. Men with greater weight and body circumferences were characterized by voices that were higher, with more feminine timbre and more unstable. Men with greater body height, on the other hand, had more stable voices. In women relationships of the opposite direction were observed - higher body weight and larger body circumferences meant higher stability and voice intensity in women. Taller women had lower voices. When the associations of voice quality with body proportions were analyzed, it was shown that men with larger waist circumferences relative to

hip circumferences (H-shaped silhouettes) had greater voice instability. Men with broader shoulders (V-shaped silhouettes) were characterized by higher voices with a more feminine timbre and shorter maximum phonation times. Women with larger shoulder girths relative to hip girths (with V-shaped silhouettes) were characterized by higher voice instability, more feminine timbre and lower voice intensity. The voices of women who had relatively large waist circumferences (H-shaped silhouettes) were more intense, lower, with a more masculine timbre and greater stability. Analysis of the relationships of voice parameters with body composition showed relationships with different directions in both sexes. Men with greater body fatness had higher voices with more feminine timbre and higher instability, while those with greater muscle mass were characterized by lower voices. Women with higher body fat mass had more stable voices and spoke louder, while women with higher FFM were characterized by longer maximum phonation times. The strongest relationship with voice parameters of men and women was shown by body fat mass, body circumference and age of the subjects. Based on the results, it was not possible to determine which type of recording is more useful for studying the relationship of body build and composition in humans.

The observed results demonstrate a significant relationship between body build and composition and the quality of the voices in both sexes. Underlying these relationships are correlations arising from: (i) the positive relationship of the size of the larynx and vocal tract with body build/composition, (ii) the negative relationship of the size of the larynx and vocal tract with voice parameters, i.e. pitch or timbre. The results obtained may be useful in the future for, among others, physicians and nutritionists dealing with obese patients or doctors treating the speech apparatus of voice professionals. The results of the work may also be of interest to law enforcement personnel and forensic experts analyzing voice recordings (telephone conversations, wiretap recordings, etc.) for a broader description of the characteristics of a wanted person. The human voice, therefore, hides a lot of information that can be used for important purposes if it is known how to decode it.

**Key words:** biometrics; timbre; lean body mass; human; personal identification; body proportions; body fat; pitch

## 1. Wstęp

### 1.1. Głos jako sygnał biologiczny

Głos jest bardzo ważnym sygnałem biologicznym odgrywającym znaczącą rolę w życiu wielu gatunków zwierząt, w tym człowieka. Według różnych definicji, głos to *dźwięk wydawany przez istoty żyjące* (Słownik Języka Polskiego PWN) lub *zespół dźwięków wydawanych przez człowieka i zwierzęta przy pomocy aparatu głosowego* (Encyklopedia PWN). Dwie najważniejsze cechy głosu to jego wysokość (ang. *pitch*), która powstaje w krtani, oraz barwa (ang. *timbre*), która powstaje w strukturach ponad-krtaniowych (Fant 1960; Titze 1994). Te własności głosu występujące zarówno u człowieka, jak i innych zwierząt, zależą głównie od trzech aspektów: wielkości ciała osobnika, typu środowiska w którym żyje oraz struktury socjalnej (Martin i in. 2017). **Wielkość ciała** osobnika wykazuje odwrotny związek z wysokością emitowanych przez niego dźwięków; większe osobniki cechują się niższymi głosami (Fitch 1997, 2000; Fletcher 2004). Drugim elementem, od którego zależy wysokość i barwa dźwięku wytwarzanego przez zwierzęta jest **rodzaj środowiska**, w którym żyją. Emitowane dźwięki różnią się tymi cechami w zależności, czy jest to środowisko lądowe, wodne, czy wodno-lądowe. Różnice w charakterystyce poziomów wokalizacji wytwarzanych przez zwierzęta w zależności od typu środowiska tłumaczy hipoteza adaptacji akustycznej (ang. *acoustic adaptation hypothesis*, AAH). Głosi ona, że w środowisku jest mnóstwo obiektów, takich jak na przykład gęsta szata roślinna (Peters i Peters 2010), które utrudniają przekazywanie sygnałów między komunikującymi się zwierzętami (Morton 1975). Kluczowym aspektem jest więc gęstość środowiska życia - np. absorpcja (pochłanianie) dźwięku jest mniejsza w wodzie, aniżeli w powietrzu (Martin i in. 2017). W związku z tym organizmy wodne i wodno-lądowe używają do komunikacji wyższych dźwięków niż zwierzęta lądowe; dźwięki te mogą rozchodzić się w wodzie znacznie dalej, z mniejszą utratą energii, niż byłoby to możliwe na lądzie (Forrest 1994). Z tego powodu zwierzęta wodne, o podobnych rozmiarach ciała, mogą emitować wyższe dźwięki niż zwierzęta żyjące w środowisku lądowym (np. delfin: masa ciała = 142 kg, wysokość dźwięku = 6-24 kHz vs. tygrys: masa ciała = 162 kg, wysokość dźwięku = 0,1-10 kHz; Martin i in. 2017). Również schemat rozchodzenia się fali dźwiękowej jest odmienny w środowisku lądowym (sferyczny, 3D) i w wodnym (cylicydryczny, 2D; Fletcher 2004), w związku z tym, na lądzie wraz z przebytą odległością, dźwięki są szybciej wyciszane niż w środowisku wodnym (Richardson i in., za: Martin i in. 2017). Z tego powodu zwierzęta żyjące w wodzie potrafią emitować dźwięki, które są w stanie przebyć dystans rzędu 1000 km

(np. płetwal błękitny), podczas gdy wokalizacje stworzeń lądowych mogą być słyszalne jedynie na odległość ~1 km, a rekordzistami są słonie, których głos dociera aż do 2,5 km od źródła (McComb i in. 2003). Po trzecie, **typ struktury socjalnej** wpływa na wysokość wokalizacji - osobniki żyjące w większych grupach (np. stadne) wydają wyższe dźwięki, natomiast gatunki samotnicze (np. orangutany, wieloryby, etc.) niższe, co jest spowodowane większą odległością, na którą muszą się komunikować (May-Collado i in. 2007). Niższe dźwięki cechują się większą długością fali akustycznej, dzięki czemu mogą rozchodzić się na dłuższe dystanse przy mniejszej stracie energii, przez co występują częściej u zwierząt samotniczych, żyjących na terenach mniej zagęszczonych (Richardson i in., za: Martin i in. 2017). Wokalizacje o wysokich częstotliwościach są natomiast typowe dla tak zwanych dźwięków alarmowych, gdyż są słyszalne powyżej dźwięków niskich. Z tego powodu są wykorzystywane w dużych grupach, o rozbudowanej strukturze społecznej, do wzajemnego ostrzegania się przed drapieżnikami, co w toku ewolucji skutkowało wytworzeniem dodatniego związku pomiędzy wielkością grupy a wysokością dźwięków wydawanych przez jej członków (Ramsier i in. 2012). Mechanizm ten opisuje tak zwana hipoteza delfina (ang. *The Dolphin Hypothesis*; Herman i Tavolga, za: Martin i in. 2017).

U ssaków głos, będący sygnałem biologicznym, pełni inne funkcje u samców, a inne u samic. Wyróżnia się dwie podstawowe formy doboru płciowego: kojarzenie partnerskie (relacja międzyplciowa) oraz rywalizacja pomiędzy samcami (relacja wewnątrz-płciowa; Anderss 1994). Pierwszą z ról, jaką odgrywa głos jest jego rola w **rywalizacji wewnątrz-płciowej** (ang. *intra-sexual competition*). Niski, głęboki głos u samców jest sygnałem świadczącym o dominacji osobnika (Gregory 1994). Na przykład jelenie wydają specyficzne odgłosy, o niskiej tonacji i wysokiej głośności w celu pokazania swojej przewagi fizycznej i wyparcia z terytorium słabszych osobników (Atkeson i in. 1988). Drugą rolę, jaką pełni głos jest **kojarzenie międzyplciowe** (ang. *inter-sexual selection*). Samce o niższym i bardziej donośnym głosie charakteryzują się większym sukcesem reprodukcyjnym, co wyraźnie widoczne jest w przypadku zwierząt haremowych (Charlton i in. 2011).

Niski głos jest również sygnałem wokalnym świadczącym o **dominacji** u ludzi. Badania pokazują, że mężczyźni, którzy uważają się za bardziej dominujących od swojego rozmówcy, obniżają ton swojego głosu w trakcie rozmowy, podczas gdy mężczyźni oceniający się, jako bardziej ulegli względem swojego interlokutora, podwyższają go (Puts i in. 2006). Również w przypadku kobiet niski głos mówcy jest kojarzony z dominacją zarówno przez mężczyzn, jak i przez kobiety (Borkowska i Pawłowski 2011). Głos zawiera

również pewne informacje dotyczące siły fizycznej mówcy. Wyniki badań prowadzonych na 6 zróżnicowanych etnicznie próbach ukazują, że słuchacze są w stanie poprawnie ocenić siłę fizyczną mówcy wyłącznie na podstawie głosu, oceniając osoby o niższym tonie, jako silniejsze (Sell i in. 2010). Co więcej, słuchacze oceniają mówców, jako silniejszych fizycznie, gdy odtwarza się im nagrania zawierające krzyk badanych niż gdy ocenianym sygnałem jest zwyczajna mowa (Raine i in. 2018). W **kojarzeniu między-płciowym** u ludzi, mężczyźni o niskich głosach są oceniani przez kobiety jako bardziej atrakcyjni (Collins 2000; Feinberg i in. 2005; Puts 2005; Hughes i in. 2008), a dodatkowe sztuczne obniżanie ich głosów jeszcze bardziej zwiększa atrakcyjność (Feinberg i in. 2005; Puts i in. 2007). Z kolei u kobiet wysokie głosy są oceniane przez mężczyzn jako atrakcyjne, ale tylko do pewnej granicy wysokości, powyżej której, głosy stają się nieatrakcyjne z powodu wchodzenia ich częstotliwości w zakres głosów dziecięcych, co jest kojarzone z niedojrzałością płciową kobiet (Borkowska i Pawłowski 2011). Również, sztuczne podwyższanie kobiecych głosów czyni je bardziej atrakcyjnymi (Apicella i Feinberg 2009; Puts i in. 2011). Badania sukcesu reprodukcyjnego wykazały, że mężczyźni i kobiety, których głosy oceniono jako bardziej atrakcyjne, deklarowali posiadanie większej liczby partnerek/partnerów seksualnych w przeszłości, wcześniejszy wiek inicjacji seksualnej oraz większą liczbę poza-związkowych kontaktów seksualnych (ang. *extra-pair copulation*, EPC; Hughes i in. 2004). Zaobserwowano również, że używanie głosu, jako sygnału dominacyjnego względem konkurenta, wiąże się z istotnie wyższym sukcesem reprodukcyjnym (posiadaniem większej liczby partnerów) niż używanie głosu, jako atraktantu płciowego, w celu zainteresowania sobą partnera płci przeciwnej (Hoghes-Simeon i in. 2011).

## **1.2. Głos jako fala dźwiękowa - teoria powstawania głosu**

Teoria powstawania głosu zakłada, że do jego wytworzenia niezbędna jest współpraca trzech układów: mięśniowo-szkieletowego, oddechowego i nerwowego (Van den Berg 1958). Jest to tak zwana teoria mioelastyczno-aerodynamiczna, zgodnie z którą proces tworzenia głosu uzależniony jest od trzech elementów: układu oddechowego, krtani oraz przestrzeni rezonatorowych wchodzących w skład tzw. traktu (toru) głosowego (ang. *supralaryngeal vocal tract*, SVT; Fitch 2000; Krasnodębska i in. 2020). Do zainicjowania dźwięku niezbędna jest praca układu oddechowego - płuc i mięśni oddechowych (przepony, mięśni międzyżebrowych), dzięki, którym powstaje strumień powietrza, tworzący podgłośnie



ciśnienie wydechowe, który następnie przechodzi przez część krtani zwaną szparą głośni. To właśnie w tym miejscu znajdują się fałdy głosowe (ang. *vocal folds*), które razem z wewnętrzną powierzchnią chrząstek nalewkowatych krtani tworzą szparę głośni (Krasnodębska i Szkielkowska 2016). Dochodzi tu do modelowania strumienia powietrza przez drgające fałdy głosowe, które nazywane jest fonacją. Ciśnienie podgłośniowe jest następnie zamieniane w energię akustyczną, warunkującą wysokość i intensywność (głośność) głosu. W wyniku tego procesu powstaje tak zwany ton podstawowy (krtaniowy). Finalnie ton krtaniowy jest modyfikowany podczas przechodzenia przez elementy toru głosowego (SVT), takie jak gardło, jama ustna i jama nosowa, czyli część rezonatorową (Fitch 2000). Podczas przechodzenia strumienia powietrza przez głośnię dochodzi do podrażnienia zakończeń nerwowych znajdujących się w krtani (Hammer i Krueger 2014). Poprzez nerw błędny informacja ta przekazywana jest do jąder wzgórza, skąd następnie trafia ona do pierwszorzędowej kory słuchowej. Z ośrodkami słuchu powiązane są również ośrodki korowe głosu znajdujące się w płatach czołowych. Dzięki temu możliwe jest porównanie powstałego dźwięku z sygnałem zamierzonym i wsteczna informacja wysyłana jest do krtani (Krasnodębska i in. 2020). Mechanizm jest dowodem na to, że oscylacje fałdów głosowych są inicjowane w sposób pasywny (poprzez strumień powietrza z płuc przepływający przez głośnię) oraz aktywny (poprzez stymulację ośrodkowego układu nerwowego; Story i Titze 1995).

Powstawanie poszczególnych parametrów głosu tłumaczy teoria źródła i filtra (ang. *source-filter theory*; Fant 1960). W myśl tej koncepcji krtani (ang. *larynx*), a dokładnie fałdy głosowe, są źródłem dźwięku, natomiast filtr stanowią ponadkrtaniowe elementy toru (traktu) głosowego (SVT; Fitch 2000). Na skutek drgania (oscylacji) fałdów głosowych powstaje pierwszy i najbardziej podstawowy parametr głosu, czyli częstotliwość podstawowa (ang. *fundamental frequency*, F0), odbierana jako ton głosu (w.w. ton krtaniowy; Titze 1994). Jest to najniższa i najsilniejsza częstotliwość dźwięku. Parametr ten opisuje wysokość głosu i jest zależny od morfologii fałdów głosowych, w szczególności ich długości i napięcia (Titze 2011). Napięcie fałdów głosowych jest zależne od stopnia ich uwodnienia, które jest regulowane przez hormony płciowe przyłączające się do swoich receptorów znajdujących się w podjednostkach fałdów głosowych (Aufdemorte i in. 1983; Newman i in. 2000; Voelter i in. 2008; Kirgezen i in. 2017). Następnie częstotliwość ta (ton krtaniowy) jest filtrowana przez elementy SVT. Poza wspomnianymi już wcześniej trzema jamami (gardłową, ustną i nosową) tworzącymi tor głosowy, dodatkowo wyróżnia się w jego obrębie artykulatory stałe

(muszle nosowe, zatoki przynosowe, podniebienie twarde) i ruchome (język, podniebienie miękkie z jęczyzkiem podniebiennym, wargi, zuchwa; Bulińska, za: Gajda i Pawłowski 2016). F0 przechodzi przez trzy tory akustyczne: gardłowy, ustny i nosowy, gdzie załamuje się odbijając od elementów traktu głosowego, dzięki czemu jest wzmacniana (Tadeusiewicz 1988). Na skutek tej amplifikacji tonu krtaniowego powstają częstotliwości formantowe, nazywane potocznie formantami (F1-Fn; Fant 1960; Titze 1994). Są one postrzegane percepcyjnie jako barwa głosu, a ich wartości zależą od długości i kształtu toru głosowego - im dłuższy SVT, tym niższe ich wartości (Fitch 1997, 2000). Równie ważnym parametrem głosu, co częstotliwość podstawowa i formanty, jest jego intensywność, czyli inaczej głośność (ang. *intensity*). Jej wartość jest wprost proporcjonalna do amplitudy fali dźwiękowej powstającej na skutek wibracji fałdów głosowych, natomiast amplituda jest tym większa, im większe jest ciśnienie podgłośniowe (Izadi i in. 2012). To z kolei zależy przede wszystkim od ciśnienia pęcherzykowego w płucach, które jest kontrolowane przez mięśnie oddechowe i objętość płuc (Zhang 2016). Podsumowując, im wyższa jest wartość tego parametru, tym głośniejszy jest głos. Zarówno częstotliwość podstawowa, jak i amplituda głosu, mogą ulegać pewnym zniekształceniom i nieregularnościom. Zmiany te opisują parametry nieregularności (perturbacji) fali dźwiękowej. *Jitter* jest to parametr określający zmienność F0 pomiędzy okresami, który jest percepcyjnie postrzegany, jako stopień szorstkości głosu. *Shimmer* to natomiast wskaźnik zmienności amplitudy fali akustycznej z okresu na okres, odbierany jako stopień chryпки w głosie. Dodatkowo w sygnale głosu można wyróżnić częstotliwości czyste (ang. *harmonics*) oraz szумы (ang. *noises*) stanowiące wszelkie zakłócenia i nieczystości dźwięku. Ich wzajemny stosunek opisują parametry *noise-to-harmonic ratio* (NHR) oraz *harmonic-to-noise ratio* (HNR), które są ze sobą odwrotnie skorelowane. Im wyższe wartości osiągają parametry *jitter*, *shimmer* i NHR oraz im niższą wartość osiąga HNR, tym głos jest bardziej niestabilny (Wolfe i in. 1995; Niebudek-Bogusz i in. 2004; Teixeira i in. 2013).

### **1.3. Czynniki wewnętrzne i zewnętrzne wpływające na jakość głosu**

#### **1.3.1. Czynniki wewnętrzne**

Płeć i wiek mówcy to podstawowe **czynniki wewnętrzne** mające duży wpływ na jakość jego głosu. Ich związek z głosem wynika w znacznym stopniu z różnic anatomicznych oraz z różnic fizjologicznych powiązanych z poziomem hormonów płciowych i ich fluktuacji. Również wielkość, kształt i skład ciała mają istotny wpływ na brzmienie głosu. Także nie bez

znaczenia pozostaje związek jakości biologicznej i stanu zdrowia z parametrami akustycznymi.

**Płeć** jest jednym z najważniejszych determinantów jakości głosu. Mężczyźni posiadają głosy istotnie niższe i o głębszej barwie od głosów żeńskich - przeciętna wysokość męskiego głosu jest o ok. 5 odchyleń standardowych niższa od średniego głosu kobiety (Puts i in. 2012). Potwierdzenie tego szacunku można znaleźć w wynikach największej jak dotąd metaanalizy, która objęła 47 niezależnych grup mężczyzn i kobiet (Pisanski i in. 2014). Różnice w głosach męskich i kobiecych wynikają z innej budowy anatomicznej aparatu mowy u kobiet i mężczyzn oraz z odmiennego profilu hormonalnego u każdej z płci. Po pierwsze, mężczyźni mają dłuższe, masywniejsze i bardziej napięte fałdy głosowe (Aufdemorte i in. 1983; Abitbol i in. 1999; Kirgezen i in. 2017) oraz dłuższe tory głosowe (struktury znajdujące się ponad krtanią; Fitch i Giedd 1999), przez co ich głosy są niższe i posiadają głębszą barwę (Wolfe i in. 1990; Fitch 1997; Harries i in. 1998; Perry i in. 2001). Po drugie, u obydwu płci występują odmienne stężenia hormonów płciowych we krwi oraz liczba receptorów dla tych związków chemicznych w fałdach głosowych (Kirgezen i in. 2017). Powoduje to, że głosy kobiet, które mają wyższe stężenia estrogenów i progesteronu (oraz większą liczbę ich receptorów w krtani) mają głosy wyższe (Abitbol i in. 1999), natomiast mężczyźni, u których wyższe jest stężenie testosteronu (oraz większa liczba jego receptorów w fałdach głosowych) - niższe głosy (Dabbs i Mallinger 1999; Evans i in. 2008). Różnice te są spowodowane działaniem tych hormonów na strukturę fałdów głosowych, na przykład na ich śluzówkę. Androgeny powodują odwadnianie błony śluzowej, estrogeny jej rozrastanie poprzez proliferację komórek ją budujących, natomiast progesteron wykazuje działania antyproliferacyjne (Abitbol i in. 1999). Podsumowując, głos jest u człowieka cechą o silnym dymorfizmie płciowym, charakterystycznym dla gatunków poligenicznych, u których selekcja płciowa jest silniejsza niż u gatunków monogamicznych (Puts i in. 2016).

Kolejnym czynnikiem wewnętrznym oddziałującym na głos jest **wiek** mówcy. Podobnie, jak w przypadku płci, jakości głosu zależy od dwóch czynników - zmian z wiekiem w budowie anatomicznej oraz zmiennego wpływu hormonów płciowych na narząd głosu (Tarafder i in. 2012; Zamponi i in. 2021). Zmiany te zachodzą szczególnie intensywnie w trzech okresach ontogenezy człowieka - w dzieciństwie i adolescencji na skutek procesów wzrostowych i dojrzewania oraz na starość wskutek procesów inwolucyjnych (Sataloff i in. 2017). W pierwszym z tych okresów dochodzi do kształtowania się krtani i toru głosowego. Krtani nabywa większość swoich cech anatomicznych do 3. miesiąca życia płodowego. Po

narodzinach dochodzi do ossyfikacji kości gnykowej, która zaczyna się przed 2. rokiem życia. Ważnym zjawiskiem jest tzw. pierwsze zstępowanie krtani. W momencie narodzin krtani jest umiejscowiona na wysokości trzeciego kręgu szyjnego (C3) wchodząc w kontakt z nagłośnią, a następnie obniża się osiągając położenie piątego-szóstego kręgu szyjnego (C5-C6) przed osiągnięciem 5. roku życia (Sataloff i Kost 2020). Pierwszym dźwiękiem wydawanym przez dziecko jest jego krzyk, który może osiągnąć wysokość 500 Hz - następnie w miarę wzrostu dziecka, wysokość jego głosu się obniża osiągając wysokość ok. 275 Hz ok. 8. roku życia. Ton głosu dziewcząt i chłopców nie różni się znacząco, aż do okresu dojrzewania (Sataloff i Kost 2020). Następnie, w okresie dojrzewania, w związku ze zwiększaniem się długości fałdów głosowych o ok. 60% u chłopców i o ok. 34% u dziewcząt (Kahane 1982) oraz dalszego obniżania się krtani (Zamponi i in. 2021), wysokość tonu osiąga do 18. roku życia wartość 220-225 Hz u kobiet i 120-130 Hz u mężczyzn (proces tzw. mutacji głosu zachodzący u obu płci). Również tor głosowy wydłuża się do 20.-21. roku życia, kiedy to osiąga swoje ostateczne wymiary (Sataloff i Kost 2020). W okresie starości dochodzi do kolejnych zmian jakości głosu na skutek procesów inwolucyjnych zachodzących w organizmie. Procesom inwolucyjnym podlegają zarówno układ oddechowy, krtani, jak i elementy toru głosowego (Sunberg 1987). Między innymi zmniejsza się pojemność życiowa płuc, mięśnie i więzadła głosowe krtani tracą swoją elastyczność - przez co stają się słabsze, śluzówka fałdów głosowych wysycha i cienieje. Fałdy głosowe zaczynają wibrować z większą nieregularnością. Z wiekiem odnotowuje się również zmiany w obrębie struktur ponadkrtaniowych takie, jak zanik mięśni twarzy (np. żwaczy) oraz gardła, co również pogarsza jakość głosu (Tarafder i in. 2012). Dochodzi też do kostnienia (ossyfikacji) szkieletu chrzęstnego krtani - chrząstka tarczowata i pierścieniowata zaczynają kostnieć ok. 20. roku życia, natomiast chrząstki nalewkowate pod koniec trzeciej dekady życia. Cały szkielet chrzęstny krtani, za wyjątkiem chrząstek klinowatych i różkowatych, ulega ostatecznej ossyfikacji do ok. 65. roku życia (Sataloff i Kost 2020).

Poza opisanymi powyżej oddziaływaniami związanymi z płcią i wiekiem, **hormony** wpływają na jakość głosu również na kilka innych sposobów. Przykładem jest regularność miesiączkowania i faza cyklu menstruacyjnego u kobiet. Po pierwsze, kobiety po okresie menopauzy różnią się jakością głosu od kobiet miesiączkujących regularnie; mają na przykład niższe głosy (Raj i in. 2010). Kobiety miesiączkujące naturalnie różnią się wysokością i stabilnością głosu od kobiet, przyjmujących doustne środki antykoncepcyjne. Co więcej, kobiety, mające naturalne cykle cechują się fluktuacją wysokości głosu w czasie cyklu - mają

wyższe głosy w późnej fazie folikularnej, najniższą intensywność (głośność) głosu w fazie lutealnej oraz stabilniejszy głos w fazie menstruacyjnej, podczas gdy kobiety, których cykl jest hormonalnie wyrównany poprzez stosowanie antykoncepcji nie wykazują cyklicznych zmian w jakości głosu (Pavela Banai 2017). Jeszcze inne badanie pokazuje, że u 30 kobiet miesiączkujących naturalnie i badanych kilkakrotnie w ciągu cyklu, w fazie lutealnej wysokość głosu była istotnie niższa, a jego barwa najbardziej kobieca w porównaniu z trzema pozostałymi fazami (Narasimhan i Pooja 2022). Przyjmowanie doustnej antykoncepcji hormonalnej ma u kobiet istotny wpływ na jakość głosu (Rodney i Sataloff 2016). Co interesujące przegląd badań wskazuje, że stosowanie doustnych środków hormonalnych poprawia jakość głosu u kobiet (Amir i Biron-Shental 2004; Rodney i Sataloff 2016). Pomimo, że pierwsze badania dotyczące tej tematyki sugerowały negatywne zmiany w głosie u kobiet stosujących doustne środki hormonalne takie, jak obniżenie wysokości głosu oraz zwiększenie jego percepcyjnej szorstkości (Wendler i in., za: Amir i Biron-Shental 2004), to bardziej aktualne prace ukazują brak negatywnego efektu (Amir i in. 2002, 2005; Rodney i Sataloff 2016) lub poprawę jakości głosu u kobiet stosujących tego typu środki (Amir i in. 2003). Również ciąża może wpływać na stan żeńskiego głosu. Kobiety będące tuż przed porodem cechują się większym zmęczeniem głosu oraz krótszym czasem fonacji, które polepszają się po porodzie (Hamdan i in. 2009). Inna praca dowodzi, że u kobiet po porodzie dochodzi do obniżenia się głosu, które trwa aż do 12 miesięcy po urodzeniu, po czym głos wraca do stanu przed zajściem w ciążę (Pisanski i in. 2018). Powodem tego stanu może być wyraźny spadek poziomu estrogenów, progesteronu i kortyzolu zaraz po porodzie (Higgins i Saxman, za: Pisanski i in. 2009). Wyniki tych prac dowodzą, że występują pewne, subtelne różnice w głosie pomiędzy fazami cyklu miesięcznego, na który wpływ mają zmieniające się cyklicznie stężenia hormonów płciowych.

Głos dostarcza również pewnych informacji dotyczących **wielkości i kształtu ciała** osobnika, zarówno u zwierząt (Fitch 1997, 2000; Fitch i Hauser 2003; Reby i McComb 2003; Ey i in. 2007; Charlton i in. 2011; Bowling i in. 2017; Martin i in. 2017), jak i u ludzi (Graddol i Swann 1983; González 2004, 2007; Rendall 2005, 2007; Bruckert i in. 2006; Evans i in. 2006, 2008; Pisanski i in. 2014, 2016). Badania z zakresu tak zwanej allometrii akustycznej (ang. *acoustic allometry*) dowodzą, że osobniki o większych rozmiarach ciała cechują się głosami niższymi i o głębszej, bardziej zmaskulinizowanej barwie (Fitch 1997; Rendall i in. 2005; Bruckert i in. 2006; Evans i in. 2006). Wynika to z reguły głoszącej, że większe osobniki emitują fale dźwiękowe o większej długości (Titze 1994). Jest to

uwarunkowane tym, że osobniki o większych wymiarach ciała posiadają większą krtani (dłuższe fałdy głosowe; Inamoto i in. 2015; Enver i in. 2021) oraz dłuższy tor głosowy (Fitch i Giedd 1999), a ich głosy są niższe o głębszym, bardziej zmaskulinizowanym brzmieniu (Rendall i in. 2007). Wynika to z zależności pomiędzy długością fałdów głosowych, która jest dodatkowo skorelowana z wielkością krtani (Inamoto i in. 2015), a wysokością głosu (Harries i in. 1998) oraz związku długości i kształtu toru głosowego (ang. *supralaryngeal vocal tract*, SVT) z jego barwą (Fitch 1997; Riede i Fitch 1999). Podsumowując, elementy aparatu głosowego (części fonacyjnej - krtani i części rezonacyjnej/artykulacyjnej - elementy toru głosowego) są ściśle związane z wysokością i barwą głosu, jak również z budową ciała (np. jego wysokością), stąd występuje pozorna korelacja pomiędzy wielkością i kształtem ciała a głosem (Bruckert i in. 2006). Głos, jest więc bardzo ważnym sygnałem, który dostarcza informacji o wyglądzie danego mówcy. Z tego powodu wiele zwierząt wykształciło w toku ewolucji mechanizm polegający na oszustwie: wysyłaniu dźwiękowego sygnału o pozornie większych rozmiarach swojego ciała, poprzez obniżanie wysokości emitowanego przez nie dźwięku. Zjawisko to opisuje tzw. hipoteza wyolbrzymiania akustycznego rozmiarów ciała (ang. *acoustic size exaggeration hypothesis*; Fitch 1999). Na przykład samce koali, dzięki silnie rozwiniętemu mięśniowi mostkowo-tarczowemu, mają zdolność do „wciągania” krtani w głąb klatki piersiowej podczas wokalizacji, dzięki czemu wydłużają swój tor głosowy ponad dwukrotnie (Charlton i in. 2011). Dzięki temu obniżają emitowany przez siebie dźwięk (Charlton i in. 2011), co pomaga im w znakowaniu terytorium i odstraszeniu rywali (Mitchell 1990) oraz działa jako atraktant płciowy wabiący samice, który może nawet indukować u nich owulację (Ellis i in. 2011). Samce gazeli, podnoszą maksymalnie do góry głowę, przez co wydłużają tor głosowy, obniżając krtani, o ok. 150% (Frey i in. 2011). Z kolei wiele gatunków ptaków wykształciło mechanizm polegający na elongacji toru głosowego, poprzez wydłużanie tchawicy (która stanowi u nich największą część toru głosowego, w związku z występowaniem u ptaków krtani dolnej), na który składają się cztery morfologiczne formy wydłużania SVT: *i*) zwijanie wewnątrz-obojęczykowe, *ii*) zwijanie wewnątrz klatki piersiowej, *iii*) zwijanie wewnątrz-mostkowe oraz *iv*) zwijanie podskórne (Fitch 1999). Również u gatunku *Homo sapiens* występuje zjawisko akustycznego wyolbrzymiania rozmiarów ciała. Badania pokazują, że zarówno zwierzęta, jak i ludzie obniżający głos sprawiają wrażenie większych (Pisanski i in. 2022). Osoby o niższych, głębszych głosach są oceniane jako wyższe i cięższe (Collins 2000; Bruckert i in. 2006, Pisanski i Rendall 2011; Pisanski i in. 2012; Raine i in. 2018), a oceny te często znajdują potwierdzenie w rzeczywistych rozmiarach ciała badanych (Lass i in. 1976; Lass i Davis 1980; Collins 2000; Bruckert i in. 2006; Raine

i in. 2018). Także u człowieka kształt sylwetki kobiet i mężczyzn może być poprawnie oceniany na podstawie głosu - mężczyźni o szerokich barkach (V-kształtnych sylwetkach) i kobiety o szerokich biodrach (A-kształtnych sylwetkach) byli trafnie opisywani przez słuchaczy, którym odtworzono próbki ich głosów (Hughes i in. 2009). Bardzo interesujące wnioski płyną z badań Pisanski i Reby (2021), którzy odkryli, że podczas oceny wysokości ciała mówców, słuchacze oceniali jako wyższe osoby, które intencjonalnie obniżały swój głos, pomimo że byli w stanie prawidłowo wskazać tych, którzy oszukiwali. Podłoża ewolucyjnego wspomnianego mechanizmu dowodzą wyniki prac pokazujące, że nawet osoby niewidome od urodzenia (Pisanski i in. 2016b) oraz 3-miesięczne dzieci (Pietraszewski i in. 2017) są w stanie prawidłowo ocenić wielkość ciała osobnika wyłącznie na podstawie głosu.

Głos dostarcza również pewnych informacji o **składzie ciała** człowieka, czyli zawartości tak zwanej tłuszczowej masy ciała (ang. *fat mass*, FM) oraz beztłuszczowej masy ciała (ang. *fat-free mass*, FFM) w organizmie. Na beztłuszczową masę ciała składają się masa mięśni szkieletowych, całkowita masa wody w organizmie oraz zawartość białek i minerałów. Badań, w których analizowane są związki składu ciała oraz jakości głosu u ludzi jest niewiele i skupiają się one głównie wokół porównań jakości głosu osób otyłych z głosami osób o prawidłowej masie ciała. Wyniki prac pokazują, że osoby otyłe (BMI > 30) cechują się większą niestabilnością głosu oraz krótszym czasem fonacji, czyli gorszą wydolnością układu oddechowego (Da Cunha i in. 2011; Barsties i in. 2013; Celebi i in. 2013; Acurio i in. 2014; de Souza i in. 2014; de Souza i dos Santos 2018). Stan ten wynikać może z nadmiernego otluszczenia okolic traktu głosowego, w szczególności języczka podniebiennego, podniebienia miękkiego, bocznych i tylnych ścian gardła oraz tylnej części języka u osób otyłych, co przekłada się na nieregularność drgań tych części toru głosowego, a w konsekwencji powoduje to większą niestabilność głosu (Da Cunha i in. 2011) oraz utrudnienia w przepływie strumienia powietrza i słabszymi siłami aerodynamicznymi krtani i mięśni oddechowych u osób otyłych (Da Cunha i in. 2009; Gonçalves i in. 2011). Znane są również prace ukazujące zmiany parametrów głosu u osób otyłych, po operacjach bariatrycznych polegających na resekcji części żołądka, lecz ich wyniki nie ukazują w sposób jasny konkretnych tendencji zmian parametrów głosu (Solomon i in. 2011; Hamdan i in. 2014; Eravci i in. 2022). Znana jest również jedna praca, w której wykorzystano metodę uczenia maszynowego do porównania głosów osób o różnych kategoriach wskaźnika masy ciała (ang. *body mass index*, BMI) dla potrzeb medycznych. Jej wyniki pokazują, że stworzony algorytm sztucznej inteligencji był w stanie poprawnie zakwalifikować osoby do

poszczególnych kategorii BMI wyłącznie na podstawie ich głosu (Lee i in. 2013). Rezultaty te sugerują, że w głosie zawarte są pewne informacje dotyczące składu ciała człowieka, które co więcej mogą być „odczytywane” przez słuchaczy, którzy są w stanie poprawnie ocenić stopień otluszczenia mówcy (Pawelec i in. 2022b).

Głos zawiera również wiele wskazówek wokalnych (ang. *vocal cues*) dotyczących **jakości biologicznej** (*fitness*) i **stanu zdrowia** mówcy. Na przykład głos dostarcza porównywalnych informacji dotyczących jakości biologicznej potencjalnego partnera, co morfologia jego twarzy (Feinberg 2008), zarówno u mężczyzn (Feinberg i in. 2008), jak i u kobiet (Collins i Missing 2003), a dualizm ten jest obserwowany międzykulturowo (Valentova i in. 2017). Istnieją również badania pokazujące dodatni związek oceny atrakcyjności głosu ze stopniem asymetrii fluktuacyjnej (ang. *fluctuating asymmetry*, FA) mówcy; im mniejszą asymetrią cechują się badani, tym ich głosy są oceniane jako bardziej atrakcyjne (Hughes i in. 2002, 2008; Hill i in. 2017). Jednakże znane są również wyniki przeczące występowaniu tego typu relacji, poddające w wątpliwość wyniki wcześniejszych autorów (Kordsmeyer i in. 2020). Mężczyźni o niższych, bardziej męskich głosach, oceniani są jako zdrowsi, chociaż związek ten nie znajduje potwierdzenia w faktycznej samoocenie stanu zdrowia tych mężczyzn (Albert i in. 2021). Powyższe wyniki pozwalają przypuszczać, że głos jest sygnałem biologicznym, niosącym ważne informacje o stanie zdrowia (Arnocky i in. 2018) i stabilności rozwojowej danej osoby (Hughes i in. 2002, 2008; Hill i in. 2017).

### 1.3.2. Czynniki zewnętrzne

Poza czynnikami wewnętrznymi sygnał głosu modyfikują również czynniki zewnętrzne. Nie wynikają one z biologicznych uwarunkowań organizmu, a stanowią raczej pochodną wpływów środowiskowych.

Pierwszym czynnikiem jest **stan emocjonalny**. Jest to cecha, która może być indukowana poprzez zmiany biochemiczne organizmu, jednakże często jest wywoływana wpływem czynników zewnętrznych, dlatego została umieszczona w tym podrozdziale. Ważnym aspektem emocjonalnym powodującym zmiany w głosie jest stres. Badania pokazują, że osoby, które znalazły się w sytuacji stresowej mają istotnie podwyższony głos względem stanu początkowego (przed stresującym zadaniem), co jest związane z większym napięciem mięśni regulujących ruchy krtani oraz więzadeł głosowych (Rothkrantz i in. 2004; Neubauer i in. 2017). Głosy osób, które odczuwają szczęście są intensywniejsze (głośniejsze), a ich wysokość osiąga ekstremalnie wartość względem głosu neutralnego (bez emocji); głosy



osób odczuwających smutek są natomiast ciche i obniżone, a głosy osób, które czują złość - głośniejsze i o głębszym brzmieniu (Klasmeyer i Sendlmeier 2000). Również odczuwany ból wiąże się z podwyższonym tonem i głośnością emitowanego sygnału głosowego oraz dźwięk o takich parametrach jest oceniany przez słuchaczy, jako głos osoby cierpiącej (Raine i in. 2019).

Kolejnym czynnikiem wpływającym na głos jest **praca głosem lub jego nadużywanie** w celach hobbystycznych. Przykładem grupy zawodowej nadużywającej aparatu mowy w swojej pracy są nauczyciele. Badania półciągle prowadzone w dwóch włoskich szkołach pokazują, że pod koniec roku szkolnego intensywność (głośność) głosu nauczycieli zwiększyła się w stosunku do jego początku średnio o 3,8 dB, co pokazuje że praca głosem w warunkach podwyższonego tła akustycznego (np. hałasu w klasie szkolnej) powoduje stałe nawykowe zwiększenie się głośności wypowiedzi (Calosso i in. 2017). Również dziennikarze radiowi i telewizyjni należą do grupy osób intensywnie pracujących głosem. Badanie semi-longitudinalne przeprowadzone z udziałem 20 reporterów płci męskiej, pracujących w belgijskim radiu wykazało, że po 30 latach pracy w zawodzie ich głosy uległy istotnemu obniżeniu oraz zmniejszyła się siła intonacji wypowiedzi przez nich formułowanych (Decoster i Debruyne 2000).

Głos mogą modyfikować również **używki** takie, jak tytoń, alkohol, czy kawa. Osoby palące papierosy mają z reguły głosy niższe niż osoby niepalące lub palące jedynie fajkę wodną (Ayoub i in. 2019). Osoby palące papierosy mogą mieć dodatkowo głosy o większej niestabilności a liczba wypalanych dziennie papierosów ma wprost proporcjonalny związek z zaburzeniami głosu oraz odwrotnie proporcjonalny związek z jego wysokością (González i Carpi 2004). Alkohol wypity niedługo przed nagraniem głosu także może zmieniać jego właściwości. Eksperyment, w którym uczestników poproszono o wypicie piwa, w celu osiągnięcia tego samego średniego stopnia upojenia (tj. 0,8 g/kg stężenia alkoholu we krwi) pokazały, że po spożyciu podwyższyła się wysokość głosu i znacznie zwiększyła jej zmienność (intonacja; Krishnan i Ghosh 2017). Inne badania wskazują, że tempo mówienia wydłuża się wraz ze zwiększającą się objętością wypitego alkoholu (Cooney i in. 1998). Spożywanie kofeiny (niezależnie od formy: kawa, tabletki kofeinowe) nie wykazało natomiast żadnego negatywnego wpływu na żaden z parametrów ludzkiego głosu (Georgalas i in. 2021).

Na jakość ludzkiego głosu wpływać mogą również **urazy oraz zabiegi okolic głowy i szyi**. Przykładem może być zabieg operacyjny tarczycy. Po zabiegu usunięcia tarczycy wysokość głosu może się obniżyć, zarówno w przypadku kobiet, jak również mężczyzn, co może być efektem przypadkowego uszkodzenia nerwów i mięśni połączonych z krtanią w czasie operacji (Musholt i in. 2006). Również zabieg tonsilektomii, czyli usunięcia migdałków podniebiennych, może mieć istotne znaczenie dla jakości głosu. Po tym zabiegu istotnie polepsza się stabilność głosu oraz dochodzi do redukcji dźwięków nosowych w głosie (Subramaniam i Kumar 2015). Również wady zgryzu (np. przodozgrzyz, tyłozgrzyz) mogą mieć znaczenie dla brzmienia ludzkiego głosu. Nieprawidłowości zgryzu wynikające z różnego rodzaju wad aparatu stomatognatycznego powodują zaburzenia w artykulacji poszczególnych głosek (Grudziąż-Sękowska i in. 2018), podobnie jakość głosu zmienia czasowo noszenie aparatu korygującego zgryz. Także wielkość i morfologia zatok przynosowych mają wpływ na ludzki głos (Havel i in. 2014). Pewne badania pokazują na przykład, że zabieg augmentacji (operacyjnego podniesienia) dna zatoki szczękowej powoduje u pacjentów poprawę jakości głosu (Ungor i in. 2013).

**Wady słuchu** są kolejnym czynnikiem mogącym modyfikować parametry głosu. Na przykład osoby całkowicie bądź częściowo niesłyszące cechują się mniejszą zmiennością zakresu częstotliwości podstawowej głosu; mają one również mniejszą kontrolę nad wysokością tonu swojego głosu (Manning i in. 1992; Campisi i in. 2006). Cechują się one także wolniejszym tempem mówienia (Colton i in. 1968). Podsumowując, osoby z wadami słuchu mają zmienione w szczególności parametry głosu związane z jego częstotliwością, intensywnością (głośnością) oraz stabilnością, co najprawdopodobniej jest spowodowane nieprawidłową kontrolą słuchową głosu, prowadzącą do kodowania w mózgu niepoprawnych wzorców neuronalnych. W konsekwencji prowadzą one do zaburzeń w kontrolowaniu mięśni krtani (Myszel i Szkielkowska 2020).

**Dieta**, czyli sposób i rodzaj spożywanych posiłków, może wpłynąć na ludzki głos (Smeltzer i in. 2017). Również refluks żołądkowo-przelykowy, który może być konsekwencją niewłaściwego odżywiania się, może wywierać wpływ na brzmienie głosu poprzez uszkodzenie błony śluzowej gardła oraz fałdów głosowych, co istotnie pogarsza jego jakość (Pribušienė i in. 2005). Post, czyli wstrzemięźliwość w spożywaniu posiłków także nie pozostaje bez znaczenia dla głosu. Badania prowadzone w czasie Ramadanu ujawniły, że codzienny post powoduje znaczne pogorszenie samooceny wysiłku głosowego oraz skrócenie

czasu fonacji średnio o ok. 2,5 sekundy u kobiet (Hamdan i in. 2007) oraz obniżenie się głosu i wzrost jego niestabilności u mężczyzn (Hamdan i in. 2011).

Jeszcze jednym modyfikatorem głosu są wszelkie **zmiany chorobowe narządu głosu** lub układu oddechowego takie, jak przeziębienie czy infekcja wirusowa. Na przykład osoby, u których zdiagnozowano zakażenie SARS-CoV-2 cechowały się istotnie większą zmiennością wysokości głosu, wyższą niestabilnością fali głosowej oraz krótszym czasem fonacji (Asiaee i in. 2022). Chociaż stan ten jest przejściowy, w momencie wystąpienia powoduje on istotne zmiany w jakości głosu.

Podsumowując, poza wpływem czynników wewnętrznych takich, jak płeć, wiek, profil hormonalny, czy budowa ciała, na jakość głosu wpływa również szereg czynników zewnętrznych, pochodzących ze środowiska, które mogą powodować istotne zmiany w jego parametrach. W związku z tym zawsze należy zamieszczać pytania obejmujące te zmienne w ankiecie wstępnej - powinny być one traktowane, jako kryteria włączenia/wyłączenia z badań, w których przynajmniej jeden z badanych aspektów stanowi głos i/lub uwzględniane w prowadzonych analizach.

#### **1.4. Metody oceny jakości głosu**

Istnieje wiele technik oceny jakości głosu (Pruszewicz 2002). W uproszczeniu można podzielić je na ocenę subiektywną, samoocenę oraz metody obiektywne (Ziwei i in. 2014).

**Ocena percepcyjna** (subiektywna) polega na dokonaniu oceny danego głosu przez osoby trzecie, najczęściej specjalistę po uprzednim przeszkoleniu, na podstawie wybranego narzędzia, jakim może być któraś z dostępnych skal subiektywnej oceny jakości głosu. Przykładem takiej skali jest *Grade Roughness Breathiness Asthenic Strained scale* (GRBAS) opracowana przez Hirano (1981). Jest to skala Japońskiego Towarzystwa Logopedów i Foniatorów wykorzystywana powszechnie do oceny zaburzeń głosu pacjenta (Pruszewicz 2002). Polega ona na zastosowaniu pięciu parametrów oceny: G (ang. *grade of hoarseness*; stopień chrypki), R (ang. *roughness*; szorstkość głosu spowodowana nieregularnymi drganiami fałdów głosowych), B (ang. *breathiness*; głos chuchający, spowodowany wydostawaniem się powietrza przez niedomkniętą szparę głośni), A (ang. *asthenic*; głos asteniczny, słaby), S (ang. *strained*; głos hiperfunkcjonalny, spięty). Każdy z tych parametrów ocenia się subiektywnie w oparciu o czterostopniową skalę, gdzie: 0- głos

normalny, 1- lekkie zmiany, 2- mierne zmiany, 3- zmiany nasilone (Olszewski i Nowosielska-Grygiel 2017). Istnieją również podobne narzędzia służące subiektywnej ocenie głosu takie, jak np. skala Unii Europejskiej Foniatorów (UEP), system Buffalo oceniający profil głosowy, czy sztokholmska propozycja oceny głosu wg Hammerberg, jednakże skala GRBAS jest stosowana najczęściej w praktyce foniatrycznej (Pruszewicz 2002).

**Samoocena głosu** obejmuje kwestionariusze, które zawierają szereg pytań dotyczących wybranych elementów jakości głosu, na które odpowiada sam badany wybierając jeden z kilku dostępnych wariantów odpowiedzi. Najpopularniejszym tego typu narzędziem jest wskaźnik niepełnosprawności głosowej (ang. *Voice Handicap Index*, VHI; Pruszewicz i in. 2004). Wskaźnik ten zaproponowali Jacobson i in. (1997) w celu określenia psychospołecznych konsekwencji zaburzeń głosu. Jest to ilościowa metoda samooceny głosu, dotycząca wpływu zaburzeń głosu w trzech aspektach życia: funkcjonalnym, emocjonalnym i fizycznym. Każda z tych sfer oceny zawiera po 10 pytań, które dotyczą kolejno wpływu dysfunkcji głosu na stosunki społeczno-zawodowe, wrażenia pacjenta odnośnie jego własnego głosu oraz symptomów fizycznych związanych ze schorzeniem (Niebudek-Bogusz i in. 2007). Odpowiedzi na każde z 30 pytań punktowane są 0-4, gdzie 0 oznacza odpowiedź nigdy, 1- prawie nigdy, 2- czasami, 3- prawie zawsze, 4- zawsze. Sumaryczny wynik kwestionariusza VHI mieści się w zakresie 0-120 punktów, a wynik ten można zaklasyfikować do jednej z trzech kategorii: 0-30: niewielka niesprawność głosu, 31-60: średnia niesprawność głosu, >61: poważna niesprawność głosu (Niebudek-Bogusz i in. 2008).

**Obiektywna ocena głosu** to metoda, która bazuje nie na subiektywnych wrażeniach percepcyjnych samego badanego lub osób trzecich, natomiast na ilościowych parametrach opisujących w sposób metryczny stan głosu. Najczęściej stosowaną metodą obiektywną jest analiza akustyczna parametrów głosu na podstawie nagrania, przy pomocy różnych programów komputerowych. Na podstawie ścieżki dźwiękowej dany algorytm wylicza parametry głosu, takie jak jego intensywność, częstotliwość podstawową, częstotliwości formantowe, czy parametry świadczące o jego niestabilności. Dzięki tej metodzie można uzyskać wykresy przedstawiające wygląd fali akustycznej, np. wykres przebiegu czasowego amplitudy, czyli zmiany głośności w zależności od czasu, wykres analizy widmowej, czyli wykres zależności intensywności dźwięku od jego częstotliwości, na przykład dla każdej samogłoski, spektrogram - wykres, gdzie na osi X zaznaczony jest czas nagrania, na osi Y częstotliwość dźwięku, a wartość amplitudy (głośności) jest oznaczona za pomocą

gradientu koloru - im wyższa tym ciemniejszy zapis, oraz wykresy wieloparametrowe (Pruszewicz 2002).

Ponadto istnieją inne metody takie, jak laryngoskopia, glottografia, elektromiografia, pomiar ciśnienia podgłośniaowego, spirometria, czy badania radiologiczne (Prusiewicz 2002), jednakże dotyczą one oceny narządu głosu lub układu oddechowego, a nie wyglądu i cech fali akustycznej, dlatego nie dokonano ich szczegółowego opisu w tej dysertacji.

Niektórzy autorzy zajmujący się oceną głosu bazują na zaproponowanym przez Komitet ds. Foniatrii Europejskich Towarzystw Laryngologicznych standardzie kompleksowego badania głosu w oparciu o protokół zawierający pięć metod diagnostycznych (1. samoocenę głosu, 2. ocenę percepcyjną głosu, 3. laryngowideostroboskopię, 4. analizę akustyczną, 5. badanie aerodynamiczne; Dejonckere i in. 2003). Standard ten jest uważany w praktyce klinicznej za najbardziej kompleksową metodą oceny jakości głosu (Niebudek-Bogusz i in. 2007). Jednakże niniejsza praca nie ma charakteru badań klinicznych, a jest to biologiczne badanie obserwacyjne, dlatego też zrezygnowano z zastosowania metody kompleksowej, a skupiono się jedynie na obiektywnej analizie akustycznej, gdyż jest to technika najbardziej miarodajna, a dodatkowo pozwala na uniknięcie wpływu subiektywizmu oceniającego, jak na przykład metoda GRBAS.

## **1.5 Wykorzystanie badań nad głosem**

W poprzednich podrozdziałach została omówiona rola głosu, jako ważnego sygnału biologicznego głównie w aspekcie ewolucyjnym. Jednakże wykorzystanie tej cechy wykracza zdecydowanie poza obszar zainteresowania biologii, czy psychologii ewolucyjnej. Ludzki głos jest wykorzystywany szeroko w dziedzinach nauki oraz w praktyce klinicznej do celów takich, jak na przykład diagnozowanie chorób narządu głosu, zaburzeń neurodegeneracyjnych (Meilán i in. 2014, Dixit i in. 2014), czy też do celów biometrycznych w kryminalistyce oraz przy tworzeniu systemów zabezpieczeń (Plucińska 2014).

Wykorzystanie głosu w diagnozowaniu schorzeń i chorób aparatu głosowego opiera się na metodach percepcyjnych i obiektywnych. Przy pomocy skali GRBAS można ocenić skuteczność rehabilitacji u pacjentów ze zdiagnozowaną dysfonią porażenną nerwów krtaniowych (Woźnicka i in. 2011). Również metody oceny akustycznej są przydatne w praktyce klinicznej do oceny dysfunkcji narządu głosu. Szczególnie istotne są tutaj

parametry niestabilności (perturbacji) częstotliwości podstawowej i/lub amplitudy (*jitter* i *shimmer*), które mogą sugerować występowanie form patologicznych głosu (Teixeira i in. 2013). Równie ważny jest parametr *harmonic-to-noise ratio* (HNR) informujący o stosunku czystych częstotliwości w głosie do szumów (Wolfe i in. 1995). Parametry te są w stanie pomóc lekarzowi we wstępnej diagnozie wszelkich nieprawidłowości narządu głosu, dając wskazówki do zdiagnozowania nawet tak poważnych chorób, jak rak krtani (Karlsen i in. 2020).

Drugim ważnym obszarem badawczym, gdzie znaczące zastosowanie znajdują badania nad głosem jest biometria. Głos, jako cecha indywidualna osobniczo, czyli cechująca się bardzo dużym polimorfizmem (zróżnicowaniem między-osobniczym) znajduje zastosowanie na przykład w systemach biometrycznych, służących do zabezpieczania danych personalnych na potrzeby ochrony informacji wrażliwych, czy pieniędzy danej osoby (Das i Nahar 2016; Boles i Rad 2017; Kaur i in. 2020). Głos może być także wykorzystywany do identyfikacji mówcy przez specjalistów z zakresu kryminalistyki w celu ustalenia na przykład sprawcy przestępstwa (Basu i in. 2022; Chan 2023). Ponadto, parametry głosu, takie jak jego częstotliwość podstawowa mogą być przydatne w próbach ustalania pokrewieństwa. Wykazano, że głosy bliźniąt jednojajowych, są do siebie podobne istotnie bardziej niż głosy dwóch losowo wybranych osób, co potwierdza komponentę genetyczną w dziedziczeniu jakości głosu (San Segundo i in. 2017).

Jednak niewiele jeszcze wiadomo o związkach głosu z budową ciała, a w szczególności ze składem ciała (np. masą tłuszczową; Hamdan i in. 2012, 2013). Dostępne badania, przedstawiające to zagadnienie, bazują głównie na BMI, które nie zawsze odzwierciedla faktyczny skład ciała stawiając równość między elementami tkankowymi budującymi łączną masę ciała (Mahadevan i Ali 2016). Dlatego niniejsza praca podejmuje tę problematykę w celu wypełnienia luki istniejącej w obecnym stanie wiedzy oraz weryfikacji rezultatów badań innych autorów zajmujących się podobną tematyką. Jej wyniki pozwolą na szersze spojrzenie na omawiane zagadnienie, przydatne specjalistom z zakresu medycyny, biometrii, czy kryminalistyki.

## 2. Cel pracy i hipotezy badawcze

Celem pracy była ocena związków parametrów akustycznych ludzkiego głosu z budową, kształtem oraz składem ciała dorosłych mężczyzn i kobiet. Określono moc, kierunek oraz istotność tych związków.

Szczegółowe cele dotyczyły ponadto:

- oszacowania zróżnicowania parametrów akustycznych głosu ze względu na płeć i wiek badanych;
- oszacowania zróżnicowania budowy i składu ciała dorosłych mężczyzn i kobiet;
- określenia wpływu czynników wewnętrznych i zewnętrznych na parametry akustyczne głosu i ocena zasadności stosowania kryteriów włączenia/wyłączenia uczestników do badań głosu;
- opisanie związku parametrów głosu z parametrami budowy i składu ciała mężczyzn i kobiet;
- wskazania cech antropometrycznych ciała najsilniej związanych z jakością głosu, osobno dla mężczyzn i kobiet;
- ocena, który typ nagrania wykazuje silniejsze związki z budową i składem ciała u osób dorosłych.

Sformułowano hipotezę główną:

- Budowa (wielkość i kształt) ciała oraz skład ciała (masa tłuszczowa oraz masa beztłuszczowa) mają istotny statystycznie związek z parametrami akustycznymi głosu mężczyzn i kobiet.

Ponadto, na podstawie istniejącej wiedzy, sformułowano hipotezy szczegółowe:

- bez względu na płeć, im większą wielkością ciała charakteryzuje się badana osoba (wyższa wysokość ciała, większa względna masa ciała i większe obwody ciała), tym ma niższy głos, wyrażony za pomocą częstotliwości podstawowej oraz formantów i ich pochodnych;

- osoby obojga płci z większym obwodem szyi mają niższy głos, mierzony częstotliwością podstawową;
- mężczyźni i kobiety o V-kształtnej i H-kształtnej sylwetce cechują się większą intensywnością (głośnością) głosu oraz niższym głosem, podczas gdy osoby o sylwetkach A-kształtnych mają głosy wyższe i o mniejszej intensywności;
- mężczyźni i kobiety o H-kształtnej sylwetce (relatywnie większych obwodach pasa) mają bardziej niestabilne głosy;
- mężczyźni i kobiety o wyższej zawartości tłuszczowej masy ciała (FM) cechuje większa niestabilność głosu (wyższe wartości parametrów *jitter* i *shimmer* oraz niższa wartość parametru *harmonic-to-noise ratio*);
- większa zawartość beztłuszczowej masy ciała (zwłaszcza masy mięśniowej) oznacza niższy głos u mężczyzn i kobiet;
- mężczyźni i kobiety o wyższym otłuszczeniu ciała cechuje krótszy czas fonacji (MPT);
- osoby o wyższej zawartości trzewnej (wisceralnej) tkanki tłuszczowej (ang. *visceral fat level*, VFL) mają wyższy głos;
- jakość głosu oszacowana na podstawie zdania wykazuje silniejsze związki z budową, kształtem i składem ciała niż ta określona na podstawie samogłosek.



### **3. Materiał i metody**

#### **3.1. Materiał**

Materiał stanowią dane biometryczne 205 osób (81 mężczyzn oraz 124 kobiet). Wszyscy uczestnicy badania byli osobami pełnoletnimi posiadającymi obywatelstwo polskie. Językiem ojczystym badanych był język polski. Dane były zbierane w latach 2019-2022 w dwóch ośrodkach akademickich znajdujących się na terytorium Polski: w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu oraz w Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach. Przed przystąpieniem do realizacji założeń badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Piastów Śląskich we Wrocławiu o numerze: KB 25/2021.

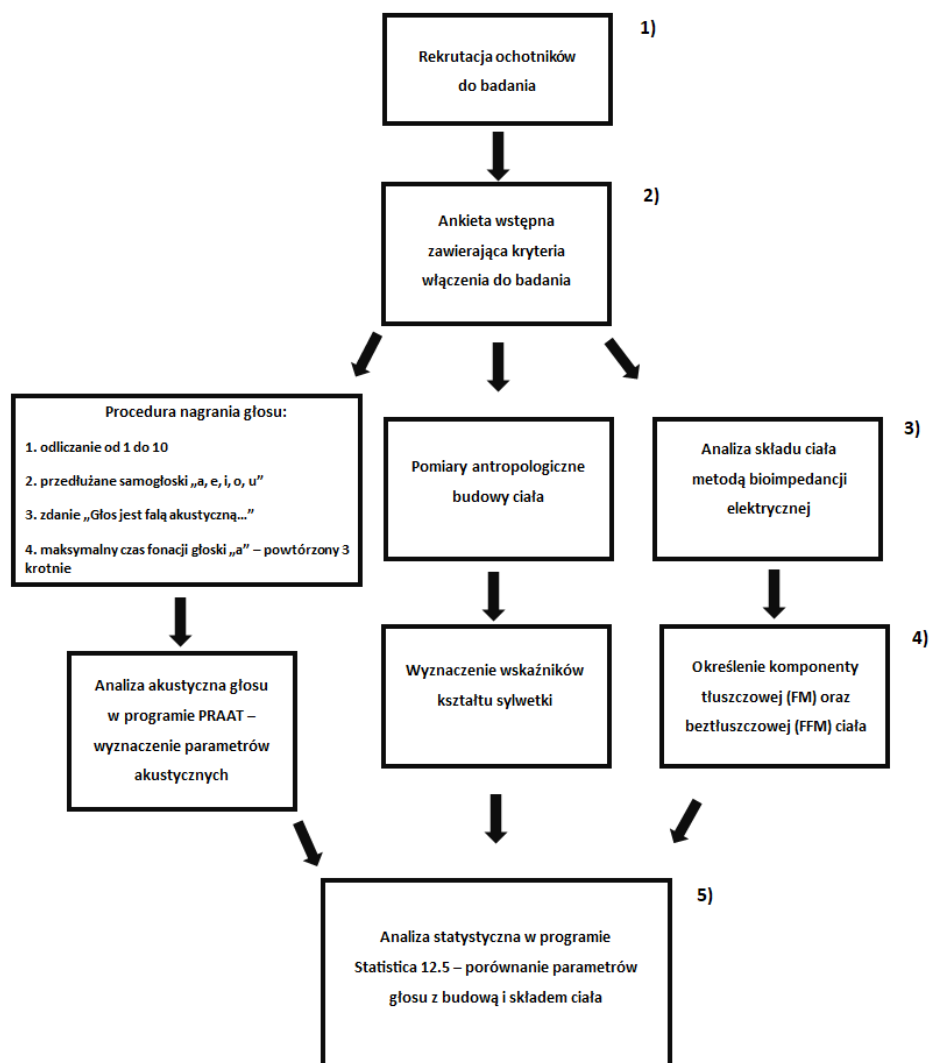
Zbieranie materiału było kilkakrotnie przerywane ze względu na kolejne fale pandemii COVID-19. Zwiększone ryzyko zakażenia wirusem wymusiło zastosowanie odpowiednich środków ostrożności, mających na celu zminimalizowanie ryzyka, co wpłynęło dodatkowo na długość samego badania (m.in. wydłużenie przerw pomiędzy badanymi, dezynfekcja sprzętu pomiarowego po każdym badanym; w czasie badań na terenie Akademii Wychowania Fizycznego badani wykonywali test anty-covid, minimalizujący ewentualny udział w badaniach osób chorych).

Wszystkie osoby, które wzięły udział w badaniu stanowili ochotnicy, którzy zgodzili się dobrowolnie na nieodpłatne uczestnictwo. Każdy z uczestników został poinformowany o celu badania oraz otrzymał informację o możliwości wycofania się z badań w każdym momencie bez podania przyczyny. Dane wszystkich osób zostały zanonimizowane poprzez nadanie każdemu z badanych unikatowego kodu. Warunki badania były jednakowe dla wszystkich uczestników (stałe pokoje badawcze w obu ośrodkach, o podobnej powierzchni i umeblowaniu), jednakowy sprzęt pomiarowy, ten sam zakres godzinowy badania – godziny przedpołudniowe pomiędzy 9. a 12.

#### **3.2. Proces zbierania materiału**

Proces zbierania i analizy materiału składał się z pięciu etapów: 1) rekrutacji ochotników do badania, 2) ankiety wstępnej zawierającej pytania dotyczące kryteriów

włączenia/wyłączenia do/z badania, 3) zbierania danych biometrycznych zakwalifikowanych uczestników w postaci nagrań próbek głosu, pomiarów antropologicznych ciała oraz parametrów składu ciała, 4) analizy zebranego materiału: analizy akustycznej nagrań głosowych, wyliczaniu wskaźników określających budowę ciała, określeniu tłuszczowej i beztłuszczowej masy ciała, 5) analizy statystycznej, przy pomocy której dokonano porównania parametrów głosu z budową i składem ciała mężczyzn i kobiet (Ryc. 1.).



**Rycina 1. Proces zbierania i analizy materiału**

Wszystkie pomiary, zarówno pomiary budowy ciała jak i nagrania głosu i analizy składu ciała, zostały wykonane przez tego samego badacza (Łukasz Pawelec, ŁP).

### **3.2.1. Ankieta wstępna – podstawowe dane badanych, kryteria włączenia/wyłączenia**

Wszystkie osoby, które zgłosiły się do badania, po zapoznaniu się z planem przebiegu badania oraz wyrażeniu zgody na uczestnictwo w nim, zostały poproszone o wypełnienie ankiety wstępnej, przygotowanej w formie papierowej. Ankiety były zanonimizowane za pomocą nadania każdemu badanemu indywidualnego kodu będącego kolejnym numerem poczynając od 001. Ten sam kod został użyty do zapisania wyników parametrów głosu, pomiarów antropometrycznych oraz analizy składu ciała, dzięki czemu wyniki z trzech etapów mogły zostać następnie połączone w jeden plik. Pytania zawarte w kwestionariuszu dotyczyły podstawowych danych badanych osób takich, jak płeć i wiek oraz czynników mogących wpływać na parametry akustyczne ich głosu, stanowiących równocześnie kryteria włączenia/wyłączenia do/z badania. Pytań tych, skierowanych do uczestników obu płci, było dziewięć i dotyczyły one zażywania środków hormonalnych (np. sterydów anabolicznych, doustnych środków antykoncepcyjnych, itp.), objawów przeziębienia w dniu badania, zachorowania na COVID-19 od początku pandemii (tj. od marca 2020 roku), urazów i zabiegów chirurgicznych wykonanych kiedykolwiek w okolicy głowy i szyi (tj. urazy/zabiegi zatok przynosowych, przegrody nosa, usunięcie migdałków podniebiennych, korekty wady zgryzu, czy interwencje medyczne w okolicy ust), stwierdzonych wad wymowy i wad słuchu, palenia wyrobów tytoniowych (papierosy, e-papierosy), spożywania alkoholu w przededniu badania i ewentualnie jego ilości, nadużywania głosu (np. praca głosem w zawodach takich, jak nauczyciel, instruktor, przedstawiciel handlowy; śpiewanie w zespole/chórze), a w przypadku kobiet pytania o cykl menstruacyjny (m.in. regularny/nierregularny, ciąża/laktacja, menopauza) oraz o aktualną fazę cyklu miesięcznego (została ona wyliczona na podstawie pytań o datę pierwszego dnia ostatniej miesiączki, średniej długości cyklu oraz średniej długości krwawienia miesięcznego dla każdej kobiety – Aneks, Załącznik 1). Na podstawie udzielonych odpowiedzi dokonano w następnych etapach pracy porównania wartości parametrów głosu pomiędzy osobami, które zadeklarowały w ankiecie historię medyczną urazów lub zabiegów okolic głowy i szyi, obecności wad wymowy i słuchu, nadużywanie głosu, palenie, spożywanie alkoholu dzień przed badaniem, chorobę (przeziębienie, COVID-19), stosowanie różnego rodzaju środków hormonalnych, a osobami, które zaprzeczyły w ankiecie tego typu zdarzeniom. Porównano również jakość głosu kobiet będących w różnych fazach cyklu menstruacyjnego oraz mających regularne lub nierregularne cykle. Analiza ta miała na celu wykryć czynniki wpływające istotnie na

parametry jakości głosu mężczyzn i kobiet i ewentualne wyłączenie z badań osób deklarujących ekspozycję na te czynniki.

### 3.2.2. Ocena jakości głosu mężczyzn i kobiet – procedura nagrań głosowych

W drugiej części badania, każdy uczestnik został poddany procedurze nagrania próbek głosu, które następnie zostały przeanalizowane pod kątem parametrów akustycznych.

Proces nagrania głosu każdego z badanych składał się z czterech osobnych rejestracji próbek głosowych. **Pierwsze nagranie** składało się z odliczania wstecz od dziesięciu do zera co dwa (10...8...6...4...2...0) w dowolnym tempie. Nagranie to miało na celu rozgrzać aparat głosowy i zredukować efekt stresu na jakość głosu (oswoić badanego z warunkami nagrania). **Drugie nagranie** składało się z pięciu samogłosek: *a*, *e*, *i*, *o* oraz *u*, o zapisie fonetycznym: /ɑ:/, /ɛ:/, /i:/, /ɔ:/, /u:/. Każdy uczestnik został najpierw zapoznany z listą samogłosek w formie drukowanej, z której mógł skorzystać podczas całego nagrania. Uczestnicy zostali poproszeni o przeciągnięcie każdej z samogłosek przez ok. 2-3 sekundy (np. *aaa...*) z komfortową dla siebie głośnością i wysokością głosu, robiąc jednosekundowe przerwy po każdej z nich. W **nagranium trzecim** badani zostali poproszeni o odczytanie na głos zdania „*Głos jest falą akustyczną powstającą w głośni*”, z wygodną dla siebie głośnością i intonacją, robiąc przerwy tam, gdzie uznają to za właściwe. **Czwarte nagranie** polegało na nabraniu powietrza i jak najdłuższej fonacji samogłoski *a*, przez jak najdłuższy czas, aż do braku tchu. Czwarte nagranie powtórzono trzy razy, robiąc 5-sekundowe przerwy pomiędzy nagraniami.

Każdy z badanych, niezależnie od ośrodka, w którym dokonano rejestracji głosu (Wrocław lub Katowice) został poddany nagraniu w jednakowych wystandardyzowanych warunkach (zdjęcie stanowiska; Ryc. 2).



**Rycina 2. Stanowisko nagrywania głosu. Zdjęcie poglądowe. Źródło: materiały własne**

Nagranie odbywało się zawsze o jednakowej porze dnia (godziny przedpołudniowe 9.-12.), gdyż, jak wykazały niektóre badania, występujące w ciągu doby fluktuacje hormonów płciowych takich, jak testosteron, mogą mieć wpływ na zmiany parametrów akustycznych głosu i ich zmienność w ciągu dnia (Dabbs i Malingier 1999; Evans i in. 2008). Każdy z badanych był nagrywany w pozycji stojącej wyprostowanej, bez pochylania się, w jednakowej odległości od mikrofonu, wynoszącej 10 cm od linii ust. Mikrofon był ustawiony na wprost badanego pod kątem  $0^{\circ}$  względem osi pośrodkowej twarzy uczestnika badań - prostopadle do twarzy badanego na wysokości jego ust. W celu ujednoczenia warunków akustycznych dwóch miejsc nagrania oraz aby zniwelować efekt odbicia fali głosowej od przedmiotów ustawionych w bezpośrednim pobliżu miejsca nagrania, zastosowano kabinę akustyczną Mozos Mschild usytuowaną za mikrofonem, na wprost

twarzy badanego, w odległości 15 cm (zdjęcie; Ryc. 3). Dodatkowo zmierzono wartość tła akustycznego w obu miejscach nagrania przy pomocy decybelomierza Benetech GM1351 (Benetech Polska), która w obu przypadkach wynosiła ~38 dB. Oba miejsca nagrań stanowiły sale dydaktyczne, wyciszone od dźwięków zewnętrznych, w których podczas nagrywania znajdował się jedynie badacz (ŁP) oraz osoba, której głos rejestrowano.



**Rycina 3. Kabina akustyczna Mozos Mshield ustawiona na statywie wraz z mikrofonem dynamicznym Shure SM 58 SE. Zdjęcie poglądowe. Źródło: materiały własne**

Do wszystkich nagrań posłużył ten sam sprzęt, składający się z jednokierunkowego mikrofonu dynamicznego Shure SM 58 SE o paśmie przenoszenia 50 Hz – 15 kHz ustawionego na statywie (trójnogu) podłączonego za pomocą kabla XLR-XLR do przedwzmacniacza IMG Stageline MPA-202, a następnie za pomocą kabla RCA-Jack 3,5 mm do zintegrowanej karty dźwiękowej w laptopie Dell Latitude E6400. Wszystkie próbki głosu

były nagrywane, jako 16-bitowe dźwięki mono w formie nieskompresowanej (format WAVE, .wav), z częstotliwością próbkowania 44,1 kHz. Wzmocnienie ustawione w przedwzmacniaczu wynosiło zawsze 35 dB.

Wszystkie cztery nagrania rejestrowano w formie jednej ścieżki dźwiękowej bezpośrednio w programie PRAAT (Boersma i Weenink 2019). Podczas procesu nagrywania nie robiono cięć, nie zatrzymywano i nie wznawiano nagrania. Jeżeli, któryś z uczestników badania popełnił błąd podczas któregośkolwiek z nagrań lub zawahał się i zrobił przerwę, był proszony o powtórzenie jeszcze raz całości danej frazy. Finalnie, podczas analizy głosu, sprawdzano poprawność każdego z czterech nagrań w dwojaki sposób: wizualnie, sprawdzając zapis fali akustycznej oraz odsłuchując treści nagrań przy pomocy słuchawek nausznych JBL E45BT podłączonych do komputera za pomocą kabla AUX. Wybierane były tylko poprawnie nagrane fragmenty i na ich podstawie dokonywano dalszej analizy akustycznej nagrania. Dla nagrań głosów męskich, dolna granica częstotliwości podstawowej została ustawiona na 75 Hz, a górna na 300 Hz; dla głosów żeńskich dolną granicę stanowiło 100 Hz, górną granicę: 500 Hz. Górny zakres częstotliwości formantowych został ustawiony w programie PRAAT na 5000 Hz dla głosów męskich oraz 5500 Hz dla głosów żeńskich.

### **3.2.3. Określenie budowy ciała mężczyzn i kobiet**

Drugą częścią badania była ocena budowy ciała badanych mężczyzn i kobiet. Analiza budowy ciała została przeprowadzona w dwóch etapach: 1) ocena wielkości ciała za pomocą parametrów takich, jak wysokość ciała, masa ciała (uzyskana w następnym badaniu analizatorem BIA), wskaźnik masy ciała (ang. *body mass index*, BMI), obwody ciała (głowy, szyi, barków, klatki piersiowej, talii, bioder oraz ramion prawego i lewego w spoczynku oraz w stanie maksymalnego napięcia) oraz 2) ocena kształtu ciała za pośrednictwem wskaźników kształtu sylwetki takich, jak wskaźnik:

- taliowo-biodrowy (ang. *waist-hip ratio*, WHR),
- barkowo-biodrowy (ang. *shoulder-hip ratio*, SHR),
- taliowo-barkowy (ang. *waist-shoulder ratio*, WSR),
- taliowo-klatkowy (ang. *waist-chest ratio*, WCR),
- taliowo-wysokościowy (ang. *waist-height ratio*, WHtR).

Każdy z uczestników badania został poddany serii pomiarów antropologicznych, które posłużyły również do wyznaczenia wartości wyżej wymienionych wskaźników. Wszystkie

pomiary zostały wykonane dwukrotnie (seria 1 i 2). Dla każdego z pomiarów obliczono wartość błędu pomiarowego korzystając ze wzorów zaczerpniętych z pracy Perini i in. (2005). Obliczono bezwzględny błąd badacza, wyrażony w jednostkach odpowiadających jednostkom, w którym mierzono dany parametr ciała (cm) korzystając ze wzoru:

$$a\ TEM = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n}}$$

gdzie:

*a TEM* – bezwzględny błąd badacza (ang. absolute intra-evaluator technical error of measurement)

$\sum d_i^2$  – suma kwadratów różnic wyników pierwszej i drugiej serii pomiarowej dla każdego pomiaru

*n* = liczba zmierzonych osób

*i* = numer pomiaru

Obliczono również względny błąd badacza, wyrażony w wartościach odsetkowych (%), jako stosunek bezwzględnego błędu pomiarowego badacza do średniej arytmetycznej uzyskanej na podstawie uśrednionej wartości każdego z pomiarów z dwóch serii pomiarowych, zgodnie ze wzorem:

$$r\ TEM = \frac{a\ TEM}{VAV} * 100\%$$

gdzie:

*r TEM* – względny błąd badacza (ang. intra-evaluator technical error of measurement)

*a TEM* – bezwzględny błąd pomiarowy badacza (ang. absolute intra-evaluator technical error of measurement)

*VAV* – średnia arytmetyczna z uśrednionych wartości pomiaru na podstawie dwóch serii pomiarowych (ang. variable average value)

Do wszystkich dalszych analiz użyto uśrednionych wartości pomiarów ciała, uzyskanych z dwóch serii pomiarowych.

## **Wysokość ciała**

Wysokość ciała była mierzona, jako odległość pomiędzy podłogą a najwyższym punktem na głowie osoby badanej w pozycji stojącej wyprostowanej, ze stopami złączonymi piętami, ramionami opuszczonymi wzdłuż tułowia i głową ustawioną w pozycji frankfurckiej



(*Basis-vertex, B-v*). Pomiaru dokonano przy pomocy antropometru o zakresie 0-200 cm i dokładności do 0,1 cm. Badacz ustawiał się zawsze po lewej stronie mierzonej osoby i przy pomocy przesuwanej iglicy pomiarowej antropometru dokonywał pomiaru wysokości ciała. Każdy z uczestników bezpośrednio przed pomiarem został poproszony o zdjęcie butów, a osoby posiadające upięcie włosów na głowie, uniemożliwiające wykonanie pomiaru, o rozwiązanie włosów.

### **Masa ciała**

Masa ciała wszystkich uczestników badań była mierzona za pomocą elektrycznej wagi wbudowanej w analizator składu ciała InBody 270 (InBody Polska) o zakresie pomiarowym 0-250 kg i dokładności 0,1 kg.

### **Obwody głowy i ciała**

Wszystkich pomiarów obwodów głowy i ciała dokonano za pomocą taśmy antropometrycznej o zakresie 0-150 cm i dokładności do 0,5 cm. Pomiary wykonano w pozycji stojącej po wydechu powietrza. Przed pomiarem badana osoba była poproszona o rozebranie się do bielizny.

**Obwód głowy** mierzono na siedząco, przez dwa punkty: *glabella (g)* oraz *opisthocranion (op)*. W przypadku posiadania przez osobę badaną upięcia włosów z tyłu lub na czubku głowy (kucyka, koku, warkoczy) proszono ją o rozpięcie włosów lub podniesienie ich do góry, tak aby możliwe było zlokalizowanie punktu *opisthocranion*.

**Obwód szyi** był mierzony na siedząco, przez wyniosłość krtaniową (tzw. „jabłko Adama”) oraz wyrostek kolczysty siódmego kręgu szyjnego (C7). Każdy badany przed pomiarem został poproszony o przełknięcie śliny jeden raz i nieprzełykanie jej ponownie do końca pomiaru.

**Obwód barków** był zmierzony przez najbardziej oddalone od siebie punkty znajdujące się na wysokości mięśni naramiennych (badacz szukał największego obwodu barków).

**Obwód klatki piersiowej** był mierzony przez punkty *thelion (th)*,

**Obwód talii** mierzony był przez punkt *omphalion (om)*.

**Obwód bioder** zmierzono przez punkty leżące najbardziej ku tyłowi na pośladkach, w najszerszym miejscu bioder.

**Obwody obu ramion** zmierzono najpierw w pozycji spoczynkowej, z ramieniem wyprostowanym w stawie łokciowym i zwisającym luźno wzdłuż tułowia, a następnie w napięciu, z kończyną zgiętą w stawie łokciowym pod kątem ok.  $90^{\circ}$  i uniesioną ku górze z ręką zaciśniętą w pięść poczynając od kończyny lewej. Obwód ramion (zarówno w spoczynku, jak i napięciu) mierzono taśmą ułożoną prostopadle do osi długiej ramienia, przez najbardziej oddalone od siebie punkty na mięśni dwu- i trójgłowym ramienia.

### **3.2.4. Ocena składu ciała badanych mężczyzn i kobiet**

Analizę składu ciała przeprowadzono przy pomocy analizatora InBody 270 (InBody Polska). Analizator składu ciała działa na zasadzie bioimpedancji elektrycznej (ang. *bioelectrical impedance analysis*, BIA), czyli różnej elektrooporności jaką stawiają poszczególne tkanki ciała podczas przepływu przez nie prądu o niskim natężeniu. Tkanka tłuszczowa różni się elektroopornością (rezystancją) od innych tkanek ciała (np. mięśniowej) i dzięki temu możliwe jest rozróżnienie i określenie ilości tkanki tłuszczowej oraz beztłuszczowej masy ciała w organizmie. Aby pomiar był wykonany prawidłowo, konieczny jest bezpośredni kontakt wszystkich 8 elektrod (4 na kończyny górne i 4 na kończyny dolne) z powłoką wspólną powierzchni dłoniowych rąk i podeszw stóp. Aby wyeliminować zakłócenia pomiaru, spowodowane nieodpowiednim stykiem elektrod z ciałem, przez nawarstwianie się substancji potowo-tłuszczowej ze stóp i dłoni badanych, elektrody były przecierane przed każdym kolejnym badaniem specjalnymi chusteczkami nawilżonymi substancją elektrolitową dedykowanymi przez firmę InBody Polska do tego urządzenia.

Przed rozpoczęciem badań analizator był ustawiony na płaskiej, równej powierzchni i poziomowany każdorazowo (poprawność ustawienia sprawdzano kilkakrotnie w czasie badania). Urządzenie było podłączone do komputera Dell Latitude E6400 za pomocą kabla USB-A – USB-B. Przed rozpoczęciem badania każdy z uczestników został zapytany o schorzenia i stany fizjologiczne wykluczające z analizy składu ciała takie, jak posiadanie rozrusznika serca, posiadanie metalowych implantów w ciele, ciąża. Wszyscy badani zakwalifikowali się do badania. Każdy z badanych został poproszony o zdjęcie butów i skarpet, a także metalowych elementów odzieży i biżuterii (szczególnie w okolicach nadgarstków i stóp), które mogłyby zakłócić pracę urządzenia i wyniki analizy, a także cięższej odzieży - bluz sportowych, grubych spodni. Przed rozpoczęciem badania, do

dedykowanego programu połączonego z analizatorem (Lookin'Body), zostały wprowadzone dane badanych osób takie, jak płeć, data urodzenia i data badania oraz wysokość ciała. Po przetarciu powierzchni aparatu na styku z ciałem, badany stawał na czterech metalowych elektrodach (po dwie na każdą stopę) oraz ujmował rękoma tzw. „rączki” urządzenia, z których każda posiadała po 2 elektrody (jedna w miejscu kciuka, druga w miejscu opuszków palców od II do V).

Po dokonaniu pomiaru dla każdego uczestnika otrzymano wartości takie, jak masa ciała, **całkowita zawartość tłuszczowej masy ciała** (ang. *fat mass*, FM, [kg]), **beztłuszczowej masy ciała** (ang. *fat-free mass*, FFM, [kg]), **masy mięśni szkieletowych** (ang. *skeletal muscle mass*, SMM, [kg]), **całkowitej wody w organizmie** (ang. *total body water*, TBW [kg]), **masy białka** (PROTEIN, [kg]) i **masy składników mineralnych** (MINERAL [kg]). Dodatkowo analizator wyliczał również zawartość każdej z frakcji (FM i FFM) dla poszczególnych segmentów ciała (lewa kończyna górna, prawa kończyna górna, tułów, lewa kończyna dolna, prawa kończyna dolna) oraz **zawartość wisceralnej (trzewnej) tkanki tłuszczowej** (tłuszczu znajdującego się pomiędzy narządami wewnętrznymi) wyrażonej w poziomach od 1 do 20 (ang. *visceral fat level*, VFL), czyli im wyższy był wyznaczony poziom VFL, tym wyższa była zawartość tłuszczu trzewnego. Rekomendowany poziom VFL dla zdrowego dorosłego człowieka nie powinien przekraczać 10. poziomu.

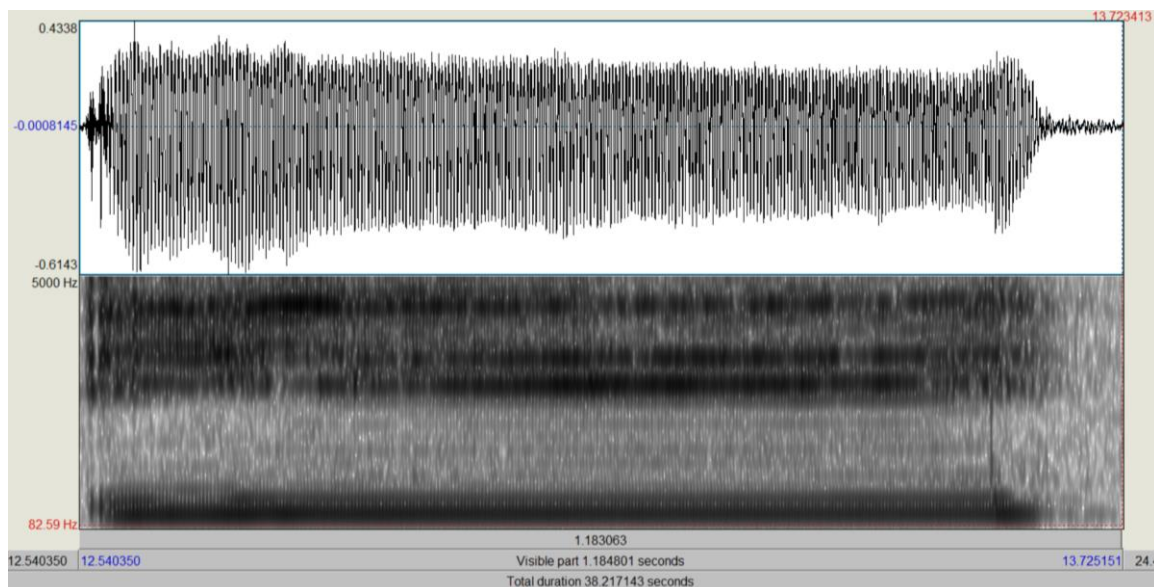
W celu zniwelowania wpływu asymetrii ciała ludzkiego, szczególnie różnic w symetrii umięśnienia i otluszczenia kończyn górnych i dolnych, wartości tłuszczowej (FM) oraz beztłuszczowej (FFM) masy ciała prawej i lewej kończyny, zostały uśrednione. Dla każdego uczestnika, zostały obliczone średnie wartości tłuszczowej masy kończyn (górnych i dolnych) oraz beztłuszczowej masy kończyn (górnych i dolnych). Cztery uzyskane w ten sposób wartości zostały użyte we wszystkich następujących analizach statystycznych, zamiast surowych wartości tłuszczowej i beztłuszczowej masy kończyn prawej i lewej.

### **3.3. Procedura analizy zebranego materiału**

#### **3.3.1. Analiza akustyczna głosu**

Kolejnym etapem była analiza akustyczna nagranych fragmentów mowy w programie PRAAT (Boersma & Weenink 2019). Badacz po przesłuchaniu ścieżki dźwiękowej wraz z wizualną inspekcją fali dźwiękowej oraz spektrogramu dokonywał przy pomocy programu

właściwej analizy parametrów akustycznych głosu na podstawie pozyskanych nagrań (Ryc. 4).



**Rycina 4. Oscylogram (na górze) oraz spektrogram (na dole) zapisu samogłoski o w programie PRAAT (w. 3. 9. 2). Źródło: materiały własne**

W związku z różną metodologią dotyczącą analizy akustycznej parametrów głosu stosowaną w pokrewnych badaniach: parametry akustyczne wyliczane z samogłosek (Collins 2000; Bruckert i in. 2006; González 2007; Pisanski i in. 2016a), z odliczania na głos od 1 do 10 (Hughes i in. 2002) lub na podstawie krótkiego zdania lub swobodnej mowy (Graddol i Swann 1983; Fitch 1990; Bahari i Van Hamme 2011; Santana i in. 2017; Ma i Wu 2019) w niniejszej pracy zdecydowano się na przeprowadzenie analizy akustycznej dualistycznie – zarówno w oparciu o nagranie izolowanych samogłosek, jak i na podstawie nagrania zawierającego zdanie wypowiedziane w języku polskim.

W przypadku ścieżki dźwiękowej z nagraniem pięcioma samogłoskami (a, e, i, o, u) każda z głosek była analizowana oddzielnie. Wybierany był środkowy odcinek nagrania każdej z samogłosek, ze względu na największą stabilność tego fragmentu, gdyż początek i koniec cechował się największą zmiennością parametrów ze względu na inicjowanie (początek) oraz wygaszanie (koniec) drgań fałdów głosowych spowodowanych ruchem powietrza z płuc. Środkowy odcinek wyselekcjonowany do ekstrakcji parametrów

akustycznych miał dla każdej samogłoski jednakową długość równą 0,2 sekundy (Ryc. 4). Dla samogłosek uzyskano parametry głosu takie, jak częstotliwość podstawowa (F0), częstotliwości formantowe (F1-F4), intensywność (głośność) oraz parametry niestabilności głosu (perturbacji): *jitter*, *shimmer* i *harmonic-to-noise ratio* (HNR). Wartość każdego z tych parametrów została wyrażona jako średnia arytmetyczna wyliczona na podstawie wartości uzyskanych osobno dla pięciu samogłosek. Pochodne formantów, takie jak średnia częstotliwość formantów (Fn), standaryzowana średnia częstotliwość formantów (ang. *formant spacing*, Pf), odstęp formantowy (ang. *formant spacing*, ΔF), dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*, Df), szacowana długość toru głosowego (ang. *vocal tract length*, VTL) zostały obliczone na podstawie wartości częstotliwości formantowych (F1-F4) w oparciu o odpowiednie wzory (Aneks, Załącznik 2).

Dla zdania „*Głos jest falą akustyczną...*” analizie akustycznej została poddana cała długość nagrania. Brano pod uwagę jedynie zdanie odczytane prawidłowo od początku do końca. Ze zdania wyliczono te same parametry akustyczne, co z samogłosek.

Ostatnią częścią nagrań poddaną analizie był najdłuższy czas wypowiedzienia samogłoski *a* na jednym wydechu, czyli tzw. maksymalny czas fonacji (ang. *maximum phonation time*, MPT). W tym celu obliczono średnią arytmetyczną z trzykrotnie powtórzonych pomiarów maksymalnego czasu fonacji dla każdego z badanych, uzyskując uśredniony wynik, który posłużył do wszystkich kolejnych analiz.

### 3.3.2. Ocena antropometryczna wielkości i kształtu ciała

Na podstawie zmierzonych wysokości i masy ciała badanych, obliczono wskaźnik masy ciała (BMI) korzystając ze wzoru:

$$BMI = \frac{\text{masa ciała [kg]}}{\text{wysokość ciała [m]}^2}$$

Wskaźnik ten, obok wysokości i masy ciała oraz wartości obwodów ciała, został następnie użyty do opisu wielkości ciała badanych jako informacja o względnej masie ciała człowieka.

Na podstawie zmierzonych wartości obwodów barków, klatki piersiowej, talii oraz bioder, a także wysokości ciała, obliczono wskaźniki opisujące kształt ciała takie, jak WHR, SHR, WSR, WCR i WHtR, wg następujących wzorów:

$$WHR = \frac{\text{obw. talii [cm]}}{\text{obw. bioder [cm]}}$$

$$SHR = \frac{\text{obw. barków [cm]}}{\text{obw. bioder [cm]}}$$

$$WSR = \frac{\text{obw. talii [cm]}}{\text{obw. barków [cm]}}$$

$$WCR = \frac{\text{obw. talii [cm]}}{\text{obw. klatki piersiowej [cm]}}$$

$$WHtR = \frac{\text{obw. talii [cm]}}{\text{wysokość ciała [cm]}}$$

Wskaźniki te zostały użyte w dalszej analizie do opisu kształtu ciała badanych osób. Kształt ten został wyrażony jako wzajemne stosunki obwodów talii, bioder, klatki piersiowej oraz barków a także wysokości ciała. Dzięki obliczeniu wartości powyższych wskaźników (proporcji obwodów) możliwe było określenie, jaki kształt sylwetki posiadała każda z osób poddanych procedurze badawczej.

### 3.4. Metody statystyczne

Przed rozpoczęciem analiz statystycznych wykonano testy oceniające normalność rozkładów zmiennych oraz homogeniczność ich wariancji. W tym celu zastosowano test *W* Shapiro-Wilka (w przypadku grup poniżej 100 osób, tj. mężczyzn  $n=81$ ) lub *d* Kołomogorowa-Smirnowa z poprawką Lillieforsa (w przypadku grup liczących powyżej 100 osób, tj. kobiet  $n=124$ ). Jednorodność (homogeniczność) wariancji w porównywanych grupach była sprawdzana za pomocą testu Levene'a oraz testu Browna-Forsytha.

### Podstawowe statystyki opisowe

W celu przedstawienia osób stosujących i niestosujących różne używki (alkohol, papierosy), przeziębionych, nadużywających głosu lub posiadających schorzenia (wada słuchu, wada wymowy) lub historię urazów i interwencji medycznych w okolicy głowy i szyi użyto tabel liczości, prezentujących liczości oraz wartości odsetkowe uczestników badania z podziałem na płeć.

Do przedstawienia wartości parametrów akustycznych (dla samogłosek i zdania), pomiarów antropologicznych i wskaźników ciała oraz parametrów składu ciała, użyto podstawowych statystyk opisowych takich, jak miary tendencji centralnej (średnia arytmetyczna,  $\bar{x}$ ), miary zmienności (odchylenie standardowe,  $s$ ) oraz zakresów (minimum i maksimum, *min-max*). Również do opisanie wieku badanych użyto tych samych statystyk opisowych, a dodatkowo obliczono dla tej cechy współczynnik zmienności na podstawie odchylenia standardowego i średniej arytmetycznej zgodnie ze wzorem:

$$Vs = \frac{s}{\bar{X}} * 100$$

### **Kryteria włączenia/wyłączenia do/z badania**

W celu porównania parametrów głosu pomiędzy osobami deklarującymi w ankiecie wstępnej ekspozycję na czynniki mogące mieć wpływ na jakość głosu, w związku z niewielkimi liczebnościami w poszczególnych podgrupach, zdecydowano się na przekodowanie tych kategorii do dwóch wartości: tak i nie. Następnie porównano wartości parametrów (dla samogłosek i zdania) pomiędzy tymi dwoma kategoriami, dla każdego z czynników, za pomocą testu Manna-Whitney'a w związku z brakiem rozkładów normalnych.

W przypadku kobiet oszacowano dodatkowo zróżnicowanie parametrów głosu ze względu na fazy cyklu menstruacyjnego. Zastosowano w tym celu test Kruskala-Wallisa ( $H$ ) ze względu na brak normalności rozkładów w porównywanych fazach cyklu dla zmiennych zależnych.

### **Porównanie zróżnicowania parametrów akustycznych, parametrów budowy ciała i składu ciała pomiędzy mężczyznami i kobietami**

W celu porównania zróżnicowania wartości parametrów akustycznych (zarówno dla samogłosek, jak i dla zdania), parametrów budowy ciała oraz składu ciała pomiędzy kobietami i mężczyznami, zastosowano test  $t$ -Studenta dla prób niezależnych lub jego nieparametryczny odpowiednik – test Manna-Whitney'a ( $U$ ) w przypadku braku rozkładu normalnego przynajmniej w jednej z porównywanych grup. Dodatkowo obliczono współczynnik  $d$  Cohena, aby określić dokładną siłę efektu (różnicy średnich wartości).

### **Związek wieku oraz parametrów akustycznych mężczyzn i kobiet**

Do oceny związku parametrów akustycznych głosów badanych z ich wiekiem zastosowano współczynnik korelacji  $r$  Pearsona, osobno dla parametrów uzyskanych z samogłosek oraz osobno dla parametrów głosu obliczonych na podstawie zdania. Analizę przeprowadzono oddzielnie dla mężczyzn i kobiet.

### **Ocena związku pomiędzy parametrami głosu a budową i składem ciała mężczyzn i kobiet**

Związek pomiędzy parametrami akustycznymi głosu oraz parametrami opisującymi budowę ciała (jego wielkość i kształt) oraz skład ciała, został określony osobno dla każdej z płci, oddzielnie dla parametrów głosu uzyskanych na podstawie samogłosek i na podstawie krótkiego zdania. Z powodu ilościowego charakteru zmiennych wyrażających jakość głosu, budowę ciała i skład ciała, w celu oceny związków pomiędzy głosem i budową ciała oraz głosem i składem ciała, obliczono wartości współczynnika korelacji Pearsona ( $r$ ). W celu sprawdzenia, czy na wartość współczynników opisujących kształt ciała nie mają wpływu żadne wartości odstające, dla każdej pary korelacyjnej wykonano dwuwymiarowy wykres rozrzutu. W przypadku ujawnienia wartości skrajnych odrzucono je i raz jeszcze wyliczono wartość współczynnika  $r$  Pearsona. Dla każdej pary oprócz oceny siły i kierunku korelacji oraz jej istotności, obliczono również korelację cząstkową I-rzędu z uwzględnieniem zmiennej sterującej: wiek. Proces ten był uzasadniony wykryciem występowania istotnych korelacji wieku z parametrami głosu, budowy oraz składu ciała mężczyzn i kobiet.

### **Analiza składowych głównych**

W związku z silnymi korelacjami pomiędzy parametrami akustycznymi głosu (zarówno w przypadku zdania, jak i dla samogłosek), parametrami opisującymi budowę ciała (jego wielkość oraz kształt), jak i parametrami składu ciała, w celu wyeliminowania zmiennych nadmiarowych, a jednocześnie zredukowania dużej liczby zmiennych, zastosowano analizę składowych głównych (ang. *principal component analysis*, PCA). Aby potwierdzić zasadność tworzenia poszczególnych składowych zastosowano test sferyczności Bartletta oraz kryterium Kaisera-Mayera-Olkina (KMO). W przypadku istotnego wyniku testu Bartletta oraz kryterium KMO wynoszącego co najmniej 0,5 zakładano zasadność



zastosowania metody PCA. Utworzono łącznie 11 składowych głównych (PC1 - PC11; Tab. 1).

Pierwsza składowa (**PC1**) została nazwana *beztłuszczową masą ciała*. W jej skład wchodziły wszystkie parametry opisujące beztłuszczową masę ciała. Drugą składową (**PC2**) nazwano  *tłuszczowa masa ciała*, gdyż była ona wysoko skorelowana ( $r \sim -0,9$ ) z parametrami opisującymi komponentę tłuszczową. Trzecia utworzona składowa główna (**PC3**), wykazywała silne odwrotne korelacje ze wszystkimi wartościami obwodów ciała z wyjątkiem obwodu talii, dlatego została nazwana *obwody ciała bez obwodu talii*. Czwarta składowa (**PC4**) korelowała najsilniej ze wskaźnikami kształtu ciała takimi, jak WHR, WSR, WCR, WHtR, a także z obwodem talii. Jako, że częścią wspólną występującą we wszystkich wskaźnikach był obwód talii, uznano że PC4 odzwierciedla przede wszystkim wymiar talii i nazwano ją *talia*. Piąta składowa (**PC5**) korelowała wysoko dodatnio z masą ciała oraz BMI, więc została nazwana *masywność*, jako że opisywała całkowitą masę ciała badanych. Szósta i siódma składowa główna (**PC6, PC7**) wykazały istotne wysokie korelacje z parametrami głosu takimi, jak *jitter* i *shimmer* oraz z parametrem HNR (korelacje dodatnie). Oznacza to, że im wyższe wartości składowych PC6 i PC7 tym bardziej stabilny był głos (niższe wartości parametrów *jitter* i *shimmer* oraz wyższe wartości HNR). Składowa szósta została utworzona dla parametrów niestabilności głosu uzyskanych z samogłosek, a składowa siódma dla tych samych parametrów otrzymanych w analizie zdania. Składowe te zostały nazwane *stabilność głosu (samogłoski)* oraz *stabilność głosu (zdanie)*. Ósma składowa (**PC8**) korelowała wysoko ze wszystkimi formantami głosu (F1-F4), zarówno tymi dla samogłosek, jak i tymi otrzymanymi ze zdania. Nazwano ją *składową formantową*. Składowa dziewiąta (**PC9**) była skorelowana dodatnio z wartościami częstotliwości podstawowej (F0), uzyskanej zarówno na podstawie samogłosek, jak i ze zdania, dlatego została nazwana *składowa częstotliwości podstawowej*. Im wyższa była wartość PC9, tym wyższy był głos badanych. Składowa dziesiąta (**PC10**) była skorelowana dodatnio z wartościami parametru *intensity* zarówno dla samogłosek, jak i dla zdania – im wyższe były wartości PC10, tym głośniejszy głos mieli badani. Składową PC10 nazwano *składowa intensywności głosu*. W końcu, składowa jedenasta (**PC11**) była skorelowana z pochodnymi formantów, zarówno tymi dla samogłosek, jak i otrzymanymi dla zdania. Im wyższa była wartość PC11, tym wyższe wartości osiągały parametry, takie jak Df, Pf i  $\Delta F$  oraz tym niższe były wartości szacowanej długości toru głosowego (VTL). Została ona nazwana składową *pochodnych formantowych*.

Wartości składowych głównych PC1-PC4 oraz PC8, w związku z odwrotnymi (ujemnymi) korelacjami tych składowych z wartościami surowymi pomiarów, na podstawie których zostały utworzone, przemnożono przez współczynnik -1, w celu uzyskania dodatniego kierunku związków parametrów surowych i składowych głównych. Ten zabieg matematyczny został zastosowany, aby ułatwić interpretację związków składowych z parametrami budowy i składu ciała we wszystkich dalszych analizach.

**Tabela 1. Składowe główne jakości głosu, budowy i składu ciała mężczyzn i kobiet**

Nr składowej głównej	Nazwa składowej	Zmienne surowe wchodzące w skład składowej głównej
PC1	<i>Beztłuszczowa masa ciała</i>	-beztłuszczowa masa ciała (fat-free mass, FFM), -masa mięśni szkieletowych (skeletal muscle mass, SMM), -uśredniona masa beztłuszczowa ramion, -uśredniona masa beztłuszczowa kończyn dolnych, -masa beztłuszczowa tułowia, -całkowita masa wody w ciele (total body water, TBW), -zawartość białka w ciele, -zawartość składników mineralnych w ciele.
PC2	<i>Tłuszczowa masa ciała</i>	-tłuszczowa masa ciała ( <i>fat mass</i> , FM), -procentowa zawartość tłuszczu w ciele ( <i>percentage body fat</i> , PBF), -uśredniona masa tłuszczowa kończyny górnej, -uśredniona masa tłuszczowa kończyny dolnej, -masa tłuszczowa tułowia, -poziom tłuszczu trzewnego ( <i>visceral fat level</i> , VFL)
PC3	<i>Obwody ciała (z wyjątkiem obwodu talii)</i>	-obwód głowy, -obwód szyi, -obwód barków,

		-obwód klatki piersiowej, -obwód bioder, -uśredniony obwód ramion w spoczynku.
PC4	<i>Talia</i>	-obwód talii, -WHR, -WCR, -WSR, -WHtR.
PC5	<i>Masywność</i>	-masa ciała, -BMI.
PC6	<i>Stabilność głosu (samogłoski)</i>	-jitter, -shimmer, -harmonic-to-noise ratio (HNR).
PC7	<i>Stabilność głosu (zdanie)</i>	-jitter, -shimmer, -harmonic-to-noise ratio (HNR).
PC8	<i>Formanty</i>	-F1, -F2, -F3, -F4. (wszystkie formanty F1-F4 wyliczone osobno dla samogłosek oraz dla zdania – łącznie 8 parametrów)
PC9	<i>Wysokość głosu</i>	-F0 (samogłoski), -F0 (zdanie).
PC10	<i>Głośność</i>	-intensywność głosu (samogłoski), -intensywność głosu (zdanie).
PC11	<i>Pochodne formantowe</i>	-Pf, -Df, -ΔF, -estymowany VTL. (wszystkie pochodne formantowe wyliczone osobno dla samogłosek oraz dla zdania – łącznie 8 parametrów)

## Model regresji krokowej wstecznej

W celu wyznaczenia parametrów budowy i składu ciała mających największy wpływ na parametry akustyczne głosu mężczyzn i kobiet zastosowano model regresji krokowej wstecznej. W przypadku obu płci, dla każdego parametru głosu stworzony osobny model. Zmienną zależną (objaśnianą) były kolejne składowe główne parametrów akustycznych, natomiast zmiennymi objaśniającymi (predyktorami) 5 cech fizycznych badanych mężczyzn i kobiet: wiek, wysokość ciała, obwody ciała (bez talii; PC3), *beztłuszczowa masa ciała* (PC1) oraz  *tłuszczowa masa ciała* (PC2). Te zmienne objaśniające zostały wybrane ze względu na opisywanie przez nie budowy ciała (2 zmienne: wysokość ciała i obwody) oraz składu ciała (2 zmienne:  *tłuszczowa* i  *beztłuszczowa masa ciała*), natomiast wiek został uwzględniony w modelu ze względu na jego silne związki zarówno z budową i składem ciała, jak i parametrami głosu mężczyzn i kobiet. Uwzględnienie w modelu większej liczby predyktorów opisujących budowę i skład ciała, było niemożliwe z powodu wysokich interkorelacji pomiędzy tymi parametrami, co jest niezgodnie z założeniami modelu regresji (zmienne objaśniające nie mogą być wzajemnie skorelowane). Drugim założeniem modelu jest maksymalna liczba zmiennych w modelu – na każdą zmienną (zmienną objaśnianą oraz zmienne objaśniające) powinno przypadać co najmniej 15 przypadków. W związku z powyższymi założeniami zbudowano modele, zawierające wybrane predyktory budowy i składu ciała, które najlepiej opisywały cechy fizyczne badanych. Dla każdej zmiennej zależnej (parametru głosu) utworzono model początkowy (ze wszystkimi predyktorami) oraz finalny (po usunięciu nadmiarowych predyktorów z modelu). Dla każdego modelu zaprezentowano jego istotność (za pomocą testu  $F$  Fishera i poziomu  $p$ ), skorygowany współczynnik determinacji ( $R^2$ ) oraz błąd standardowy estymacji modelu. Dla każdego predyktora pokazano standaryzowany współczynnik regresji ( $\beta$ ) oraz jego istotność (za pomocą testu  $t$  i poziomu  $p$ ), a także błąd standardowy tego współczynnika ( $SE_{\beta}$ ).

Do wszystkich analiz statystycznych użytych w pracy użyto programu Statistica 13.0 (1984–2017 TIBCO Software Inc, Palo Alto, California, USA; nr licencji: JPZ007B482801ARACD-9). Wyniki dla wszystkich testów statystycznych użytych w pracy uznawano za istotne, gdy poziom błędów I-rodzaju ( $\alpha$ ) był nie większy niż 5% (poziom istotności:  $p \leq 0,05$ ).

## 4. Wyniki

### 4.1. Podstawowe dane badanych

#### 4.1.1. Podstawowe dane badanych oraz czynniki włączenia/wylączenia

Materiał zgromadzony w trakcie badań stanowiły dane biometryczne 205 osób, w tym 81 mężczyzn (średni wiek = 37,2 lat,  $s = 13,7$  lat, zakres: 20-72 lata) i 124 kobiet (średni wiek = 32,2 lat,  $s = 13,3$  lat, zakres: 18-65 lat).

Większość badanych osób, zarówno kobiet, jak i mężczyzn, deklarowała w ankiecie, że nie przyjmuje żadnych środków hormonalnych (Tab. 2). Zażywanie tego typu środków zadeklarowało 25% kobiet, z czego większość stosowała doustne środki antykoncepcyjne, oraz 11,1% mężczyzn (były to głównie sterydy anaboliczne). W dniu badania niecałe 10% mężczyzn oraz niespełna 15% kobiet deklarowało jakąś infekcję górnych dróg oddechowych. Większość badanych nie przeszła zakażenia wirusem SARS-CoV2 oraz nie posiadała historii choroby związanej z urazami lub zabiegami okolic głowy i szyi. Wadę wymowy zadeklarowało niespełna 10% mężczyzn i ok. 8% kobiet, a wadę słuchu odpowiednio 16% oraz 5,6%. Spośród wszystkich osób biorących udział w badaniu 34 osoby (w tym 10 mężczyzn) zdefiniowało się, jako osoby palące wyroby tytoniowe (papierosy i e-papierosy). Większość ankietowanych mężczyzn i kobiet (ponad 85% dla każdej z płci) nie spożywało w przeddzień badania alkoholu, a pozostali spożywali przeważnie niewielkie jego ilości. Do nadużywania głosu przyznało się 30% kobiet i mężczyzn, z czego znaczną większość stanowili nauczyciele, osoby prowadzące szkolenia dla pracowników oraz śpiewacy amatorzy. W przypadku kobiet, posiadanie regularnego cyklu menstruacyjnego deklarowało prawie 70% wszystkich ankietowanych, spośród pozostałych ok. 11% było po menopauzie, niespełna 6% było w trakcie laktacji, a pozostałe miesiączkowały nieregularnie. Spośród kobiet deklarujących posiadanie cyklu miesięcznego (regularnego lub nie) największy odsetek ankietowanych, w chwili badania, był w fazie lutealnej (40,4%, a najmniejszy w fazie owulacyjnej (9,6%) (Tab. 2).

**Tabela 2. Ogólna charakterystyka badanych osób**

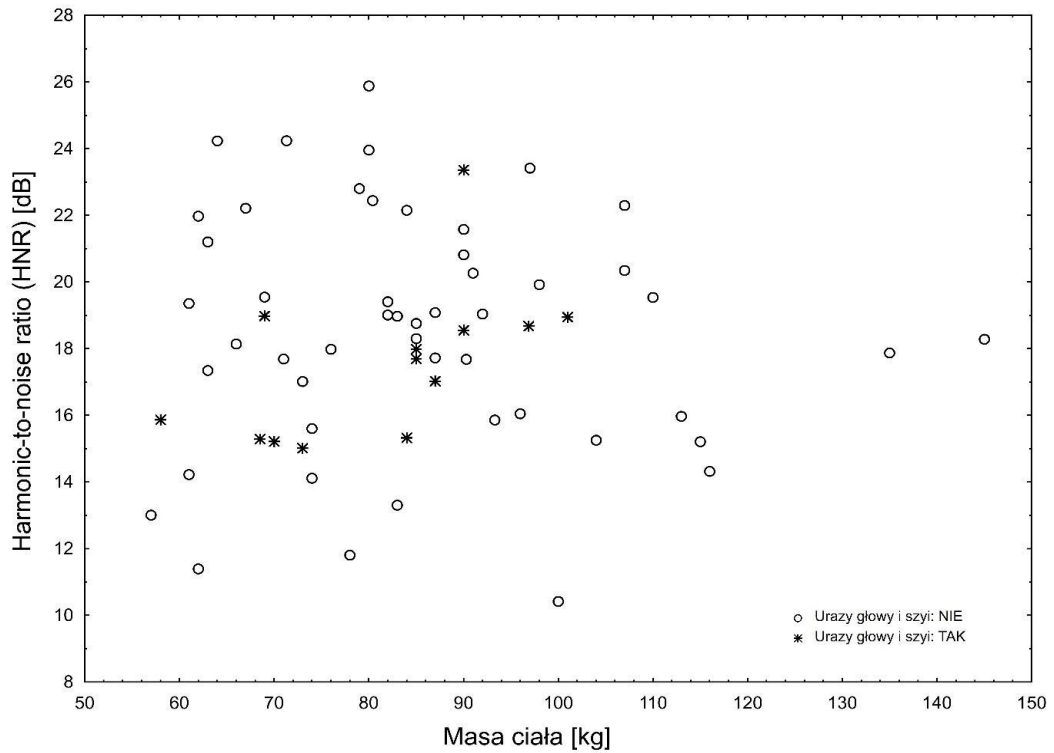
Cecha	Mężczyźni		Kobiety	
	n	%	n	%
<b>Stosowanie środków hormonalnych</b>				
- nie	72	88,9	93	75,0
- doustne środki antykoncepcyjne	-	-	19	15,4
- spirala wewnątrzmaciczna	-	-	2	1,6
- krążek dopochwowy	-	-	3	2,4
- hormony tarczycy (np. euthyrox itp.)	-	-	6	4,8
- inhalator (astma)	1	1,2	0	0,0
- sterydy anaboliczne	7	8,7	1	0,8
- inne	1	1,2	-	-
<b>Przeziębienie w dniu badania</b>				
- nie	73	90,1	106	85,5
- tak	8	9,9	18	14,5
<b>Zachorowanie na COVID-19 od początku pandemii</b>				
- nie	67	82,7	92	74,0
- tak	14	17,3	32	26,0
<b>Urazy i zabiegi okolic głowy i szyi</b>				
- nie	61	75,3	94	75,8
- urazy i zabiegi zatok przynosowych	2	2,5	8	6,5
- usunięcie migdałków podniebiennych	7	8,6	5	4,0
- złamanie/prostowanie przegrody nosowej	2	2,5	3	2,4
- wada zgryzu (przodozgryz, tyłozgryz, aparat ortodontyczny)	5	6,1	10	8,1
- znaczne ubytki uzębienia, resekcja zęba	2	2,5	1	0,8
- uraz głowy, wstrząśnienie mózgu	2	2,5	1	0,8
- urazy i zabiegi w okolicy twarzy (szycie wargi, wolumetria, botoks itp.)	-	-	2	1,6
<b>Wada wymowy</b>				
- nie	73	90,1	114	91,9
- tak	8	9,9	10	8,1
<b>Palenie papierosów</b>				
- nie	71	87,7	100	80,7
- tak - sporadycznie	6	7,4	18	14,5
- tak – codzienne	4	4,9	6	4,8
<b>Wada słuchu</b>				
- nie	68	84,0	117	94,4
- tak	13	16,0	7	5,6
<b>Spożywanie alkoholu dzień przed badaniem</b>				

- nie	70	86,4	106	85,5
- wino (1-2 lampki)	2	2,5	8	6,5
- piwo (0,5-1 l)	3	3,7	3	2,4
- wino (0,5-1 l)	2	2,5	5	4,0
- piwo (ok.5 l)	1	1,2	0	0,0
- wódka (200 ml)	1	1,2	0	0,0
- inne (200-300 ml)	2	2,5	2	1,6
<b>Nadużywanie głosu</b>				
- nie	56	69,1	69	55,7
- nauczyciel/nauczyciel akademicki	9	11,1	27	21,8
- prowadzenie szkoleń dla pracowników	5	6,3	6	4,8
- śpiewanie w zespole/chórze	-	-	9	7,3
- przedstawiciel handlowy	7	8,6	5	4,0
- tak, inne (instruktor pływania, jeździectwa, przedszkolanka itp.)	4	4,9	8	6,4
<b>Regularność cyklu menstruacyjnego</b>				
- regularny	-	-	85	68,6
- nieregularny	-	-	19	15,3
- menopauza	-	-	14	11,3
- ciąża, laktacja	-	-	6	4,8
<b>Faza cyklu menstruacyjnego</b>				
- menstruacyjna	-	-	25	24,0
- folikularna	-	-	27	26,0
- owulacyjna	-	-	10	9,6
- lutealna	-	-	42	40,4

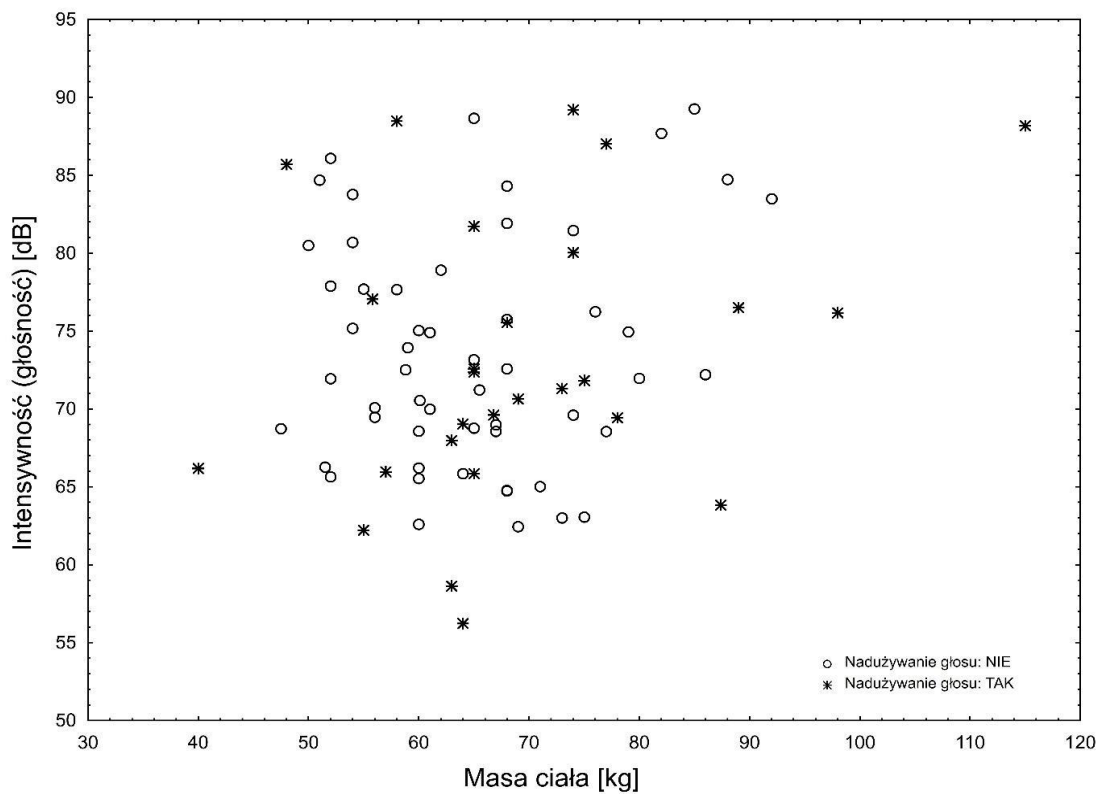
Wszyscy uczestnicy badania zostali porównani pod kątem wartości parametrów głosu (obliczonych oddzielnie na podstawie samogłosek i zdania) w zależności od deklarowanego w ankiecie stanu rzeczywistego (np. palenie papierosów) celem sprawdzenia, czy czynniki zawarte w Tabeli 1 miały istotny różnicujący wpływ na parametry głosu badanych. Ze względu na istotne różnice w parametrach akustycznych pomiędzy mężczyznami i kobietami (Tab. 3-4), wszystkie porównania zostały wykonane oddzielnie dla każdej z płci. Wszystkie zmienne z wyjątkiem fazy cyklu menstruacyjnego, ze względu na małe liczebności w poszczególnych podgrupach, zostały podzielone na dwie kategorie odpowiedzi (tak/nie) i porównane pod kątem parametrów głosu za pomocą testu Manna-Whitney'a (Aneks, Załącznik 3). Różnice w parametrach akustycznych pomiędzy kobietami w różnych fazach cyklu zostało zweryfikowane przy pomocy testu Kruskala-Wallisa (Aneks, Załącznik 3, Tab. XXI-XXII).



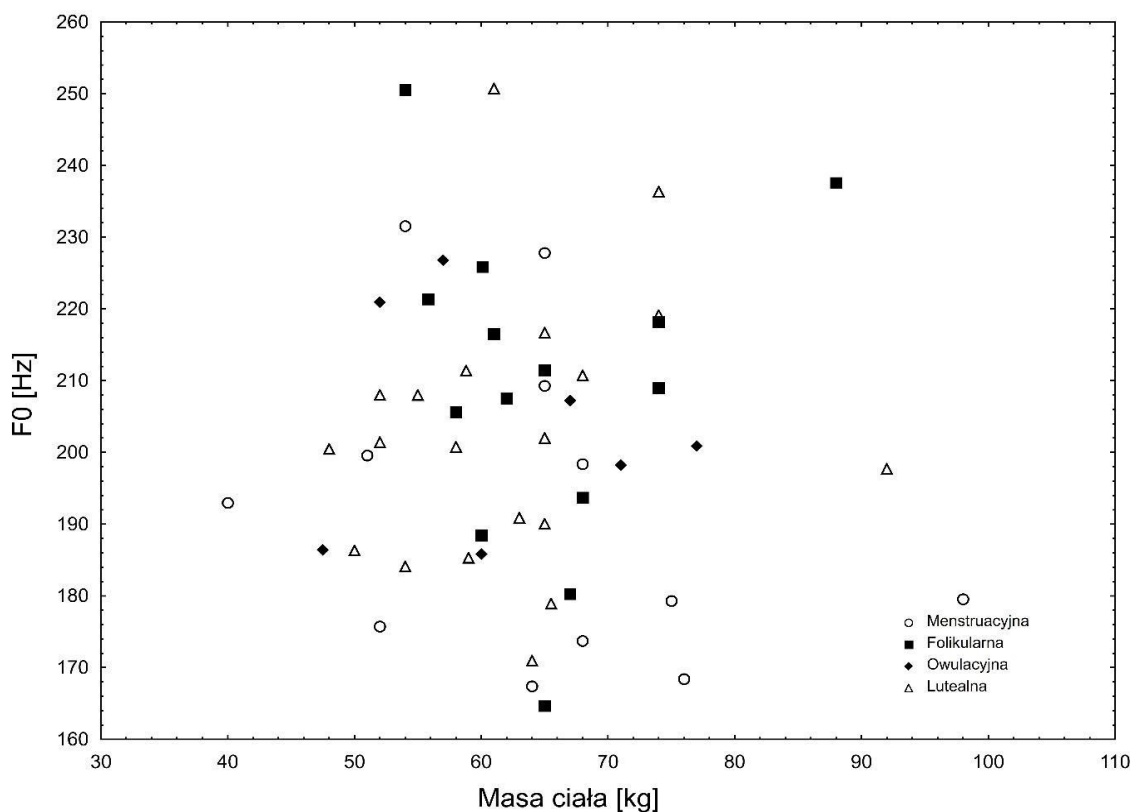




**Rycina 6. Korelacja masy ciała i stabilności głosu u mężczyzn w zależności od występowania u nich urazów głowy i szyi w przeszłości**



**Rycina 7. Korelacja masy ciała i intensywności głosu u kobiet w zależności od nadużywania głosu**



**Rycina 8. Korelacja masy ciała i wysokości (tonu) głosu u kobiet w zależności od fazy cyklu menstruacyjnego**

#### 4.1.2. Parametry akustyczne głosu badanych mężczyzn i kobiet

Kobiety miały istotnie wyższe wartości parametrów opisujących wysokość głosu (mierzoną częstotliwością podstawową głosu; ton głosu, F0) zarówno w przypadku parametrów wyliczonych w oparciu o samogłoski, jak i dla parametrów wyliczonych ze zdania (Tabele 3-4). Wielkość tych różnic była duża (silny efekt wg wskaźnika *d* Cohena). Wyższą niestabilnością głosu (wyższe wartości parametrów *jitter* i *shimmer* oraz niższa wartość HNR) cechowali się mężczyźni (szczególnie w przypadku analizy zdania), chociaż efekt tych różnic był w większości umiarkowany (poza silnym efektem dla HNR). Dla częstotliwości formantowych (F1-F4) oraz ich pochodnych (Fn, Pf Df, ΔF, VTL) zaobserwowano istotnie niższe wartości w przypadku mężczyzn (wskazujące na ich niższy głos), chociaż efekt tych zależności był słaby. Dodatkowo głośność głosów męskich była istotnie większa niż kobiecych, a efekt tej zależności był silny (tylko dla samogłosek). Maksymalny czas fonacji również był istotnie dłuższy u mężczyzn (średnio o 7 sekund) niż

u kobiet, a efekt tej zależności okazał się silny. Mężczyźni charakteryzowali się również istotnie dłuższym szacowanym torem głosowym VTL (Tab. 3-4).

**Tabela 3. Parametry głosu kobiet i mężczyzn (dla samogłosek a, e, i, o, u). Wartości średnie  $\pm$  odchylenie standardowe (minimum-maksimum)**

Parametr akustyczny	Płeć		Z/t*	p	d Cohena	Siła efektu
	Kobiety	Mężczyźni				
F0 średnia [Hz]	201,52 $\pm$ 22,37 (127,73-256,26)	116,17 $\pm$ 19,98 (84,38-174,63)	<b>11,96</b>	<b>&lt;0,001</b>	4,03	silny
Jitter (local) [%]	0,41 $\pm$ 0,17 (0,16-1,22)	0,47 $\pm$ 0,31 (0,16-2,3)	-1,23	0,2190	0,28	słaby
Shimmer (local) [%]	3,68 $\pm$ 2,29 (0,77-13,16)	4,48 $\pm$ 2,46 (0,83-12,57)	<b>-2,73</b>	<b>0,0064</b>	0,34	słaby
HNR [dB]	21,40 $\pm$ 3,51 (10,12-28,78)	17,92 $\pm$ 3,52 (9,68-25,88)	<b>-6,45</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,73	silny
Głośność [dB]	75,58 $\pm$ 10,69 (56,22-149,05)	76,50 $\pm$ 7,97 (63,25-90,76)	<b>6,30</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,99	silny
F1 [Hz]	609,51 $\pm$ 86,43 (404,21-1028,69)	620,95 $\pm$ 180,12 (410,72-1113,27)	-1,18	0,2375	0,10	słaby
F2 [Hz]	1727,39 $\pm$ 374,49 (1306,44-3049,23)	1707,11 $\pm$ 405,09 (1135,75-3090,85)	<b>2,72</b>	<b>0,0066</b>	0,09	słaby
F3 [Hz]	3056,89 $\pm$ 439,45 (2445,71-4471,57)	2933,67 $\pm$ 455,27 (2393,91-4496,36)	1,28	0,1997	0,28	słaby
F4 [Hz]	4218,40 $\pm$ 624,2 (3561,73-6441,54)	4033,13 $\pm$ 791,23 (3387,96-6342,94)	<b>3,89</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,26	słaby
Fn [Hz]	2403,05 $\pm$ 362,69 (2089,09-3624,59)	2323,71 $\pm$ 439,15 (1960,8-3671,15)	<b>6,06</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,20	słaby
Pf [Z/Hz]	0,08 $\pm$ 0,92 (-0,71-3,17)	-0,12 $\pm$ 1,11 (-1,04-3,29)	<b>5,07</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,20	słaby
$\Delta$ F [Hz]	1199,66 $\pm$ 175,46 (1018,74-1821,86)	1176,44 $\pm$ 246,79 (965,82-1895,39)	<b>5,07</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,11	słaby

Df [Hz]	1202,96±195,05 (986,46-1906,91)	1137,39±211,79 (944,59-1779,23)	<b>4,32</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,32	słaby
Szacowana długość toru głosowego [cm]	14,27±1,63 (9,25-16,57)	14,81±2,31 (8,89-17,52)	<b>5,41</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,27	słaby
Maksymalny czas fonacji [s]	12,20±5,78 (2,4-30,2)	19,16±8,51 (2,73-43,8)	<b>-5,38</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,97	silny

\* w przypadku rozkładów normalnych cechy dla obu płci, użyto testu t-Studenta dla prób niezależnych; w przypadku braku normalności rozkładu dla przynajmniej jednej z płci, zastosowano test U Manna-Whitney'a. F0 – częstotliwość podstawowa, F0 SD – zmienność częstotliwości podstawowej głosu w odcinku o długości 0,2 s z fragmentu samogłoski, F1-F4 – częstotliwości formantowe, F<sub>n</sub> – średnia częstotliwość formantów, Pf - zestandaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – średni odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df - dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*).

**Tabela 4. Parametry głosu kobiet i mężczyzn (dla zdania). Średnia ± odchylenie standardowe (minimum-maksimum)**

Parametr akustyczny	Płeć		Z/t*	p	d Cohena	Siła efektu
	Kobiety	Mężczyźni				
F0 średnia [Hz]	211,10±21,09 (162,75-262,86)	125,46±17,65 (92,98-173,76)	<b>11,96</b>	<b>&lt;0,001</b>	4,42	silny
Jitter (local) [%]	2,32±0,48 (1,45-4,17)	2,67±0,55 (1,58-4,2)	<b>-4,46</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,67	silny
Shimmer (local) [%]	10,29±3,03 (5,5-17,21)	12,25±2,89 (7,09-17,97)	<b>-4,32</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,66	silny
HNR [dB]	10,93±2,36 (5,59-16,37)	7,89±1,87 (4,34-12,66)	<b>10,19</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,44	silny
Głośność [dB]	72,88±8,07 (56,48-87,3)	73,49±7,16 (61,11-88,32)	-0,68	0,4990	0,08	słaby
F1 [Hz]	723,15±128,13 (576,8-1139,14)	749,50±140,9 (554,69-1114,56)	-1,56	0,1185	0,20	słaby
F2 [Hz]	1863,62±356,4 (1575,5-3077,75)	1956,21±368,5 (1521,32-3098,33)	<b>-3,46</b>	<b>0,0005</b>	0,26	słaby
F3 [Hz]	3147,79±486,81 (2709,76-4564,89)	3170,98±430,87 (2780,7-4520,89)	<b>-1,98</b>	<b>0,0478</b>	0,05	słaby

F4 [Hz]	4341,17±621,74 (3882,48-6304,34)	4287,06±679,94 (3733,37-6197,63)	<b>4,64</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,08	słaby
Fn [Hz]	2518,93±392,66 (2251,66-3731,77)	2540,94±395,46 (2188,58-3710,83)	-0,89	0,3728	0,06	słaby
Pf [Z/Hz]	-0,02±1,0 (-0,7-3,06)	0,03±1,0 (-0,86-3,01)	-0,89	0,3728	0,06	słaby
ΔF [Hz]	1297,04±210,97 (1135,6-1940,74)	1324,1±215,54 (1101,12-1953,76)	-1,84	0,0651	0,13	słaby
Df [Hz]	1206,01±169,97 (1072,2-1748,97)	1179,19±188,92 (1050,85-1694,36)	<b>5,97</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,15	słaby
Szacowana długość toru głosowego [cm]	13,24±1,6 (8,68-14,77)	13,02±1,67 (8,65-15,23)	1,86	0,0623	0,14	słaby

\* w przypadku rozkładów normalnych cechy dla obu płci, użyto testu t-Studenta dla prób niezależnych; w przypadku braku normalności rozkładu dla przynajmniej jednej z płci, zastosowano test *U* Manna-Whitney'a. F0 – częstotliwość podstawowa, F0 SD – zmienność częstotliwości podstawowej głosu we fragmencie zdania, F1-F4 – częstotliwości formantowe, Fn – średnia częstotliwość formantów, Pf - zestandaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – średni odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df - dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*).

#### 4.1.3. Budowa ciała badanych mężczyzn i kobiet

Na początku wyznaczono techniczny błąd pomiarowy badacza dla każdego pomiaru budowy ciała. Obliczono wartości zarówno błędu bezwzględnego, jak i względnego (Tab. 5). Im niższa jest uzyskana wartość TEM i rTEM, tym lepsza jest wiarygodność osoby mierzącej, a otrzymane wyniki pomiarów są bliskie faktycznym wymiarom ciała. Ponieważ wartości oszacowanych błędów względnych mieściły się w przedziale od 0,2 % dla wysokości ciała do 3,3% dla obwodu ramienia lewego (w spoczynku), można uznać, że uzyskane średnie wartości pomiarów ciała są bliskie realnym wartościom.

**Tabela 5. Błąd bezwzględny i względny badacza dla pomiarów budowy ciała**

<b>Pomiar ciała</b>	<b>Śr. pomiaru #1</b>	<b>Śr. pomiaru #2</b>	<b>Bezwzględna różnica śr. pomiarów #1 i #2</b>	<b>Pomiar uśredniony na podstawie pomiarów #1 i #2</b>	<b>a TEM [cm]</b>	<b>r TEM [%]</b>
Wysokość ciała [cm]	173,5	171,4	2,1	172,44	0,3	0,2
Obwody ciała [cm]:						
- głowy	55,7	56,9	1,2	56,29	0,3	0,5
- szyi	35,2	36,2	1,0	35,7	0,6	1,9
- barków	111,26	113,74	2,5	112,53	2,0	2,0
- klatki piersiowej	98,5	96,2	2,33	97,37	1,6	1,9
- talii	87,1	88,85	1,75	87,98	1,8	2,4
- bioder	103,3	104,48	1,28	103,84	0,9	0,9
- ręki lewej (spoczynek)	28,5	30,7	2,2	29,59	0,9	3,3
- ręki lewej (napięcie)	32,4	30,9	1,5	31,65	0,5	1,8
- ręki prawej (spoczynek)	30,2	29,2	1,0	29,73	0,6	2,3
- ręki prawej (napięcie)	31,9	32,0	0,1	31,96	0,6	2,1

a TEM – techniczny błąd bezwzględny, r TEM – techniczny błąd względny

Z analizy zmiennych opisujących wielkość ciała, wynika, że badani mężczyźni byli istotnie wyżsi i ciężsi niż badane kobiety, a zaobserwowane efekty różnic były silne. Identyczne zależności, o silnym efekcie różnic, zostały wykazane także w przypadku obwodów głowy i tułowia (Tab. 6).

Porównując kształt ciała kobiet i mężczyzn wykazano, że mężczyźni mieli istotnie wyższe wartości wskaźników opisujących kształt sylwetki takich, jak WHR, SHR oraz WHtR, co oznacza, że mieli większe obwody talii oraz barków w stosunku do obwodu bioder czy wysokości ciała niż kobiety – efekt tych różnic był silny. Dla proporcji obwodu talii do obwodów: barków (WSR) i klatki piersiowej (WCR) nie wykazano istotnych statystycznie różnic międzypłciowych – efekty te były słabe (Tab. 6).

**Tabela 6. Wielkość i kształt ciała badanych. Średnia ± odchylenie standardowe (minimum-maksimum)**

Wartość pomiaru/wskaźnika	Płeć		Z/t*	p	d Cohena	Siła efektu
	Kobiety	Mężczyźni				
Wielkość ciała						
Wysokość ciała [cm]	165,27±5,82 (150-176,2)	179,60±6,7 (162,0-197,0)	<b>-16,17</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,29	silny
Masa ciała [kg]	66,36±11,93 (46,3-99,2)	85,54±17,68 (51,5-136,4)	<b>-7,53</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,30	silny
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	24,13±4,18 (16,7-34,9)	26,47±5,0 (17,0-39,0)	<b>-3,22</b>	<b>0,0013</b>	0,51	umiarkowany
Obwód głowy [cm]	55,23±1,42 (51,8-58,8)	57,35±1,47 (54,0-61,8)	<b>-10,28</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,47	silny
obwód szyi [cm]	32,67±2,57 (28,0-41,0)	38,72±3,47 (32,0-48,3)	<b>-10,34</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,00	silny
obwód barków [cm]	104,01±7,63 (88,0-124,0)	121,05±11,18 (101,7-157,0)	<b>-11,92</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,81	silny
obwód klatki piersiowej [cm]	90,5±8,45 (77,7-110,5)	104,24±13,78 (79,0-130,0)	<b>-5,45</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,24	silny
obwód talii [cm]	80,21±11,7 (59,1-112,5)	95,75±16,91 (69,5-136,0)	<b>-4,99</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,09	silny
obwód bioder [cm]	101,96±8,93 (86,5-125,0)	105,72±9,12 (88,2-122,0)	<b>-2,36</b>	<b>0,0185</b>	0,42	umiarkowany
obwód ramienia lewego (spoczynek) [cm]	27,88±3,6 (20,9-39,0)	31,30±3,9 (22,0-38,5)	<b>-6,4</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,91	silny
obwód ramienia lewego (napięcie) [cm]	29,09±3,6 (20,5-37,0)	34,21±3,98 (23,5-41,8)	<b>-9,41</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,35	silny
obwód ramienia prawego (spoczynek) [cm]	27,94±3,41 (22,0-36,5)	31,52±3,77 (22,0-39,5)	<b>-6,45</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,00	silny
obwód ramienia prawego (napięcie) [cm]	29,20±3,32 (23,5-36,8)	34,71±4,01 (25,0-43,0)	<b>-7,82</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,50	silny
Kształt ciała						

WHR (obw. talii/obw. bioder)	0,78±0,07 (0,66-0,99)	0,89±0,1 (0,75-1,1)	<b>-5,55</b>	<b>&lt;0,001</b>	1,26	silny
SHR (obw. barków/obw. bioder)	1,03±0,06 (0,91-1,14)	1,16±0,07 (1,01-1,33)	<b>-10,23</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,02	silny
WSR (obw. talii/obw. barków)	0,77±0,07 (0,62-0,95)	0,78±0,08 (0,66-0,91)	-0,53	0,5978	0,28	słaby
WCR (obw. talii/obw. klatki piersiowej)	0,88±0,06 (0,72-1,05)	0,90±0,06 (0,79-1,0)	-1,44	0,1518	0,12	słaby
WHtR (obw. talii/wysokość ciała)	0,48±0,06 (0,37-0,62)	0,53±0,09 (0,38-0,72)	<b>-3,54</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,71	silny

\* w przypadku rozkładów normalnych cechy dla obu płci, użyto testu t-Studenta dla prób niezależnych; w przypadku braku normalności rozkładu dla przynajmniej jednej z płci, zastosowano test *U* Manna-Whitney'a.

#### 4.1.4. Skład ciała badanych mężczyzn i kobiet

Badani mężczyźni charakteryzowali się istotnie wyższymi wartościami całkowitej wody w organizmie, protein, minerałów, całkowitej masy beztłuszczowej, masy mięśni szkieletowych oraz masy beztłuszczowej w poszczególnych segmentach ciała w porównaniu do kobiet; efekt tych zależności był silny. W przypadku kobiet odnotowano wyższe wartości niż u mężczyzn dla całkowitej tłuszczowej masy ciała, masy tłuszczowej w poszczególnych segmentach ciała oraz poziomu tłuszczu wisceralnego (VFL) chociaż efekt tych różnic był słaby lub umiarkowany (Tab. 7).

**Tabela 7. Skład ciała badanych. Średnia ± odchylenie standardowe (minimum-maksimum)**

Wartość parametru	Płeć		Z/t*	p	d Cohe na	Siła efektu
	Kobiety	Mężczyźni				
Całkowita FM [kg]	21,27±8,56 (7,2-45,2)	19,17±10,59 (4,6-43,7)	<b>2,07</b>	<b>0,0380</b>	0,22	słaby
Całkowita FFM [kg]	44,54±5,49 (31,2-59,6)	66,25±9,1 (49,3-81,2)	<b>-11,52</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,98	silny
SMM [kg]	24,37±3,28 (16,3-32,8)	37,70±5,47 (27,8-47,1)	<b>-11,58</b>	<b>&lt;0,001</b>	3,05	silny
FFM ramienia prawego [kg]	2,20±0,43 (1,13-3,23)	3,86±0,68 (2,62-5,36)	<b>-19,39</b>	<b>&lt;0,001</b>	3,02	silny



FFM ramienia lewego [kg]	2,17±0,43 (1,09-3,2)	3,80±0,68 (2,62-5,33)	<b>-18,86</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,93	silny
Uśredniona FFM ramion [kg]	2,18±0,43 (1,11-3,21)	3,83±0,68 (2,62-5,35)	<b>-19,17</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,98	silny
FFM tułowia [kg]	19,68±2,63 (12,7-25,9)	29,44±3,93 (22,1-37,5)	<b>-19,33</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,97	silny
FFM kończyny dolnej prawej [kg]	7,06±1,02 (4,52-10,08)	10,42±1,35 (7,55-12,61)	<b>-11,41</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,84	silny
FFM kończyny dolnej lewej [kg]	7,06±1,01 (4,51-9,97)	10,33±1,33 (7,36-12,43)	<b>-11,33</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,80	silny
Uśredniona FFM k. dolnych [kg]	7,06±1,01 (4,52-10,03)	10,38±1,34 (7,46-12,52)	<b>-11,37</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,83	silny
FM ramienia prawego [kg]	1,54±0,86 (0,4-4,4)	1,15±0,97 (0,1-3,8)	<b>4,10</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,42	umiarkowany
FM ramienia lewego [kg]	1,57±0,86 (0,4-4,4)	1,19±0,99 (0,1-3,9)	<b>3,93</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,41	umiarkowany
Uśredniona FM ramion [kg]	1,56±0,86 (0,4-4,4)	1,17±0,98 (0,1-3,85)	<b>4,02</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,42	umiarkowany
FM tułowia [kg]	10,52±4,52 (2,9-22,3)	10,15±5,82 (1,4-23,5)	0,90	0,3672	0,07	słaby
FM kończyny dolnej prawej [kg]	3,36±1,23 (1,3-6,6)	2,68±1,28 (0,9-6,1)	<b>3,95</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,54	umiarkowany
FM kończyny dolnej lewej [kg]	3,35±1,23 (1,3-6,6)	2,66±1,25 (0,9-6,0)	<b>4,00</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,56	umiarkowany
Uśredniona FM k. dolnych [kg]	3,36±1,23 (1,3-6,6)	2,67±1,27 (0,9-6,05)	<b>3,98</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,55	umiarkowany
VFL	9,24±4,79 (2,0-20,0)	7,89±5,08 (1,0-20,0)	<b>2,08</b>	<b>0,0373</b>	0,27	słaby
TBW [kg]	32,67±3,89 (24,4-43,2)	48,55±6,62 (36,2-59,3)	<b>-11,52</b>	<b>&lt;0,001</b>	3,02	silny
Zawartość protein [kg]	8,77±1,06 (6,6-11,5)	13,16±1,82 (9,8-16,3)	<b>-11,54</b>	<b>&lt;0,001</b>	3,05	silny
Zawartość minerałów [kg]	3,19±0,41 (2,28-4,19)	4,52±0,7 (3,13-5,78)	<b>-15,35</b>	<b>&lt;0,001</b>	2,41	silny

\* dla rozkładów normalnych cechy dla obu płci, użyto testu *t*-Studenta dla prób niezależnych; przy braku normalności rozkładu dla przynajmniej jednej z płci, zastosowano test *U* Manna-Whitney'a. FM – masa tłuszczowa, FFM – masa beztłuszczowa, SMM – masa mięśni szkieletowych, VFL – poziom tłuszczu wisceralnego, TBW – całkowita masa wody w organizmie.

Na podstawie istotnych statystycznie różnic międzypłciowych w wartościach parametrów akustycznych głosu (Tab. 3-4), budowy ciała (zarówno dla wielkości ciała, jak i kształtu ciała; Tab. 6) oraz składu ciała (Tab. 7) i jednocześnie silnych efektów

zaobserwowanych różnic, zdecydowano, aby wszystkie analizy dokonywać z podziałem na płeć – osobno dla kobiet i osobno dla mężczyzn.

#### **4.1.5. Związek wieku z parametrami głosu, budową i składem ciała mężczyzn i kobiet**

Osoby, które wzięły udział w badaniu cechowały się szerokim zakresem wieku, od osób młodych do osób w starszym wieku (zakres: 18-72 lat). Różnica wieku pomiędzy najmłodszym i najstarszym uczestnikiem badania wynosiła 54 lata (52 lata dla mężczyzn i 47 lat w przypadku kobiet). Wiek badanych osób charakteryzował się dużą zmiennością dla ogółu (wsp. zmienności:  $V_s = 40,2$  lat), jak i z uwzględnieniem płci badanych (mężczyźni: wsp. zmienności:  $V_s = 36,9$  lat; kobiety: wsp. zmienności:  $V_s = 41,5$  lat). W związku z tym sprawdzono, czy wiek badanych osób różnicował w sposób istotny cechy biometryczne uczestników. Do zweryfikowania potencjalnych związków wieku oraz cech głosu, budowy oraz składu ciała użyto współczynników korelacji  $r$  Pearsona.

Zaobserwowano istotne statystycznie korelacje pomiędzy wiekiem a parametrami akustycznymi głosu oraz parametrami budowy i składu ciała, zarówno u mężczyzn (Tab. 8), jak i u kobiet (Tab. 9). Spośród parametrów głosu wyliczonych na podstawie samogłosek, z wiekiem najsilniej korelowały częstotliwość podstawowa (F0), *shimmer* oraz formanty i ich pochodne, zarówno u mężczyzn, jak i u kobiet. U mężczyzn, dla częstotliwości podstawowej (F0) był to związek dodatni, a u kobiet ujemny, co oznacza że wraz z wiekiem wysokość (ton) męskiego głosu się podwyższała, a kobiecego obniżała. Wartość parametru *shimmer* rosła z wiekiem u obu płci, a dodatkowo u kobiet wartość HNR z wiekiem malała. Wyniki te oznaczają, że głos stawał się wraz z upływem lat coraz bardziej niestabilny. Wartości częstotliwości formantowych i ich pochodnych z wiekiem badanych były coraz wyższe u obu płci, co wiąże się ze zmianami w obrębie krtani oraz całego toru głosowego. Dodatkowo u kobiet została stwierdzona ujemna korelacja głośności (intensywności) głosu z wiekiem, co oznacza, że starsze kobiety mówiły ciszej niż młodsze. Zależność ta nie wystąpiła u mężczyzn. Parametry akustyczne wyliczone z wypowiedzianego zdania, wykazały u kobiet związki z wiekiem bardzo podobne pod względem siły i kierunku korelacji do tych, uzyskanych dla samogłosek. U mężczyzn wiele z korelacji parametrów głosu (wyliczonych na podstawie zdania) z wiekiem straciło na sile oraz istotności w stosunku do związków wieku z parametrami głosu obliczonych na podstawie samogłosek.

Podobnie budowa ciała była skorelowana z wiekiem u obydwu płci. U osób starszych odnotowano większą masę ciała oraz BMI, jak również większe obwody oraz wyższe wartości dla większości wskaźników opisujących kształt sylwetki (WHR, SHR, itd.). Wysokość ciała była skorelowana ujemnie z wiekiem zarówno u mężczyzn, jak i u kobiet, jednakże w przypadku tych pierwszych, związek ten nie osiągnął istotności statystycznej. Oznacza, to że osoby starsze miały mniejszą wysokość ciała od osób młodszych, co jest naturalną konsekwencją dodatniego trendu sekularnego.

Analizując skład ciała badanych zaobserwowano, że parametry związane z tłuszczową masą ciała (np. FM, VFL) były dodatnio związane z wiekiem mężczyzn, jak i kobiet, a więc im starsi byli badani tym większą ilością tkanki tłuszczowej się charakteryzowali. Parametry określające beztłuszczową masę ciała (np. FFM, SMM, TBW) nie wykazały istotnych związków z wiekiem badanych mężczyzn i kobiet. Jedyny wyjątek stanowiła średnia masa beztłuszczowa ramion (FFM ramion) u kobiet, która była dodatnio skorelowana z wiekiem – starsze kobiety miały bardziej umięśnione ramiona.

**Tabela 8. Wiek a parametry głosu, budowa ciała i skład ciała mężczyzn (współczynniki korelacji  $r$  Pearsona)**

Parametry akustyczne głosu			Budowa ciała		Skład ciała	
zmienna	$r$ samogłoski	$r$ zdanie	zmienna	$r$	zmienna	$r$
F0 [Hz]	<b>0,23*</b>	-0,02	Wysokość ciała (cm)	-0,19	TBW [kg]	0,07
Jitter (local) [%]	-0,003	0,14	Masa ciała (kg)	<b>0,25*</b>	Białko [kg]	0,04
Shimmer (local) [%]	<b>0,32**</b>	0,18	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	<b>0,35**</b>	Minerały [kg]	0,07
HNR [dB]	-0,06	-0,11	Obwód głowy [cm]	<b>0,24*</b>	FFM [kg]	0,06

Głośność [dB]	-0,01	-0,12	obwód szyi [cm]	<b>0,41****</b>	SMM [kg]	0,04
F1 [Hz]	0,22	-0,06	obwód barków [cm]	<b>0,27*</b>	FFM ramiona [kg]	0,10
F2 [Hz]	<b>0,27*</b>	0,11	obwód klatki piersiowej [cm]	<b>0,47**</b>	FFM tułów [kg]	0,08
F3 [Hz]	<b>0,35**</b>	0,22	obwód talii [cm]	<b>0,67****</b>	FFM k. dolne [kg]	-0,02
F4 [Hz]	<b>0,34**</b>	0,22	obwód bioder [cm]	0,23	FM [kg]	<b>0,33**</b>
Pf [Z]	<b>0,33**</b>	0,18	obwód dominującego ramienia (w napięciu) [cm]	0,20	PBF [%]	<b>0,38****</b>
$\Delta F$ [Hz]	<b>0,30**</b>	0,11	WHR	<b>0,78****</b>	FM ramiona [kg]	<b>0,30**</b>
Df [Hz]	<b>0,36**</b>	<b>0,28*</b>	SHR	<b>0,47**</b>	FM tułów [kg]	<b>0,34**</b>
VTL [cm]	<b>-0,29*</b>	-0,08	WSR	<b>0,60****</b>	FM k. dolne [kg]	<b>0,35**</b>
MPT [s]	-0,23	-	WCR	<b>0,62****</b>	VFL	<b>0,34**</b>
			WHtR	<b>0,70****</b>		

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*),  $\Delta F$  – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a:/; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie, FFM – beztłuszczowa masa ciała, SMM – zawartość mięśni szkieletowych, FFM ramiona – uśredniona masa beztłuszczowa ramienia prawego i lewego, FFM k. dolne – uśredniona masa beztłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej; FM – masa tkanki tłuszczowej, PFM - procent tkanki tłuszczowej w całej masie ciała, FM ramiona – uśredniona masa tłuszczowa ramienia prawego i lewego, FM k. dolne – uśredniona masa tłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, VFL – zawartość wisceralnej (trzewnej) tkanki tłuszczowej (w poziomach 1-20); \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

**Tabela 9. Wiek a parametry głosu, budowa ciała i skład ciała kobiet (współczynniki korelacji  $r$  Pearsona)**

Parametry akustyczne głosu			Budowa ciała		Skład ciała	
zmienna	$r$ samogłoski	$r$ zdanie	zmienna	$r$	zmienna	$r$
F0 [Hz]	<b>-0,45***</b>	<b>-0,49***</b>	Wysokość ciała (cm)	<b>-0,19*</b>	TBW [kg]	0,13
Jitter (local) [%]	-0,06	0,06	Masa ciała (kg)	<b>0,26**</b>	Białko [kg]	0,12
Shimmer (local) [%]	<b>0,29**</b>	<b>0,45***</b>	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	<b>0,33***</b>	Minerały [kg]	0,07
HNR [dB]	<b>-0,21*</b>	<b>-0,36***</b>	Obwód głowy [cm]	0,01	FFM [kg]	0,10
Głośność [dB]	<b>-0,33***</b>	<b>-0,31***</b>	obwód szyi [cm]	<b>0,43***</b>	SMM [kg]	0,09
F1 [Hz]	0,01	0,15	obwód barków [cm]	<b>0,30***</b>	FFM ramiona [kg]	<b>0,24**</b>
F2 [Hz]	<b>0,31***</b>	<b>0,27**</b>	obwód klatki piersiowej [cm]	<b>0,38***</b>	FFM tułów [kg]	0,18
F3 [Hz]	<b>0,32***</b>	<b>0,31***</b>	obwód talii [cm]	<b>0,43***</b>	FFM k. dolne [kg]	-0,09
F4 [Hz]	<b>0,25**</b>	<b>0,27**</b>	obwód bioder [cm]	<b>0,22*</b>	FM [kg]	<b>0,24**</b>

Pf [Z]	<b>0,29**</b>	<b>0,28**</b>	obwód dominują cego ramienia (w napięciu) [cm]	<b>0,39****</b>	PBF [%]	<b>0,24**</b>
$\Delta F$ [Hz]	<b>0,27**</b>	<b>0,25**</b>	WHR	<b>0,48****</b>	FM ramiona [kg]	<b>0,27**</b>
Df [Hz]	<b>0,26**</b>	<b>0,29****</b>	SHR	0,16	FM tułów [kg]	<b>0,31****</b>
VTL [cm]	<b>-0,25**</b>	<b>-0,22*</b>	WSR	<b>0,33**</b>	FM k. dolne [kg]	<b>0,20*</b>
MPT [s]	0,07		WCR	<b>0,35****</b>	VFL	<b>0,29****</b>
			WHtR	<b>0,41****</b>		

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*),  $\Delta F$  – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a:/; TBW – całkowita zawartość wody w organizmie, FFM – beztłuszczowa masa ciała, SMM – zawartość mięśni szkieletowych, FFM ramiona – uśredniona masa beztłuszczowa ramienia prawego i lewego, FFM k. dolne – uśredniona masa beztłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej; FM – masa tkanki tłuszczowej, PFM - procent tkanki tłuszczowej w całej masie ciała, FM ramiona – uśredniona masa tłuszczowa ramienia prawego i lewego, FM k. dolne – uśredniona masa tłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, VFL – zawartość wisceralnej (trzewnej) tkanki tłuszczowej (w poziomach 1-20); \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

Zważywszy na liczne istotne statystycznie korelacje wieku z parametrami akustycznymi, budową oraz składem ciała zarówno mężczyzn, jak i kobiet, wszystkie dalsze analizy prowadzono z uwzględnieniem zmiennej *wiek*, jako zmiennej sterującej, przy użyciu metody korelacji cząstkowej I-rzędu.

## 4.2. Budowa ciała a parametry akustyczne głosu mężczyzn i kobiet

### 4.2.1. Wielkość ciała a parametry akustyczne

U mężczyzn zaobserwowano kilka istotnych związków wymiarów ciała z parametrami akustycznymi uzyskanymi z samogłosek (Tab. 10). Wymiary ciała takie, jak obwód głowy,

szy, barków, klatki piersiowej oraz talii były wyższe u osób z niestabilnym głosem (dodatnia korelacja z parametrem *shimmer*). Relacje te w większości przypadków straciły istotność statystyczną po uwzględnieniu wpływu wieku badanych. Parametr HNR wykazał istotny dodatni związek z wysokością ciała mężczyzn - im mężczyzna był wyższy, tym jego głos był bardziej stabilny (miał wyższy parametr HNR). Wykryto również pozytywny związek pomiędzy barwą głosu a parametrami wielkości ciała takimi, jak BMI oraz większością obwodów ciała, z wyjątkiem obwodów talii oraz dominującego ramienia, co oznacza, że osoby relatywnie cięższe, o większych obwodach ciała cechowały się głosami o bardziej kobiecej barwie (wyrażonej wyższymi wartościami częstotliwości formantowych oraz ich pochodnych). W przypadku szacowanej długości toru głosowego (VTL) również znaleziono istotne związki z parametrami opisującymi wielkość ciała, jednakże były one ujemne, co oznacza, że osoby o większych wymiarach, miały krótszy tor głosowy (estymowany na podstawie średniej częstotliwości formantów). W większości przypadków, związki formantów i ich pochodnych, a także VTL z parametrami budowy ciała utraciły istotność statystyczną lub straciły na sile po uwzględnieniu wieku badanych, jednakże nie zmienił się kierunek korelacji.

**Tabela 10. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	Wysokość ciała [cm]		Masa ciała [kg]		BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		obwody [cm]													
							głowy		szyi		barków		klatki piersiowej		talii		bioder		dominującego ramienia	
	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.
F0 [Hz]	-0,06	-0,02	-0,05	-0,12	-0,04	-0,14	-0,09	-0,16	-0,06	-0,18	-0,16	<b>-0,24</b>	-0,02	-0,15	0,08	-0,10	-0,00	-0,06	-0,10	-0,15
Jitter (local) [%]	-0,08	-0,08	0,04	0,04	0,07	0,08	0,17	0,17	0,14	0,16	0,09	0,10	0,16	0,19	0,19	0,26	0,10	0,10	0,10	0,10
Shimmer (local) [%]	-0,14	-0,08	0,14	0,07	0,22	0,12	<b>0,28*</b>	0,22	<b>0,28*</b>	0,17	<b>0,31**</b>	<b>0,24</b>	<b>0,38*</b>	0,27	<b>0,39*</b>	0,25	0,18	0,12	0,21	0,16
HNR [dB]	<b>0,23*</b>	0,22	-0,05	-0,04	-0,16	-0,14	-0,17	-0,16	-0,21	-0,21	-0,17	-0,17	-0,26	-0,26	-0,27	-0,31	-0,06	-0,05	-0,17	-0,16
Głośność [dB]	-0,04	-0,04	-0,06	-0,06	-0,05	-0,05	-0,11	-0,12	-0,13	-0,13	-0,22	-0,22	-0,21	-0,24	-0,10	-0,12	-0,13	-0,13	-0,18	-0,18
F1 [Hz]	-0,22	-0,18	0,15	0,10	<b>0,26*</b>	0,20	0,14	0,09	0,22	0,14	<b>0,32**</b>	<b>0,27*</b>	<b>0,32*</b>	0,25	0,26	0,15	0,02	-0,03	0,05	0,01
F2 [Hz]	-0,09	-0,04	0,17	0,11	<b>0,23*</b>	0,15	<b>0,26*</b>	0,21	0,27*	0,18	<b>0,32**</b>	<b>0,26</b>	0,23	0,12	0,14	-0,06	-0,03	-0,09	0,10	0,05
F3 [Hz]	-0,17	-0,12	0,17	0,09	<b>0,27*</b>	0,17	<b>0,27*</b>	0,21	0,28*	0,16	<b>0,35**</b>	<b>0,28</b>	0,31	0,18	0,21	-0,04	0,14	0,06	0,10	0,03
F4 [Hz]	-0,13	-0,07	0,19	0,11	<b>0,27*</b>	0,17	0,22	0,16	0,30**	0,18	<b>0,40***</b>	<b>0,34</b>	<b>0,33*</b>	0,21	0,23	0,01	0,02	-0,06	0,15	0,09
Pf [Z]	-0,15	-0,09	0,18	0,11	<b>0,27*</b>	0,18	<b>0,25*</b>	0,18	<b>0,29**</b>	0,18	<b>0,37***</b>	<b>0,31</b>	0,32	0,19	0,22	-0,01	0,04	-0,03	0,12	0,06



Parametr akustyczny	Wysokość ciała [cm]		Masa ciała [kg]		BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		obwody [cm]													
							głowy		szyi		barków		klatki piersiowej		talii		bioder		dominującego ramienia	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
ΔF [Hz]	-0,17	-0,12	0,17	0,11	<b>0,27*</b>	0,19	<b>0,23*</b>	0,17	<b>0,28*</b>	0,17	<b>0,36**</b>	<b>0,30</b>	0,31	0,20	0,22	0,03	0,03	-0,04	0,10	0,04
Df [Hz]	-0,10	-0,04	0,19	0,11	<b>0,26*</b>	0,16	<b>0,24*</b>	0,17	<b>0,31**</b>	0,19	<b>0,41***</b>	<b>0,34</b>	<b>0,33*</b>	0,19	0,22	-0,03	0,02	-0,06	0,16	0,10
VTL [cm]	0,16	0,12	-0,18	-0,11	<b>-0,28*</b>	-0,19	<b>-0,24*</b>	-0,18	<b>-0,29*</b>	-0,20	<b>-0,34**</b>	<b>-0,28</b>	-0,30	-0,19	-0,23	-0,04	-0,03	0,04	-0,10	-0,04
MPT [s]	0,09	0,05	-0,09	-0,03	-0,13	-0,06	-0,11	-0,05	<b>-0,25*</b>	-0,17	-0,22	-0,17	-0,10	0,01	-0,18	-0,03	0,05	0,11	-0,18	-0,14

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego, MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a:/, *r* – wsp. korelacji Pearsona, *r cz.* – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001

Dla parametrów akustycznych wyliczonych na podstawie zdania również znaleziono istotne statystycznie związki z parametrami opisującymi wielkość ciała mężczyzn (Tab. 11). Mężczyźni o większych obwodach barków i klatki piersiowej mieli mniej stabilne głosy (istotnie niższe HNR). Mężczyźni o wyższej względnej masie ciała (BMI) oraz większych obwodach głowy, szyi i barków cechowali się wyższymi wartościami formantów oraz ich pochodnych (bardziej kobieca barwa głosu; Ryc. 9), a także krótszym szacowanym torem głosowym. Większość tych zależności pozostała istotna statystycznie po wyłączeniu wpływu wieku, jako zmiennej sterującej.

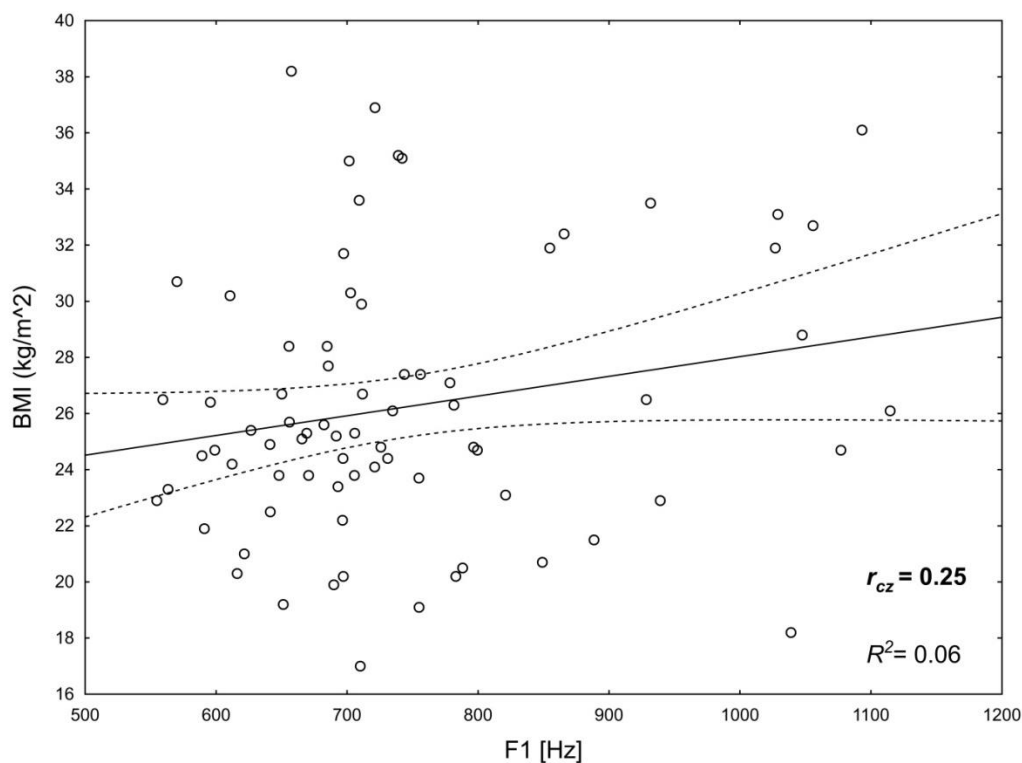
Związki wielkości ciała z jakością głosu mężczyzn były silniejsze dla parametrów akustycznych wyliczonych na podstawie wypowiedzianego zdania niż dla tych obliczonych na podstawie samogłosek. Oznacza to, że sygnał w postaci ciągłego zdania jest lepszym wyznacznikiem wielkości ciała niż izolowane samogłoski.

**Tabela 11. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) mężczyzn. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	Wysokość ciała [cm]		Masa ciała [kg]		BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		obwody [cm]														
							głowy		szyi		barków		klatki piersiowej		talii		bioder		dominującego ramienia		
	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$
F0 [Hz]	0,02	0,01	-0,09	-0,08	-0,12	-0,10	-0,21	-0,20	-0,20	-0,20	-0,17	-0,16	-0,16	-0,15	-0,09	-0,07	-0,05	-0,04	-0,07	-0,07	
Jitter (local) [%]	0,16	0,18	0,05	0,03	-0,01	-0,04	-0,09	-0,11	-0,01	-0,05	-0,01	-0,03	0,01	-0,04	0,04	-0,03	0,13	0,11	-0,02	-0,04	
Shimmer (local) [%]	-0,02	0,01	0,04	0,01	0,04	-0,01	-0,02	-0,05	0,06	-0,003	0,14	0,11	0,25	0,21	0,19	0,13	0,28	0,26	0,07	0,05	
HNR [dB]	0,07	0,05	-0,10	-0,08	-0,13	-0,11	-0,13	-0,12	-0,13	-0,11	<b>-0,23*</b>	-0,21	<b>-0,35*</b>	<b>-0,34*</b>	-0,24	-0,24	-0,24	-0,22	-0,15	-0,14	
Głośność [dB]	0,03	0,003	-0,06	-0,03	-0,08	-0,03	-0,08	-0,06	-0,15	-0,10	<b>-0,23*</b>	-0,21	-0,25	-0,21	-0,16	-0,10	-0,16	-0,14	-0,17	-0,15	
F1 [Hz]	0,02	0,01	0,20	0,22	<b>0,23*</b>	<b>0,26*</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,26*</b>	0,21	<b>0,26*</b>	<b>0,35**</b>	<b>0,37**</b>	0,20	0,24	0,01	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	
F2 [Hz]	0,005	0,03	<b>0,24*</b>	0,22	<b>0,28*</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,28*</b>	<b>0,26*</b>	<b>0,28*</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,40***</b>	<b>0,39***</b>	0,28	0,26	0,12	0,06	0,07	0,05	0,13	0,11	
F3 [Hz]	-0,07	-0,03	0,19	0,15	<b>0,25*</b>	0,20	0,22	0,18	<b>0,26*</b>	0,19	<b>0,38***</b>	<b>0,34**</b>	0,30	0,23	0,15	0,002	0,09	0,05	0,10	0,06	
F4 [Hz]	-0,10	-0,06	0,20	0,15	<b>0,27*</b>	0,21	0,22	0,18	<b>0,28*</b>	0,21	<b>0,40***</b>	<b>0,36**</b>	<b>0,32*</b>	0,24	0,18	0,05	0,08	0,03	0,13	0,09	
Pf [Z]	-0,06	-0,03	0,21	0,18	<b>0,27*</b>	0,22	<b>0,24*</b>	0,21	<b>0,28*</b>	0,22	<b>0,40***</b>	<b>0,37**</b>	0,30	0,25	0,15	0,04	0,08	0,05	0,12	0,09	
$\Delta F$ [Hz]	-0,03	-0,01	0,22	0,20	<b>0,26*</b>	<b>0,24*</b>	<b>0,25*</b>	0,23	<b>0,26*</b>	<b>0,24*</b>	<b>0,40***</b>	<b>0,38***</b>	0,28	0,25	0,11	0,05	0,08	0,06	0,12	0,10	

Parametr akustyczny	Wysokość ciała [cm]		Masa ciała [kg]		BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		obwody [cm]													
							głowy		szyi		barków		klatki piersiowej		talii		bioder		dominującego ramienia	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
Df [Hz]	-0,12	-0,07	0,19	0,13	<b>0,27*</b>	0,19	0,20	0,15	<b>0,28*</b>	0,19	<b>0,39***</b>	<b>0,35**</b>	<b>0,33*</b>	0,23	0,21	0,04	0,07	0,02	0,13	0,08
VTL [cm]	0,003	-0,01	<b>-0,23*</b>	-0,22	<b>-0,27*</b>	<b>-0,26*</b>	<b>-0,26*</b>	<b>-0,24*</b>	<b>-0,27*</b>	- <b>0,26*</b>	<b>-0,40***</b>	<b>-0,40***</b>	-0,27	-0,26	-0,10	-0,05	-0,07	-0,05	-0,13	-0,12

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego, *r* – wsp. korelacji Pearsona, *r cz.* – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001



**Rycina 9. Wykres rozrzutu wskaźnika masy ciała (BMI) z pierwszym formantem (F1) u mężczyzn (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem wieku**

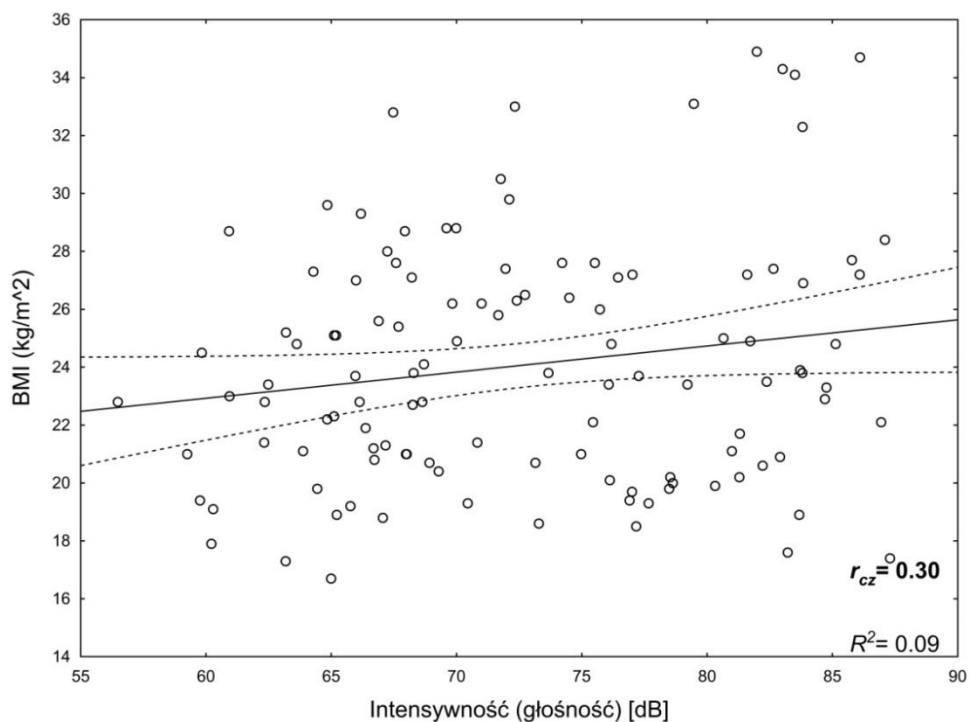
U kobiet także zaobserwowano istotne statystycznie zależności pomiędzy wielkością ciała a parametrami głosu wyliczonymi na podstawie samogłosek (Tab. 12). Kobiety o większej masie ciała, BMI oraz obwodach szyi, klatki piersiowej, talii oraz bioder, w odróżnieniu od mężczyzn, miały istotnie bardziej stabilne głosy z mniejszą liczbą szumów (niższe wartości *shimmer*, wyższe wartości HNR). Kobiety o większej masie ciała, BMI oraz obwodach szyi, klatki piersiowej i talii cechowały się także głosami o wyższej głośności (Ryc. 10-Ryc. 11). Wszystkie parametry opisujące budowę ciała wykazały ujemne korelacje z wysokością głosu, czyli wyższe kobiety miały niższy głos, choć związki te nie osiągnęły istotności statystycznej. Potwierdzono również istotne odwrotne zależności pomiędzy kobiecą barwą głosu (wyrażoną wysokimi wartościami niektórych formantów i ich pochodnych) a obwodami szyi i talii (kobiety o mniejszych obwodach miały bardziej kobiecą barwę), jednakże większość formantów nie wykazywała istotnych związków z żadnym z pozostałych parametrów wielkości ciała kobiet. Większość opisanych powyżej zależności była jeszcze silniejsza po uwzględnieniu wieku, jako zmiennej sterującej. Gdy uwzględniono wiek badanych kobiet, okazało się, że kobiety o większym obwodzie szyi miały istotnie dłuższy estymowany tor głosowy (VTL).

**Tabela 12. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe**

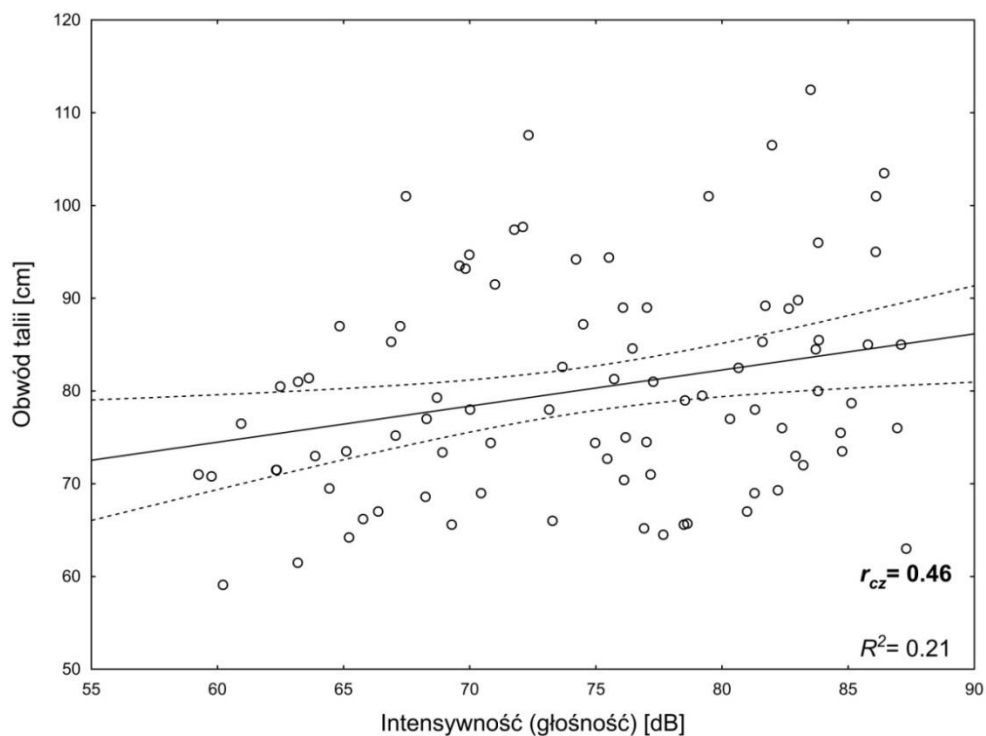
Parametr akustyczny	Wysokość ciała [cm]		Masa ciała [kg]		BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		obwody [cm]													
							głowy		szyi		barków		klatki piersiowej		talii		bioder		dominującego ramienia	
	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.
F0 [Hz]	0,002	-0,10	-0,13	-0,01	-0,13	0,03	-0,03	-	-0,11	0,10	-0,18	-0,04	-0,19	-0,02	-0,20	-0,01	-0,13	-0,03	<b>-0,24*</b>	-0,08
Jitter (local) [%]	-0,04	-0,06	-0,18	-0,17	-0,17	-0,16	-0,06	-0,06	-0,15	-0,15	-0,03	-0,02	-0,20	-0,21	-0,13	-0,13	-0,19	-0,19	-0,13	-0,13
Shimmer (local) [%]	-0,08	-0,02	-0,17	<b>-0,26**</b>	<b>-0,19*</b>	-	0,04	0,02	-0,09	<b>-0,26**</b>	0,09	-0,01	-0,13	<b>-0,28**</b>	-0,15	<b>-0,32**</b>	-0,17	<b>-0,26*</b>	-0,01	-0,15
HNR [dB]	0,08	0,05	0,2*	<b>0,27**</b>	<b>0,21*</b>	<b>0,31***</b>	-0,001	0,01	0,11	<b>0,24*</b>	0,003	0,08	0,16	<b>0,29**</b>	0,11	<b>0,24*</b>	<b>0,22</b>	<b>0,29**</b>	0,07	0,18
Głośność [dB]	0,07	0,01	0,16	<b>0,27**</b>	0,14	<b>0,27**</b>	0,01	0,02	0,01	<b>0,29**</b>	0,07	0,12	0,20	<b>0,26*</b>	<b>0,17*</b>	<b>0,34**</b>	0,17	0,20	0,04	0,09
F1 [Hz]	-0,11	-0,11	-0,16	-0,17	-0,13	-0,14	0,07	0,07	-	-0,16	0,02	-0,02	0,02	-0,02	-0,03	-0,08	-0,04	-0,06	0,04	0,002
F2 [Hz]	-0,03	0,03	-0,03	-0,12	-0,02	-0,14	0,04	0,02	0,003	-0,16	-	0,09	0,01	-0,13	-0,03	-0,20	-0,03	-0,11	<b>0,21*</b>	0,09
F3 [Hz]	-0,02	0,04	-0,05	-0,14	-0,04	-0,16	0,07	0,06	-0,02	<b>-0,19*</b>	0,17	0,07	0,01	-0,14	-0,04	<b>-0,22*</b>	-0,02	-0,10	0,16	0,04
F4 [Hz]	-0,04	0,01	-0,03	-0,10	-0,01	-0,10	0,07	0,05	-0,01	-0,15	0,18	0,10	0,03	-0,09	-0,01	-0,15	0,01	-0,05	<b>0,20*</b>	0,11
Pf [Z]	-0,04	0,02	-0,04	-0,13	-0,03	-0,13	0,06	0,05	-0,01	-0,17	0,18	0,09	0,02	-0,11	-0,03	-0,19	-0,01	-0,09	<b>0,20*</b>	0,08
$\Delta F$ [Hz]	-0,05	0,006	-0,07	-0,15	-0,05	-0,15	0,06	0,05	-0,01	-0,18	0,18	0,07	0,02	-0,11	-0,03	-0,18	-0,01	-0,09	0,17	0,07

Parametr akustyczny	Wysokość ciała [cm]		Masa ciała [kg]		BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		obwody [cm]													
							głowy		szyi		barków		klatki piersiowej		talii		bioder		dominującego ramienia	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
Df [Hz]	-0,03	0,03	-0,01	-0,08	0,01	-0,09	0,07	0,05	-0,03	-0,13	0,16	0,11	0,02	-0,09	-0,03	-0,14	-0,02	-0,04	<b>0,21*</b>	0,11
VTL [cm]	0,08	0,03	0,08	0,16	0,06	0,15	0,06	-0,03	0,003	<b>0,20*</b>	<b>0,18</b>	-0,04	0,03	0,12	-0,01	0,19	0,02	0,11	-0,15	-0,04
MPT [s]	<b>0,20*</b>	<b>0,22*</b>	<b>0,21*</b>	<b>0,20*</b>	0,15	0,14	0,10	0,10	0,11	0,09	0,16	0,15	0,19	0,18	0,12	0,10	0,21	0,20	0,14	0,12

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego, MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a:/, *r* – wsp. korelacji Pearsona, *r cz.* – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001



**Rycina 10. Wykres rozrzutu wskaźnika masy ciała (BMI) z intensywnością (głośnością) głosu u kobiet (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**



**Rycina 11. Wykres rozrzutu wskaźnika obwodu talii z intensywnością (głośnością) głosu u kobiet (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**



Analogiczne związki u kobiet zaobserwowano również pomiędzy wartościami parametrów akustycznych obliczonych na podstawie zdania oraz parametrami wielkości ciała (Tab. 13). Kobiety o większej masie ciała i wyższym BMI oraz o większych wymiarach szyi, klatki piersiowej, talii oraz bioder miały bardziej stabilne głosy (niższe wartości *jitter*, *shimmer* oraz wyższe wartości HNR; Ryc. 12). Kobiety o większej masie ciała i BMI oraz wyższych obwodach szyi, klatki piersiowej, talii, bioder oraz dominującego ramienia cechowały się także większą intensywnością głosu. Wystąpiły również istotne korelacje pomiędzy niektórymi formantami i ich pochodnymi a obwodami szyi oraz talii – kobiety o większym obwodzie szyi miały niższą wartość pierwszego formantu (F1), natomiast kobiety o większym obwodzie talii – niższy F3. Oznacza to, że kobiety o większych wymienionych obwodach miały mniej kobiecą barwę głosu. Kobiety o większej wysokości ciała i masie ciała miały dłuższy maksymalny czas fonacji (MPT). Większość opisanych powyżej zależności była jeszcze silniejsza po uwzględnieniu wieku, jako zmiennej sterującej.

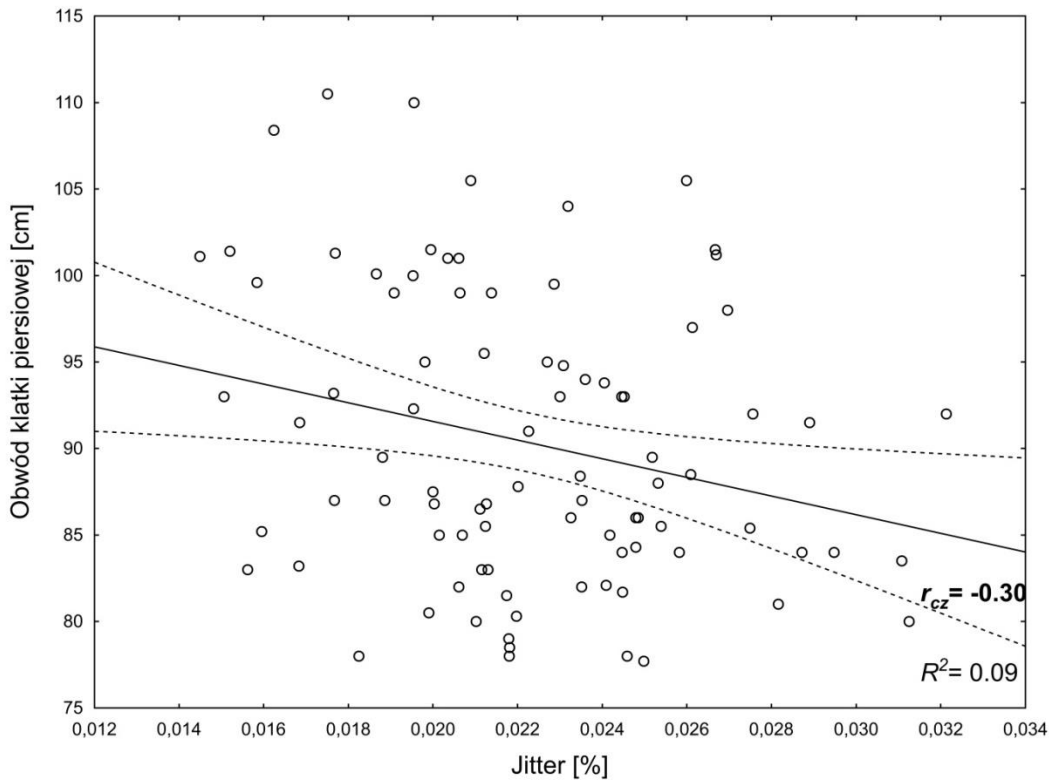
Związki wielkości ciała z głosem były w przypadku kobiet podobne zarówno dla parametrów głosu wyliczonych na podstawie samogłosek, jak i zdania.

**Tabela 13. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	Wysokość ciała [cm]		Masa ciała [kg]		BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		obwody [cm]														
							głowy		szyi		barków		klatki piersiowej		talii		bioder		dominującego ramienia		
	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$	$r_{cz.}$	$r$
F0 [Hz]	0,05	-0,05	-0,13	-0,003	-0,15	0,01	0,02	0,03	-0,15	0,08	<b>-0,21*</b>	-0,08	-0,14	0,06	-0,15	0,07	-0,14	-0,04	<b>-0,28**</b>	-0,11	
Jitter (local) [%]	-0,11	-0,10	-0,17	-0,19	-0,08	-0,11	-0,03	-0,03	<b>-0,19*</b>	<b>-0,24*</b>	-0,12	-0,14	<b>-0,25*</b>	<b>-0,30**</b>	<b>-0,22*</b>	<b>-0,28*</b>	-0,17	-0,19	-0,11	-0,14	
Shimmer (local) [%]	-0,07	0,01	-0,06	<b>-0,21*</b>	-0,06	<b>-0,25*</b>	0,04	0,04	-0,01	<b>-0,25*</b>	0,07	-0,07	-0,12	<b>-0,35**</b>	-0,10	<b>-0,37**</b>	-0,15	<b>-0,29*</b>	0,05	-0,15	
HNR [dB]	<b>0,19*</b>	0,13	0,11	<b>0,23*</b>	0,05	<b>0,20*</b>	0,08	0,09	0,06	<b>0,25***</b>	-0,02	0,09	0,13	<b>0,31**</b>	0,08	0,28*	0,16	<b>0,27*</b>	-0,03	0,13	
Głośność [dB]	0,10	0,04	<b>0,18*</b>	<b>0,29**</b>	0,17	<b>0,30**</b>	0,05	0,05	0,06	<b>0,23*</b>	0,02	0,13	0,18	<b>0,34**</b>	<b>0,26*</b>	<b>0,46***</b>	<b>0,22*</b>	<b>0,31**</b>	0,08	<b>0,23*</b>	
F1 [Hz]	-0,03	0,001	-0,09	-0,13	-0,05	-0,10	0,004	-0,01	-0,12	<b>-0,20*</b>	0,13	0,09	-0,09	-0,16	-0,13	-0,21	-0,10	-0,14	0,03	-0,03	
F2 [Hz]	-0,01	0,05	-0,02	-0,10	0,003	-0,09	0,03	0,03	0,02	-0,11	<b>0,22*</b>	0,15	0,003	-0,11	-0,04	-0,18	-0,06	-0,12	0,18	0,09	
F3 [Hz]	-0,03	0,03	-0,07	-0,16	-0,04	-0,16	0,02	0,02	-0,02	-0,18	0,17	0,08	-0,06	-0,19	-0,09	<b>-0,25*</b>	-0,10	-0,18	0,13	0,01	
F4 [Hz]	0,002	0,06	-0,06	-0,14	-0,04	-0,14	0,04	0,04	-0,03	-0,16	0,18	0,10	-0,04	-0,17	-0,07	-0,22	-0,08	-0,15	0,14	0,03	
Pf [Z]	-0,01	0,04	-0,05	-0,14	-0,03	-0,13	0,03	0,03	-0,02	-0,16	0,18	0,11	-0,04	-0,16	-0,08	-0,22	-0,08	-0,15	0,14	0,03	
$\Delta F$ [Hz]	-0,02	0,03	-0,06	-0,14	-0,03	-0,12	0,02	0,02	-0,04	-0,17	0,18	0,11	-0,05	-0,16	-0,08	-0,22	-0,09	-0,15	0,12	0,02	

Parametr akustyczny	Wysokość ciała [cm]		Masa ciała [kg]		BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		obwody [cm]													
							głowy		szyi		barków		klatki piersiowej		talii		bioder		dominującego ramienia	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
Df [Hz]	0,01	0,07	-0,05	-0,13	-0,04	-0,15	0,05	0,05	0,002	-0,15	<b>0,18*</b>	0,10	-0,03	-0,16	-0,06	-0,21	-0,08	-0,15	0,15	0,04
VTL [cm]	0,02	-0,02	0,06	0,13	0,03	0,11	-0,02	-0,02	0,05	0,16	-0,17	-0,11	0,05	0,15	0,09	0,21	0,09	0,14	-0,11	-0,03

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego, r – wsp. korelacji Pearsona, r cz. – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001



**Rycina 12. Wykres rozrzutu obwodu klatki piersiowej z parametrem *jitter* u kobiet (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**

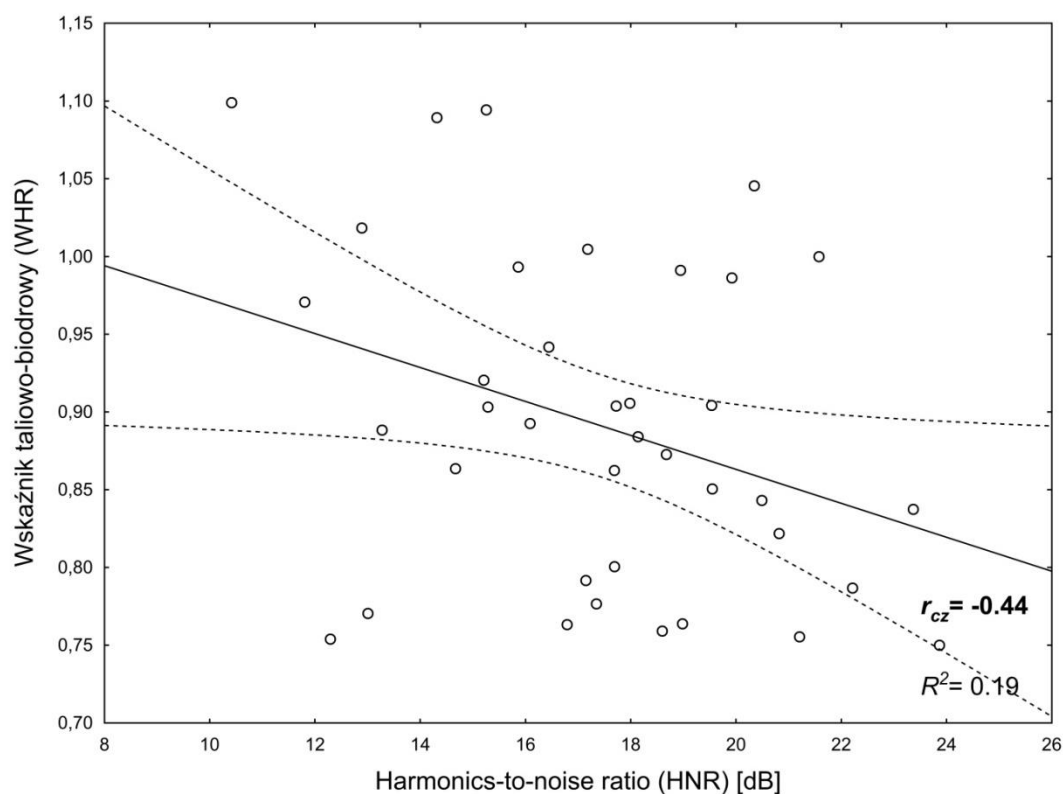
#### 4.2.2. Kształt ciała a parametry akustyczne

Mężczyźni o relatywnie większych obwodach talii w stosunku do obwodu bioder (wyższe WHR) oraz do wysokości ciała (wyższe WHtR) cechowali się większą niestabilnością głosu wyznaczoną na podstawie samogłosek (wyższe wartości *jitter* i *shimmer* oraz niższe HNR; Ryc. 13.). Mężczyźni o relatywnie większej szerokości barków w stosunku do obwodu bioder (wyższym SHR) mieli głosy o bardziej kobiecej barwie (wyrażonej wyższymi wartościami częstotliwości formantowych oraz ich pochodnych; Ryc. 14), a także krótsze szacowane długości toru głosowego (VTL). Korelacje te po wytrąceniu wpływu wieku stały się nieco słabsze, lecz nadal były istotne statystycznie (Tab. 14).

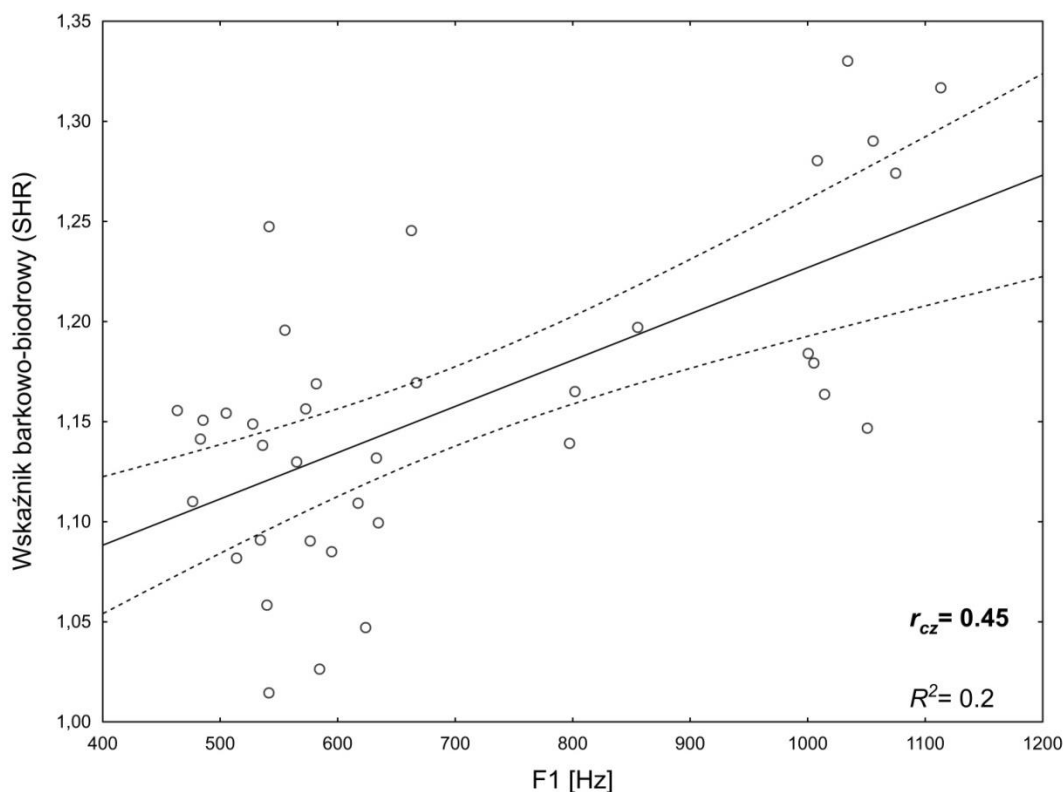
**Tabela 14. Kształt ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) mężczyzn.  
Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	WHR		SHR		WSR		WCR		WHtR	
	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.
F0 [Hz]	0,13	-0,05	-0,15	-0,29	0,25	0,16	0,11	-0,01	0,09	-0,06
Jitter (local) [%]	0,12	0,28	-0,05	-0,01	0,17	0,26	0,18	0,28	0,21	<b>0,35*</b>
Shimmer (local) [%]	<b>0,39*</b>	0,29	<b>0,37*</b>	0,28	0,21	0,06	0,22	0,07	<b>0,40**</b>	0,30
HNR [dB]	<b>-0,32*</b>	<b>-0,44**</b>	-0,27	-0,29	-0,19	-0,20	-0,20	-0,22	<b>-0,34*</b>	<b>-0,42**</b>
Głośność [dB]	-0,06	-0,07	-0,28	-0,31	0,10	0,14	0,16	0,21	-0,10	-0,11
F1 [Hz]	<b>0,36*</b>	0,30	<b>0,62***</b>	<b>0,60***</b>	-0,002	-0,16	0,07	-0,08	0,30	0,22
F2 [Hz]	0,22	0,04	<b>0,57***</b>	<b>0,52***</b>	-0,12	-0,35*	-0,05	-0,26	0,18	0,01
F3 [Hz]	0,20	-0,10	<b>0,44**</b>	<b>0,34*</b>	-0,06	<b>-0,33*</b>	-0,05	<b>-0,33*</b>	0,26	0,03
F4 [Hz]	<b>0,32*</b>	0,10	<b>0,62***</b>	<b>0,55***</b>	-0,04	-0,29	-0,02	-0,28	0,26	0,06
Pf [Z]	0,28	0,06	<b>0,58***</b>	<b>0,51***</b>	-0,06	-0,31	-0,02	-0,28	0,26	0,06
$\Delta F$ [Hz]	0,30	0,12	<b>0,60***</b>	<b>0,54***</b>	-0,05	-0,28	-0,003	-0,22	0,27	0,10
Df [Hz]	0,30	0,05	<b>0,60***</b>	<b>0,53***</b>	-0,04	-0,32	-0,04	<b>-0,33*</b>	0,25	0,02
VTL [cm]	-0,30	-0,14	<b>-0,59***</b>	<b>-0,54***</b>	0,04	0,25	-0,02	0,18	-0,28	-0,13
MPT [s]	-0,28	-0,16	<b>-0,47*</b>	<b>-0,42*</b>	-0,10	0,05	-0,17	-0,05	-0,20	-0,07

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*),  $\Delta F$  – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a/.  $r$  – wsp. korelacji Pearsona,  $r$  cz. – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$



**Rycina 13. Wykres rozrzutu wskaźnika taliowo-biodrowego (WHR) ze wskaźnikiem HNR u mężczyzn (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**



**Rycina 14. Wykres rozrzutu wskaźnika barkowo-biodrowego (SHR) z pierwszym formantem (F1) głosu u mężczyzn (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**

W przypadku parametrów głosu uzyskanych na podstawie wypowiedzianego zdania, u mężczyzn zaobserwowano istotne zależności jedynie dla jednego wskaźnika kształtu ciała (barkowo-biodrowego, SHR). Mężczyźni o szerszej obręczy barkowej względem szerokości bioder (wyższych wartościach SHR) cechowali się wyższymi wartościami formantów i ich pochodnych, mniejszą długością estymowanego toru głosowego (VTL) oraz krótszym maksymalnym czasem fonacji. Relacje te pozostały istotne statystycznie po wyłączeniu wpływu wieku (Tab. 15).

U mężczyzn związki kształtu ciała z jakością głosu okazały się być silniejsze dla parametrów akustycznych obliczonych na podstawie zdania. Zarówno dla samogłosek, jak i dla zdania po uwzględnieniu wieku korelacje te pozostały istotne, jednakże dla samogłosek straciły nieco na sile.

**Tabela 15. Kształt ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) mężczyzn.  
Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	WHR		SHR		WSR		WCR		WHtR	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	-0,09	-0,16	-0,21	-0,23	0,02	0,01	0,04	0,01	-0,10	-0,20
Jitter (local) [%]	-0,05	-0,29	-0,18	-0,28	0,08	-0,04	0,04	-0,12	-0,03	-0,25
Shimmer (local) [%]	0,09	-0,11	0,26	0,24	-0,06	-0,26	-0,09	-0,33	0,15	-0,02
HNR [dB]	-0,20	-0,18	<b>-0,36*</b>	-0,39	-0,02	0,10	0,11	0,29	-0,24	-0,17
Głośność [dB]	-0,13	-0,07	<b>-0,36*</b>	-0,34	0,06	0,16	0,10	0,21	-0,16	-0,13
F1 [Hz]	-0,02	0,03	<b>0,36*</b>	<b>0,45*</b>	-0,27	-0,31	-0,25	-0,30	0,04	0,08
F2 [Hz]	0,14	0,09	<b>0,55***</b>	<b>0,58**</b>	-0,19	-0,33	-0,16	-0,31	0,14	0,10
F3 [Hz]	0,16	-0,01	<b>0,50**</b>	<b>0,46*</b>	-0,13	-0,34	-0,15	-0,37	0,18	0,04
F4 [Hz]	0,23	0,10	<b>0,56***</b>	<b>0,54**</b>	-0,09	-0,29	-0,09	-0,30	0,22	0,10
Pf [Z]	0,17	0,07	<b>0,53***</b>	<b>0,53**</b>	-0,14	-0,31	-0,14	-0,33	0,18	0,09
ΔF [Hz]	0,12	0,06	<b>0,50***</b>	<b>0,53**</b>	-0,19	-0,32	-0,18	-0,32	0,14	0,09
Df [Hz]	0,27	0,10	<b>0,58***</b>	<b>0,54**</b>	-0,05	-0,28	-0,06	-0,30	0,25	0,10
VTL [cm]	-0,11	-0,07	<b>-0,50***</b>	<b>-0,53**</b>	0,20	0,32	0,18	0,31	-0,13	-0,10

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego, *r* – wsp. korelacji Pearsona, *r cz.* – korelacja cząstkowa 1-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001

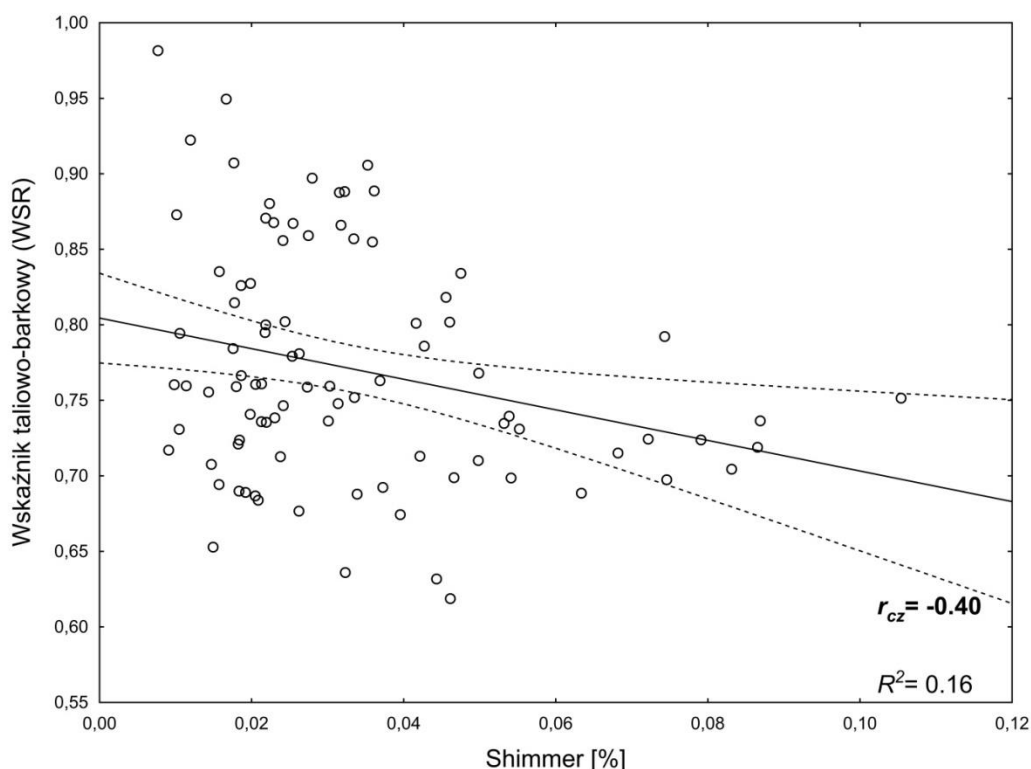
Kobiety o relatywnie większych obwodach barków w stosunku do obwodu bioder (wyższych wartościach SHR) i obwodu talii (niższych wartościach WSR), a więc o męskiej V-kształtnej sylwetce, cechowały się głosami o większej niestabilności (wyższe *jitter/shimmer*, niższe HNR; Ryc. 15) oraz wyższymi wartościami formantów i ich pochodnych. Po uwzględnieniu wpływu wieku w korelacji cząstkowej związku pomiędzy SHR a parametrami głosu uległy nieznacznemu osłabieniu, a pomiędzy WSR i głosem wzmocnieniu. Kobiety o relatywnie większych obwodach talii względem obwodu barków, klatki piersiowej czy wysokości ciała (wyższych wartościach WSR, WCR oraz WHtR; sylwetka H-kształtna) miały głosy o większej głośności (Tab. 16).

**Tabela 16. Kształt ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) kobiet.  
Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	WHR		SHR		WSR		WCR		WHtR	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	<b>-0,22*</b>	-0,01	-0,15	-0,08	-0,11	0,03	-0,17	-0,02	-0,19	-0,001
Jitter (local) [%]	-0,02	0,05	<b>0,21*</b>	0,18	-0,13	-0,06	0,01	0,10	-0,09	-0,03
Shimmer (local) [%]	-0,06	<b>-0,24*</b>	<b>0,39***</b>	<b>0,32**</b>	<b>-0,29**</b>	<b>-0,40***</b>	-0,12	-0,21	-0,11	<b>-0,27*</b>
HNR [dB]	-0,03	0,07	<b>-0,32**</b>	-0,24	0,16	0,20	0,01	0,06	0,07	0,18
Głośność [dB]	<b>0,25*</b>	<b>0,37***</b>	-0,16	-0,20	<b>0,32**</b>	<b>0,45***</b>	0,26*	<b>0,39***</b>	0,18	<b>0,38***</b>
F1 [Hz]	-0,01	-0,06	<b>0,24*</b>	0,19	-0,16	-0,16	-0,08	-0,10	0,03	-0,06
F2 [Hz]	-0,02	-0,21	<b>0,38***</b>	<b>0,32**</b>	<b>-0,25*</b>	<b>-0,36**</b>	-0,07	-0,19	-0,02	-0,20

F3 [Hz]	-0,05	<b>-0,25*</b>	<b>0,38***</b>	<b>0,31**</b>	-	<b>0,28**</b>	-	-0,09	-0,21	-0,04	<b>-0,24*</b>
F4 [Hz]	-0,03	-0,18	<b>0,33***</b>	<b>0,27*</b>	<b>-0,23*</b>	<b>-0,31**</b>	-0,05	-0,14	0,004	-0,13	
Pf [Z]	-0,03	-0,21	<b>0,37***</b>	<b>0,31**</b>	<b>-0,25*</b>	<b>-0,36***</b>	-0,07	-0,17	-0,01	-0,19	
$\Delta F$ [Hz]	-0,03	-0,20	<b>0,38***</b>	<b>0,31**</b>	<b>-0,26*</b>	<b>-0,35***</b>	-0,08	-0,18	-0,01	-0,18	
Df [Hz]	-0,03	-0,18	<b>0,32***</b>	<b>0,27*</b>	<b>-0,22*</b>	<b>-0,31**</b>	-0,04	-0,13	0,0006	-0,13	
VTL [cm]	0,04	0,19	<b>-0,35***</b>	<b>-0,28**</b>	<b>0,24*</b>	<b>0,33***</b>	0,09	0,17	0,02	0,18	
MPT [s]	-0,02	-0,06	-0,10	-0,11	0,03	0,002	-0,01	-0,04	0,05	0,03	

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*),  $\Delta F$  – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a/, r – wsp. korelacji Pearsona, r cz. – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$



**Rycina 15. Wykres rozrzutu wskaźnika taliowo-barkowego (WSR) z parametrem shimmer u kobiet (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**

U kobiet wyższy wskaźnik SHR (szersza obręcz barkowa względem obwodu bioder) wiązał się z bardziej kobiecą barwą głosu (wyższe wartości formantów i ich pochodnych) oraz krótszym VTL. Wyższe wartości WSR (większy obwód talii w stosunku do barków) oznaczały natomiast bardziej męską barwę głosu (niższe wartości formantów i ich pochodnych) oraz dłuższy szacowany trakt głosowy (VTL). Kobiety o relatywnie większym obwodzie talii (wyższych wartościach WHR, WSR, WCR i WHtR), cechowały się głosami o większej głośności (Ryc. 16). W przypadku SHR związek był odwrotny – kobiety



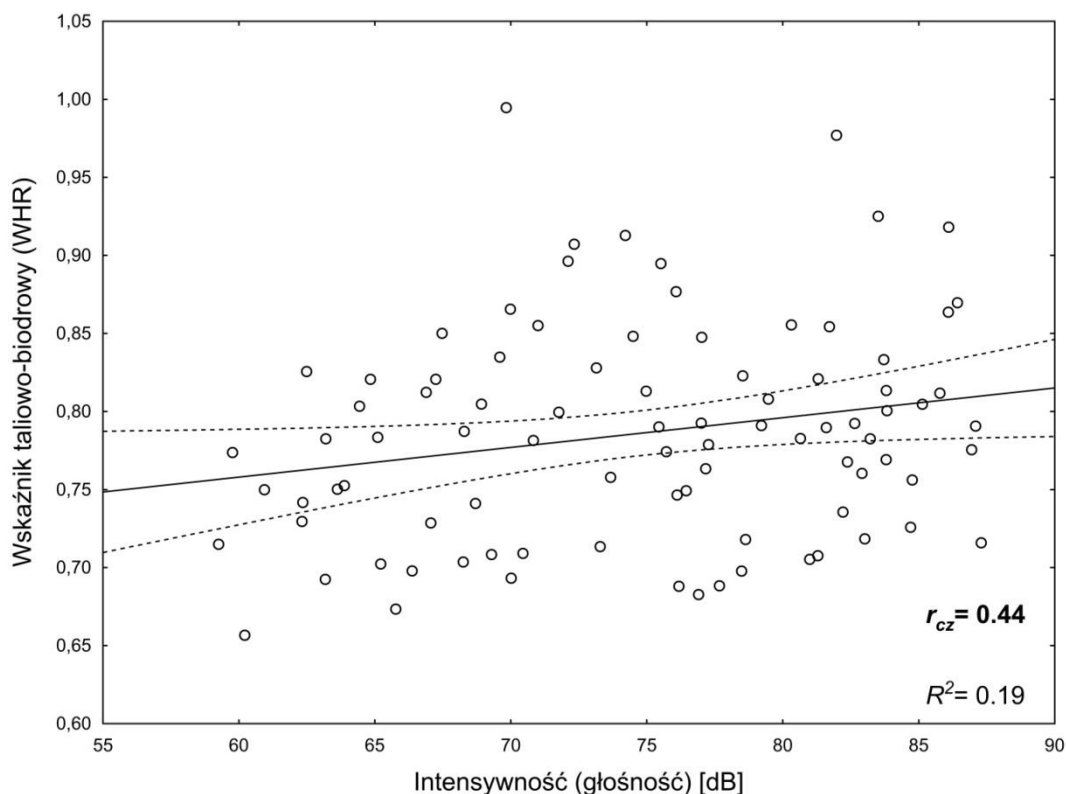
o szerszych barkach miały cichsze głosy. Większość opisanych korelacji pozostała istotna po uwzględnieniu wieku (Tab. 17).

U kobiet, podobnie jak u mężczyzn, związki kształtu ciała z głosem były silniejsze dla parametrów akustycznych wyliczonych na podstawie wypowiedzianego zdania. Zarówno w przypadku samogłosek, jak i zdania uwzględnienie wpływu wieku nie spowodowało utraty istotności zaobserwowanych związków, natomiast dla parametrów samogłoskowych siła relacji ta stała się mniejsza.

**Tabela 17. Kształt ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) kobiet. Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	WHR		SHR		WSR		WCR		WHtR	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	-0,10	0,15	-0,09	0,01	-0,04	0,11	-0,11	0,05	-0,15	0,05
Jitter (local) [%]	-0,19	-0,25*	-0,03	-0,09	-0,15	-0,15	-0,14	-0,15	-0,20	<b>-0,26*</b>
Shimmer (local) [%]	-0,02	<b>-0,30**</b>	<b>0,31**</b>	0,22	<b>-0,22*</b>	<b>-0,40***</b>	-0,08	-0,26*	-0,06	<b>-0,34**</b>
HNR [dB]	-0,02	0,19	<b>-0,28**</b>	-0,20	0,15	0,27*	0,02	0,14	0,02	<b>0,23*</b>
Głośność [dB]	<b>0,21*</b>	<b>0,44***</b>	<b>-0,25*</b>	-0,18	<b>0,35***</b>	<b>0,49***</b>	<b>0,31*</b>	<b>0,46***</b>	<b>0,21*</b>	<b>0,41***</b>
F1 [Hz]	-0,09	-0,20	<b>0,39***</b>	<b>0,34**</b>	<b>-0,31**</b>	<b>-0,37**</b>	-0,14	-0,19	-0,07	-0,18
F2 [Hz]	-0,005	-0,16	<b>0,44***</b>	<b>0,39***</b>	<b>-0,27*</b>	<b>-0,36***</b>	-0,08	-0,18	-0,02	-0,18
F3 [Hz]	-0,04	-0,23	<b>0,42***</b>	<b>0,36***</b>	<b>-0,29*</b>	<b>-0,41***</b>	-0,11	-0,22	-0,05	<b>-0,24*</b>
F4 [Hz]	-0,02	-0,19	<b>0,43***</b>	<b>0,37***</b>	<b>-0,28**</b>	<b>-0,38***</b>	-0,09	-0,19	-0,03	-0,20
Pf [Z]	-0,03	-0,20	<b>0,43***</b>	<b>0,37***</b>	<b>-0,28**</b>	<b>-0,39***</b>	-0,10	-0,20	-0,04	-0,21
ΔF [Hz]	-0,04	-0,20	<b>0,43***</b>	<b>0,37***</b>	<b>-0,29**</b>	<b>-0,39***</b>	-0,11	-0,20	-0,05	-0,20
Df [Hz]	-0,01	-0,18	<b>0,42***</b>	<b>0,36***</b>	<b>-0,26*</b>	<b>-0,37***</b>	-0,08	-0,19	-0,02	-0,20
VTL [cm]	0,05	0,18	<b>-0,42***</b>	<b>-0,37***</b>	<b>0,30**</b>	<b>0,38***</b>	0,11	0,19	0,05	0,20

F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; *r* – wsp. korelacji Pearsona, *r cz.* – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001



**Rycina 16. Wykres rozrzutu wskaźnika taliowo-biodrowego (WHR) z intensywnością (głośnością) głosu u kobiet (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**

### 4.3. Skład ciała a parametry głosu mężczyzn i kobiet

#### 4.3.1. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne

U mężczyzn zidentyfikowano istotne zależności pomiędzy zawartością tłuszczu w ciele oraz parametrami głosu obliczonymi na podstawie samogłosek (Tab. 18). Mężczyźni o większej zawartości tkanki tłuszczowej ogółem (wyrażonej w kg (FM) i w procentach (PBF, ang. *percent body fat*)), zawartości tłuszczu w różnych partiach ciała oraz wyższej zawartości tłuszczu trzewnego (wisceralnego, VFL) mieli wyższe wartości formantów oraz ich pochodnych (wskazujące na bardziej kobiecą barwę głosu) i krótszą estymowaną długość traktu głosowego (niższe VTL). Również mężczyźni o większym otluszczeniu ogólnym, a także otluszczeniu brzucha mieli mniej stabilne głosy (wyższy *shimmer*), jednakże związek ten przestał być istotny po wyłączeniu wpływu zmiennej sterującej – wieku.

**Tabela 18. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) mężczyzn.  
Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	FM [kg]		PFM [%]		FM tułów [kg]		FM ramiona [kg]		FM k. dolne [kg]		VFL	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	0,07	-0,01	0,18	0,10	0,06	-0,02	0,06	-0,01	0,11	0,04	0,08	0,003
Jitter (local) [%]	0,14	0,05	0,12	0,07	0,15	0,05	0,12	0,07	0,12	0,02	0,12	0,04
Shimmer (local) [%]	<b>0,23*</b>	0,10	<b>0,25*</b>	0,13	<b>0,25*</b>	0,12	0,22	0,11	0,18	0,04	0,22	0,09
HNR [dB]	-0,13	-0,07	-0,11	-0,06	-0,14	-0,09	-0,13	-0,08	-0,08	-0,01	-0,11	-0,06
Głośność [dB]	0,02	0,03	0,07	0,08	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,08	0,04	0,05
F1 [Hz]	<b>0,31**</b>	<b>0,24*</b>	<b>0,31**</b>	<b>0,23*</b>	<b>0,31**</b>	<b>0,23*</b>	<b>0,32**</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,30**</b>	0,22	<b>0,29*</b>	0,21
F2 [Hz]	<b>0,27*</b>	0,18	<b>0,27*</b>	0,17	<b>0,27*</b>	0,18	<b>0,26*</b>	0,18	<b>0,25*</b>	0,16	<b>0,26*</b>	0,16
F3 [Hz]	<b>0,31**</b>	0,20	<b>0,36***</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,31**</b>	0,20	<b>0,31**</b>	0,21	<b>0,29**</b>	0,18	<b>0,28*</b>	0,17
F4 [Hz]	<b>0,31**</b>	0,20	<b>0,31**</b>	0,20	<b>0,31**</b>	0,20	<b>0,31**</b>	0,22	<b>0,29**</b>	0,18	<b>0,28*</b>	0,18
Pf [Z]	<b>0,31**</b>	0,21	<b>0,33**</b>	0,22	<b>0,31**</b>	0,21	<b>0,31**</b>	0,22	<b>0,30**</b>	0,19	<b>0,29**</b>	0,18
$\Delta F$ [Hz]	<b>0,31**</b>	0,22	<b>0,32**</b>	0,22	<b>0,32**</b>	0,22	<b>0,31**</b>	<b>0,23*</b>	<b>0,30**</b>	0,20	<b>0,29**</b>	0,19
Df [Hz]	<b>0,29**</b>	0,19	<b>0,30**</b>	0,18	<b>0,30**</b>	0,19	<b>0,29**</b>	0,20	<b>0,28*</b>	0,16	<b>0,27*</b>	0,16
VTL [cm]	<b>-0,33**</b>	<b>-0,23*</b>	<b>-0,34**</b>	<b>-0,24*</b>	<b>-0,33**</b>	<b>-0,24*</b>	<b>-0,32**</b>	<b>-0,24*</b>	<b>-0,31**</b>	-0,21	<b>-0,31**</b>	-0,21
MPT [s]	-0,12	-0,06	-0,07	0,02	-0,12	-0,05	-0,14	-0,08	-0,12	-0,05	-0,12	-0,05

FM – masa tkanki tłuszczowej, PFM - procent tkanki tłuszczowej w całej masie ciała, FM ramiona – uśredniona masa tłuszczowa ramienia prawego i lewego, FM k. dolne – uśredniona masa tłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, VFL – zawartość wisceralnej (trzewnej) tkanki tłuszczowej (w poziomach 1-20), F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*),  $\Delta F$  – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a:/, *r* – wsp. korelacji Pearsona, *r cz.* – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001

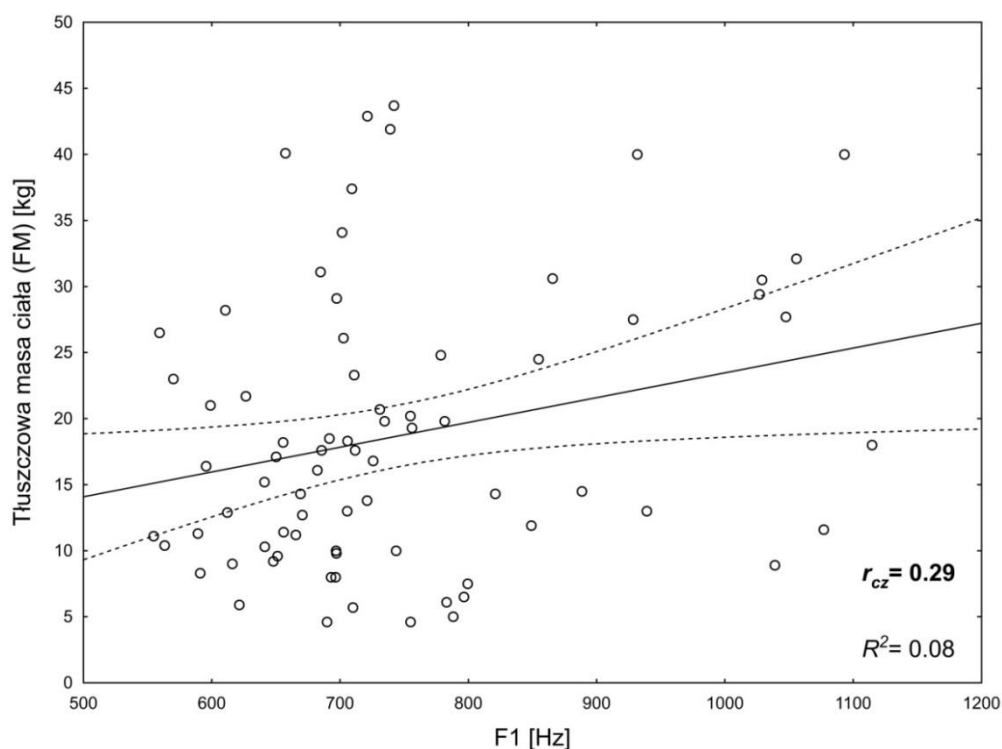
W przypadku parametrów głosu mężczyzn uzyskanych na podstawie wypowiedzianego zdania, również znaleziono istotne zależności z zawartością tłuszczu w organizmie (Tab. 19). Mężczyźni o większej zawartości tkanki tłuszczowej (niezależnie od jej dystrybucji oraz typu) cechowali się głosami o bardziej kobiecych zakresach barwy (o wyższych wartościach formantów i ich pochodnych; Ryc. 17) oraz krótszym VTL. Większość związków pozostała istotna po wytrąceniu wieku.

U mężczyzn związki tłuszczowej masy ciała z jakością głosu okazały się silniejsze w przypadku parametrów akustycznych wyliczonych na podstawie zdania. Dla samogłosek większość obserwowanych zależności utraciła istotność statystyczną i siłę po uwzględnieniu wpływu wieku.

**Tabela 19. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) mężczyzn. Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	FM [kg]		PFM [%]		FM tułów [kg]		FM ramiona [kg]		FM k. dolne [kg]		VFL	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	-0,01	-0,01	0,07	0,08	-0,02	-0,03	-0,02	-0,02	0,04	0,04	0,002	0,002
Jitter (local) [%]	0,02	-0,06	0,03	-0,05	0,01	-0,07	0,03	-0,03	0,02	-0,06	0,02	-0,05
Shimmer (local) [%]	0,03	-0,07	0,04	-0,06	0,03	-0,07	0,02	-0,06	0,01	-0,09	0,001	-0,10
HNR [dB]	-0,05	0,02	-0,04	0,03	-0,07	0,01	-0,04	0,03	-0,03	0,05	-0,03	0,05
Głośność [dB]	-0,01	0,02	0,02	0,07	-0,03	0,01	-0,02	0,01	0,04	0,08	0,01	0,05
F1 [Hz]	<b>0,27*</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,27*</b>	<b>0,30*</b>	<b>0,28*</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,28*</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,26*</b>	<b>0,26*</b>	<b>0,27*</b>
F2 [Hz]	<b>0,32**</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,26*</b>	<b>0,32**</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,32**</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,31**</b>	<b>0,27*</b>	<b>0,30**</b>	<b>0,27*</b>
F3 [Hz]	<b>0,29*</b>	0,22	<b>0,30**</b>	0,23	<b>0,29*</b>	0,22	<b>0,29*</b>	0,23	<b>0,27*</b>	0,20	<b>0,27*</b>	0,20
F4 [Hz]	<b>0,30**</b>	0,23	<b>0,30**</b>	0,23	<b>0,30**</b>	0,23	<b>0,30**</b>	0,24	<b>0,29*</b>	0,21	<b>0,28*</b>	0,21
Pf [Z]	<b>0,31**</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,30**</b>	0,25	<b>0,31**</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,31**</b>	<b>0,26*</b>	<b>0,29*</b>	0,23	<b>0,29*</b>	0,23
ΔF [Hz]	<b>0,31**</b>	<b>0,27*</b>	<b>0,30**</b>	<b>0,27*</b>	<b>0,31**</b>	<b>0,27*</b>	<b>0,31**</b>	<b>0,28*</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,29*</b>	<b>0,25*</b>
Df [Hz]	<b>0,29**</b>	0,21	<b>0,29**</b>	0,20	<b>0,29**</b>	0,21	<b>0,29**</b>	0,22	<b>0,28*</b>	0,19	<b>0,27*</b>	0,18
VTL [cm]	<b>-0,32**</b>	<b>-0,29*</b>	<b>-0,30**</b>	<b>-0,28*</b>	<b>-0,32**</b>	<b>-0,29*</b>	<b>-0,32**</b>	<b>-0,30*</b>	<b>-0,30**</b>	<b>-0,27*</b>	<b>-0,30**</b>	<b>-0,27*</b>

FM – masa tkanki tłuszczowej, PFM - procent tkanki tłuszczowej w całej masie ciała, FM ramiona – uśredniona masa tłuszczowa ramienia prawego i lewego, FM k. dolne – uśredniona masa tłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, VFL – zawartość wisceralnej (trzewnej) tkanki tłuszczowej (w poziomach 1-20), F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; *r* – wsp. korelacji Pearsona, *r cz.* – korelacja cząstkowa 1-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001



**Rycina 17. Wykres rozrzutu tłuszczowej masy ciała (FM) z pierwszym formantem (F1) głosu u mężczyzn (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**

W przypadku kobiet również stwierdzono istotne statystycznie relacje pomiędzy tłuszczową masą ciała a parametrami głosu dla samogłosek (Tab. 20). Kobiety o większej zawartości tkanki tłuszczowej (niezależnie od jej dystrybucji oraz typu) cechowały się głosami o większej stabilności (niższe *jitter/shimmer* oraz wyższy HNR) oraz głośności. Większość związków pozostała istotna po wytrąceniu wieku.

**Tabela 20. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) kobiet. Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	FM [kg]		PFM [%]		FM tułów [kg]		FM ramiona [kg]		FM k. dolne [kg]		VFL	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	-0,06	0,07	-0,03	0,10	-0,10	0,05	-0,07	0,07	-0,05	0,05	-0,05	0,10
Jitter (local) [%]	<b>-0,22*</b>	<b>-0,18*</b>	<b>-0,21*</b>	-0,18	<b>-0,22*</b>	<b>-0,19*</b>	<b>-0,22*</b>	<b>-0,19*</b>	<b>-0,22*</b>	<b>-0,19*</b>	<b>-0,24**</b>	<b>-0,21*</b>
Shimmer (local) [%]	<b>-0,21*</b>	-	<b>-0,22*</b>	-	<b>-0,20*</b>	-	<b>-0,23*</b>	-	-	-	<b>-0,26**</b>	-
HNR [dB]	<b>0,25***</b>	<b>0,33***</b>	<b>0,26**</b>	<b>0,33***</b>	<b>0,22*</b>	<b>0,32***</b>	<b>0,23*</b>	<b>0,32***</b>	<b>0,26**</b>	<b>0,32***</b>	<b>0,26**</b>	<b>0,35***</b>
Głośność [dB]	<b>0,23*</b>	<b>0,29***</b>	<b>0,26**</b>	<b>0,29**</b>	<b>0,24**</b>	<b>0,33***</b>	<b>0,26**</b>	<b>0,35***</b>	<b>0,25**</b>	<b>0,36***</b>	<b>0,29***</b>	<b>0,35***</b>
F1 [Hz]	-0,005	-0,11	0,01	-0,06	0,00	-0,10	-0,01	-0,10	-0,01	-0,10	-0,07	-0,14
F2 [Hz]	-0,01	-0,12	-0,002	-0,10	0,02	-0,11	-0,01	-0,13	-0,03	-0,13	-0,07	-0,18
F3 [Hz]	0,02	-0,10	0,04	-0,06	0,03	-0,11	0,00	-0,13	-0,02	-0,12	-0,06	-0,18

F4 [Hz]	0,01	-0,07	0,02	-0,05	0,02	-0,08	0,01	-0,09	-0,01	-0,09	-0,06	-0,15
Pf [Z]	0,01	-0,10	0,02	-0,07	0,03	-0,10	-0,00	-0,12	-0,02	-0,11	-0,06	-0,17
$\Delta F$ [Hz]	0,003	-0,11	0,02	-0,08	0,02	-0,11	-0,001	-0,13	-0,02	-0,12	-0,07	<b>-0,18*</b>
Df [Hz]	0,02	-0,06	0,02	-0,05	0,02	-0,07	0,01	-0,08	-0,01	-0,08	-0,05	-0,14
VTL [cm]	0,01	0,11	-0,02	0,06	-0,02	0,10	0,01	0,12	0,03	0,12	0,07	0,17
MPT [s]	0,14	0,12	0,08	0,06	0,13	0,11	0,09	0,07	0,13	0,11	0,10	0,08

FM – masa tkanki tłuszczowej, PFM - procent tkanki tłuszczowej w całej masie ciała, FM ramiona – uśredniona masa tłuszczowa ramienia prawego i lewego, FM k. dolne – uśredniona masa tłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, VFL – zawartość wisceralnej (trzewnej) tkanki tłuszczowej (w poziomach 1-20), F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*),  $\Delta F$  – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a:/, r – wsp. korelacji Pearsona, r cz. – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

U kobiet parametry głosu wyliczone ze zdania były istotnie skorelowane z parametrami stabilności głosu – kobiety o większej tłuszczowej masie ciała miały bardziej stabilne (niższe *jitter/shimmer*, wyższe HNR; Ryc. 18) oraz głośniejsze głosy. Również kobiety o wyższej zawartości wisceralnej tkanki tłuszczowej (VFL) miały niższe wartości formantów (F3-F4) oraz dyspersji formantów (Df) (bardziej męskie zakresy barwy głosu), istotnie statystycznie również po wytrąceniu wpływu wieku (Tab. 21).

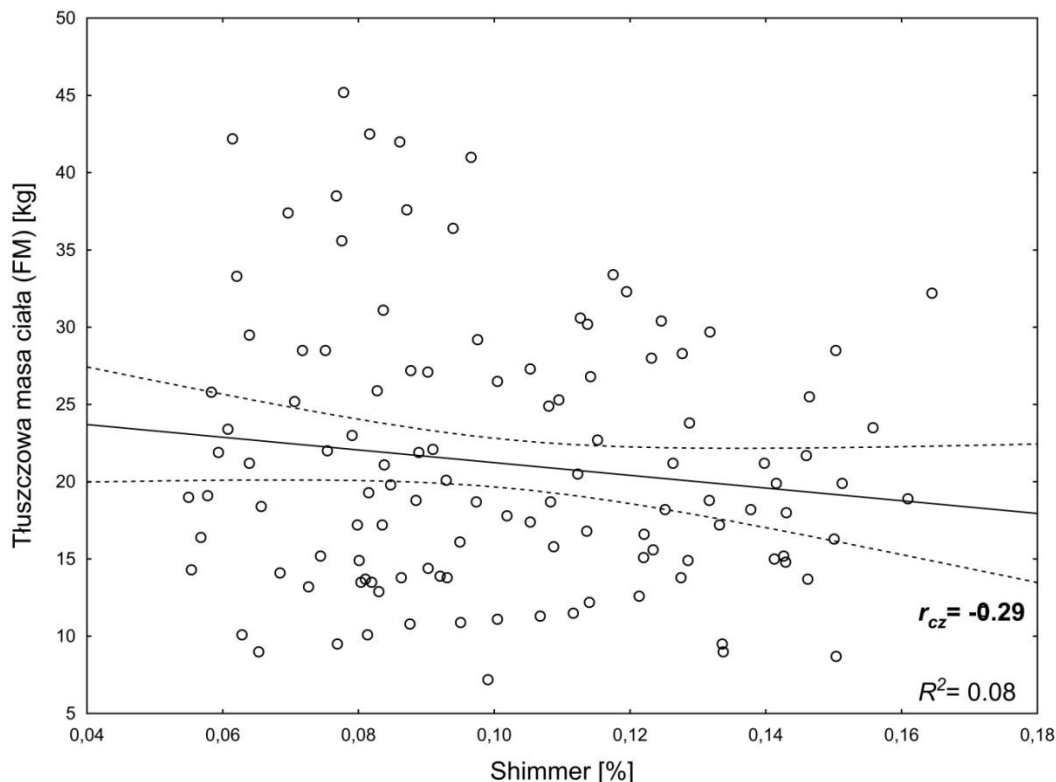
U kobiet zaobserwowane związki tłuszczowej masy ciała z jakością głosu okazały się istotne zarówno dla samogłosek, jak i dla wypowiedzanego zdania również po uwzględnieniu wieku, jako zmiennej sterującej. Oznacza to, że oba te sygnały akustyczne niosły tę samą informację dotyczącą zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie kobiety.

**Tabela 21. Tłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) kobiet**  
**Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	FM [kg]		PFM [%]		FM tułów [kg]		FM ramiona [kg]		FM k. dolne [kg]		VFL	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	-0,05	0,07	-0,02	0,11	-0,11	0,04	-0,06	0,08	-0,03	0,07	-0,05	0,09
Jitter (local) [%]	-0,14	-0,16	-0,10	-0,12	-0,15	-0,18	<b>-0,18*</b>	<b>-0,21*</b>	-0,15	-0,17	-0,16	-0,18
Shimmer (local) [%]	-0,11	<b>-0,28**</b>	-0,13	<b>-0,29**</b>	-0,09	<b>-0,31**</b>	-0,15	-	-0,17	-	-0,15	-
HNR [dB]	0,12	<b>0,26**</b>	0,13	<b>0,26**</b>	0,10	<b>0,26**</b>	0,13	<b>0,28**</b>	0,15	<b>0,27**</b>	0,15	<b>0,30**</b>
Głośność [dB]	<b>0,21*</b>	<b>0,33***</b>	<b>0,22*</b>	<b>0,33***</b>	<b>0,21*</b>	<b>0,36***</b>	<b>0,25**</b>	<b>0,38***</b>	<b>0,29***</b>	<b>0,39***</b>	<b>0,25**</b>	<b>0,37***</b>
F1 [Hz]	-0,01	-0,08	0,003	-0,05	-0,01	-0,09	-0,04	-0,11	-0,04	-0,09	-0,09	-0,15
F2 [Hz]	0,02	-0,07	0,02	-0,05	0,03	-0,08	0,003	-0,10	-0,02	-0,09	-0,05	-0,14
F3 [Hz]	-0,01	-0,12	0,003	-0,09	-	-0,14	-0,03	-0,16	-0,06	-0,16	-0,08	<b>-0,20*</b>
F4 [Hz]	-0,01	-0,12	-0,02	-0,11	-0,01	-0,14	-0,03	-0,15	-0,05	-0,15	-0,09	<b>-0,21*</b>
Pf [Z]	-0,01	-0,11	-	-0,09	0,003	-0,12	-0,03	-0,14	-0,05	-0,14	-0,08	-0,19
$\Delta F$ [Hz]	-	-0,10	0,003	-0,07	0,003	-0,11	-0,02	-0,13	-0,04	-0,12	-0,08	-0,17

Df [Hz]	-0,01	-0,13	-0,03	-0,12	-0,01	-0,14	-0,03	-0,16	-0,06	-0,16	-0,09	<b>-0,21*</b>
VTL [cm]	- 0,003	0,08	-0,02	0,05	-0,01	0,09	0,02	0,11	0,03	0,10	0,07	0,15

FM – masa tkanki tłuszczowej, PFM - procent tkanki tłuszczowej w całej masie ciała, FM ramiona – uśredniona masa tłuszczowa ramienia prawego i lewego, FM k. dolne – uśredniona masa tłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, VFL – zawartość wisceralnej (trzewnej) tkanki tłuszczowej (w poziomach 1-20), F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*),  $\Delta F$  – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; r – wsp. korelacji Pearsona, r cz.– korelacja cząstkowa 1-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$



**Rycina 18. Wykres rozrzutu tłuszczowej masy ciała (FM) z parametrem shimmer u kobiet (zdanie). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**

#### 4.3.2. Beztłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne

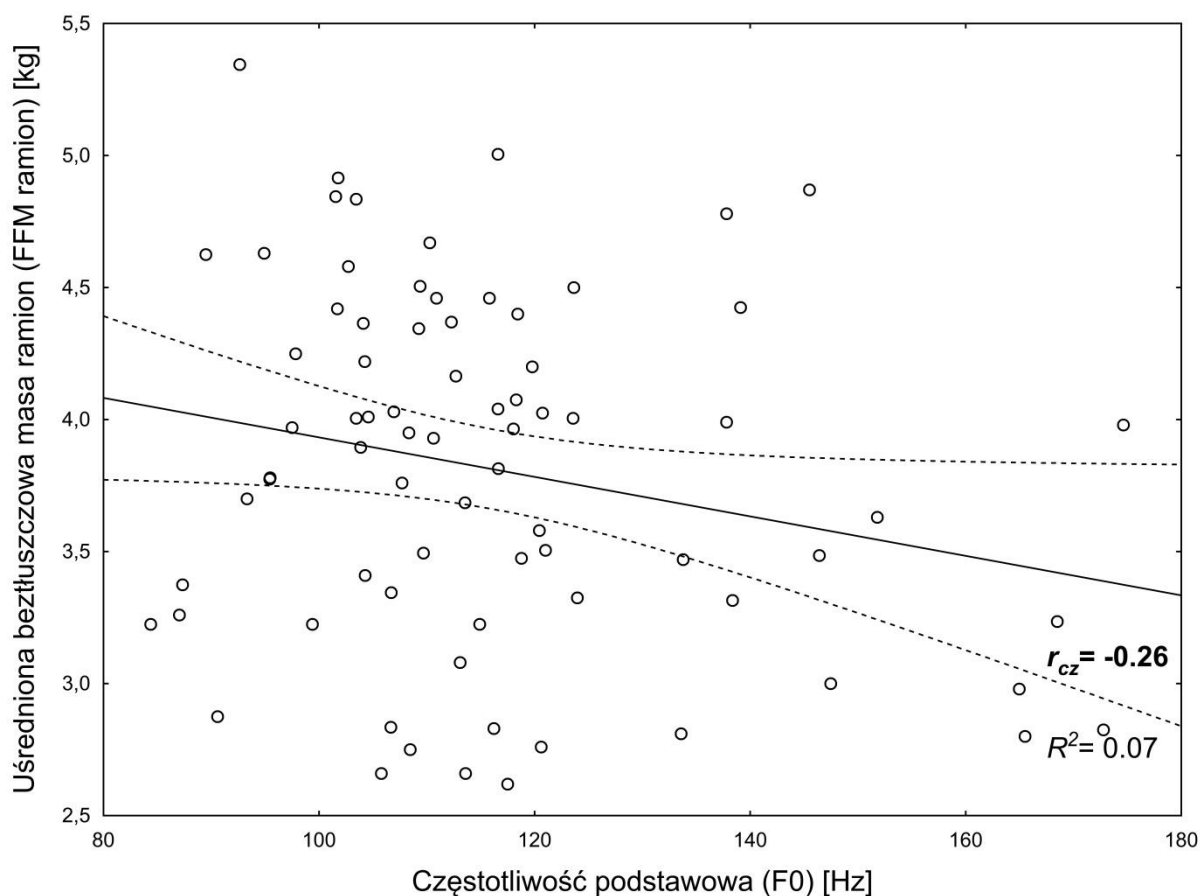
Dla mężczyzn jedynymi istotnymi statystycznie związkami beztłuszczowej masy ciała z parametrami głosu uzyskanymi dla samogłosek były odwrotne korelacje uśrednionej zawartości masy beztłuszczowej ciała dla ramion (FFM ramion) oraz masy beztłuszczowej tułowia (FFM tułów) z częstotliwością podstawową głosu (F0; Ryc. 19). Oznacza to, że mężczyźni o większej zawartości beztłuszczowej masy ciała na ramionach i tułowiu (wynikającej z większego umięśnienia tych segmentów ciała) cechowali się niższymi głosami; zależność ta uzyskała istotność statystyczną po uwzględnieniu wpływu wieku (Tab. 22).

**Tabela 22. Beztłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) mężczyzn. Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	FFM [kg]		FFM tułów [kg]		FFM ramiona [kg]		FFM k. dolne [kg]		SMM [kg]		TBW [kg]		Białko [kg]		Minerały [kg]	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	-0,17	-0,20	-0,12	<b>-0,24*</b>	-0,20	<b>-0,26*</b>	-0,17	-0,13	-0,21	-0,20	-0,17	-0,20	-0,10	-0,20	-0,16	-0,13
Jitter (local) [%]	0,21	0,02	0,19	0,07	0,19	0,08	0,15	-0,05	0,22	0,02	0,21	0,02	0,22	0,02	0,002	0,002
Shimmer (local) [%]	0,12	0,01	0,17	0,09	0,17	0,10	-0,01	-0,10	0,11	0,01	0,12	0,01	0,11	0,02	0,11	-0,01
HNR [dB]	-0,08	0,01	-0,15	-0,09	-0,17	-0,11	0,06	0,14	-0,08	0,004	-0,08	0,004	-0,08	0,005	-0,04	0,06
Głośność [dB]	-0,13	-0,13	-0,15	-0,16	-0,16	-0,17	-0,07	-0,07	-0,13	-0,14	-0,13	-0,14	-0,13	-0,14	-0,09	-0,09
F1 [Hz]	-0,01	-0,09	0,03	-0,03	0,03	-0,03	-0,09	-0,15	-0,02	-0,09	-0,01	-0,09	-0,02	-0,09	-0,01	-0,10
F2 [Hz]	0,05	-0,01	0,08	0,03	0,08	0,03	0,003	-0,04	0,04	-0,01	0,06	-0,01	0,04	-0,01	0,06	-0,01
F3 [Hz]	-0,01	-0,06	0,03	-0,03	0,03	-0,03	-0,08	-0,11	-0,02	-0,07	-0,00	-0,06	-0,02	-0,07	0,00	-0,06
F4 [Hz]	0,03	-0,03	0,07	0,02	0,07	0,01	-0,03	-0,07	0,02	-0,03	0,03	-0,03	0,02	-0,03	0,03	-0,04
Pf [Z]	0,02	-0,04	0,06	0,01	0,06	0,002	-0,04	-0,08	0,01	-0,05	0,03	-0,04	0,01	-0,04	0,02	-0,05
ΔF [Hz]	0,02	-0,05	0,05	-0,004	0,06	-0,01	-0,05	-0,10	0,01	-0,06	0,02	-0,05	0,01	-0,06	0,02	-0,06
Df [Hz]	0,04	-0,01	0,08	0,03	0,08	0,03	-0,01	-0,04	0,03	-0,01	0,05	-0,01	0,03	-0,01	0,03	-0,03
VTL [cm]	-0,02	0,06	-0,06	0,002	-0,06	0,005	0,05	0,10	-0,01	0,06	-0,02	0,05	-0,01	0,06	-0,02	0,07
MPT [s]	-0,01	-0,0003	-0,03	-0,02	-0,04	-0,02	0,01	-0,001	-0,01	-0,01	-0,01	-0,0004	-0,01	-0,01	0,004	0,01

TBW – całkowita zawartość wody w organizmie, FFM – beztłuszczowa masa ciała, SMM – zawartość mięśni szkieletowych, FFM ramiona – uśredniona masa beztłuszczowa ramienia prawego i lewego, FFM k. dolne – uśredniona masa beztłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a:/, *r* – wsp. korelacji Pearsona, *r cz.* – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem wieku. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001





**Rycina 19. Wykres rozrzutu uśrednionej beztłuszczowej masy ramion (FFM ramion) z częstotliwością głosu (F0) u mężczyzn (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**

Dla parametrów głosu pochodzących ze zdania nie wykryto u mężczyzn żadnych istotnych statystycznie korelacji z beztłuszczową masą ciała. Również wytrącenie wieku nie zmieniło tych rezultatów (Tab. 23).

U mężczyzn związek beztłuszczowej masy ciała z głosem został zaobserwowany jedynie w przypadku parametrów akustycznych wyliczonych na podstawie samogłosek. Dla parametrów uzyskanych na podstawie wypowiedzianego zdania nie było żadnych istotnych statystycznie zależności.

**Tabela 23. Beztłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) mężczyzn.  
Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	FFM [kg]		FFM tułów [kg]		FFM ramiona [kg]		FFM k. dolne [kg]		SMM [kg]		TBW [kg]		Białko [kg]		Minerały [kg]	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	-0,15	-0,19	-	-0,22	-	-0,24	-0,09	-0,11	-0,15	-0,19	-	-	-0,16	-0,20	-	-0,13
Jitter (local) [%]	0,07	0,01	0,03	-0,03	0,02	-0,03	0,10	0,07	0,06	0,005	0,07	0,01	0,06	0,004	0,14	0,07
Shimmer (local) [%]	0,04	-0,03	0,02	-0,04	0,03	-0,04	0,001	-0,05	0,04	-0,04	0,04	-	0,03	-0,04	0,05	-0,03
HNR [dB]	-0,11	-0,04	-	-0,06	-	-0,08	-0,03	0,03	-0,11	-0,04	-	-	-0,11	-0,04	-	-0,01
Głośność [dB]	-0,09	-0,10	-	-0,13	-	-0,14	-0,01	-0,02	-0,09	-0,10	-	-	-0,09	-0,10	-	-0,06
F1 [Hz]	0,06	0,004	0,10	0,06	0,08	0,05	0,03	-0,03	0,05	-	0,06	0,01	0,06	0,00	0,05	-0,01
F2 [Hz]	0,07	0,02	0,11	0,08	0,10	0,07	0,04	-	0,06	0,02	0,07	0,02	0,07	0,02	0,06	0,01
F3 [Hz]	0,02	-0,03	0,05	0,01	0,05	0,01	-0,04	-0,07	0,01	-0,03	0,02	-	0,01	-0,03	0,02	-0,03
F4 [Hz]	0,02	-0,03	0,06	0,02	0,06	0,01	-0,04	-0,08	0,01	-0,04	0,02	-	0,01	-0,03	0,01	-0,05
Pf [Z]	0,03	-0,02	0,07	0,03	0,07	0,03	-0,02	-0,06	0,02	-0,02	0,04	-	0,03	-0,02	0,03	-0,03
ΔF [Hz]	0,05	-0,01	0,09	0,05	0,08	0,04	0,004	-0,04	0,04	-0,01	0,05	-	0,04	0,005	0,04	-0,02
Df [Hz]	0,005	-0,04	0,04	0,004	0,05	0,001	-0,05	-0,09	-	-0,05	0,01	-	0,001	-0,04	-	-0,06
VTL [cm]	-0,06	-0,01	-	-0,07	-	-0,10	-0,02	0,02	-0,05	-0,01	-	-	-0,06	-0,01	-	-

TBW – całkowita zawartość wody w organizmie, FFM – beztłuszczowa masa ciała, SMM – zawartość mięśni szkieletowych, FFM ramiona – uśredniona masa beztłuszczowa ramienia prawego i lewego, FFM k. dolne – uśredniona masa beztłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*), ΔF – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; *r* – wsp. korelacji Pearsona, *r cz.* – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \**p*<0,05; \*\**p*<0,01; \*\*\**p*<0,001

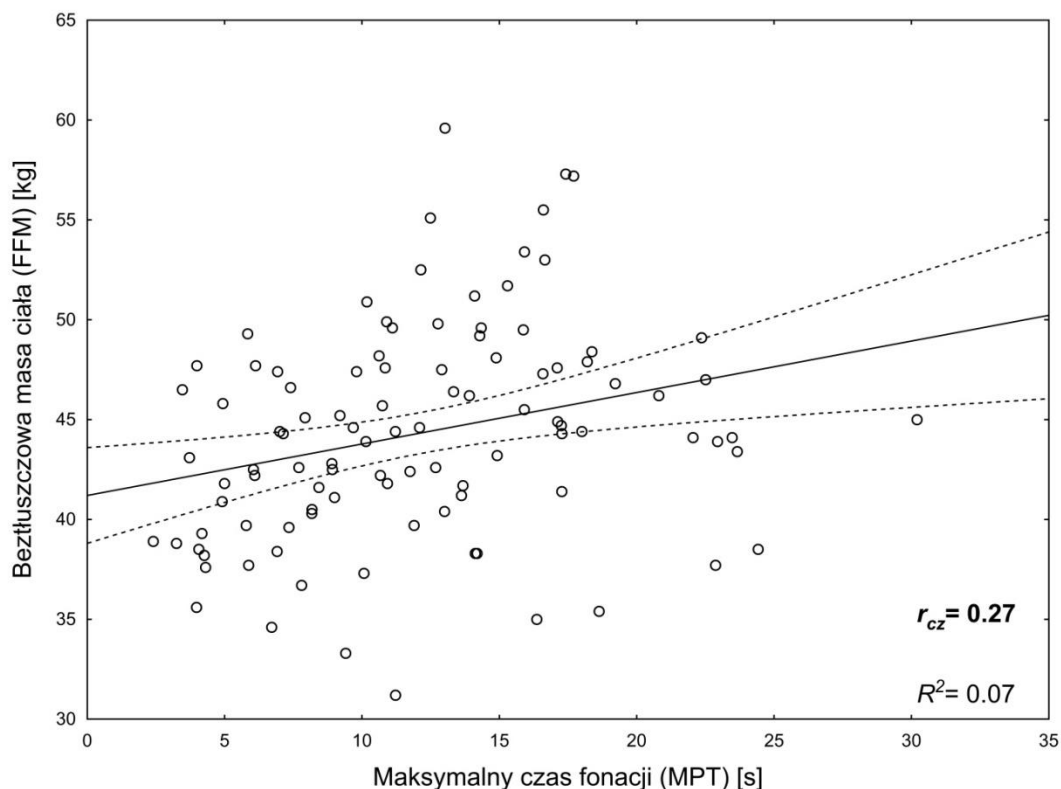
Kobiety o wyższej zawartości beztłuszczowej masy ciała (wynikającej z większego umięśnienia i mniejszego otłuszczenia ciała) cechowały się dłuższym maksymalnym czasem fonacji (MPT). Korelacja ta okazała się istotna nawet po uwzględnieniu wieku, jako zmiennej sterującej (Tab. 24; Ryc. 20).

**Tabela 24. Beztłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (samogłoski) kobiet.  
Współczynniki korelacji (*r*) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	FFM [kg]		FFM tułów [kg]		FFM ramiona [kg]		FFM k. dolne [kg]		SMM [kg]		TBW [kg]		Białko [kg]		Minerały [kg]	
	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>	<i>r</i>	<i>r cz.</i>
F0 [Hz]	-0,10	-0,05	-0,15	-0,07	-0,18	-	-	-0,03	-0,09	-0,05	-0,11	-0,05	-0,12	-0,06	-0,07	-0,04
Jitter (local) [%]	-0,13	-0,11	-0,13	-0,09	-0,13	-	-	-0,03	-0,12	-0,10	-0,12	-0,09	-0,12	-0,09	-0,18	-0,15
Shimmer (local) [%]	-0,01	-0,05	-0,01	-0,07	-0,00	-	-	0,01	-0,00	-0,04	0,02	-0,03	0,01	-0,02	-0,07	-0,10

HNR [dB]	0,07	0,10	0,08	0,12	0,06	0,12	0,04	0,03	0,06	0,09	0,05	0,09	0,05	0,08	0,12	0,15
Głośność [dB]	-0,04	0,07	0,01	0,10	0,02	0,10	-0,07	0,05	-0,05	0,07	-0,07	0,06	-0,07	0,05	-0,03	0,09
F1 [Hz]	-0,04	-0,15	-0,01	-0,12	-0,01	-0,13	0,04	-0,13	-0,03	-0,14	-0,06	-0,18	-0,05	-0,17	-0,08	-0,18
F2 [Hz]	0,02	-0,04	0,04	-0,04	0,06	-0,05	-0,02	-0,01	0,02	-0,04	0,02	-0,05	0,02	-0,05	-0,03	-0,08
F3 [Hz]	-0,02	-0,10	0,02	-0,09	0,02	-0,11	0,04	-0,05	-0,02	-0,10	-0,02	-0,11	-0,02	-0,11	-0,06	-0,13
F4 [Hz]	-0,01	-0,06	0,02	-0,05	0,03	-0,07	0,02	-0,01	0,00 1	-0,05	0,00 1	-0,06	0,00 1	-0,06	-0,06	-0,10
Pf [Z]	-0,01	-0,08	0,02	-0,07	0,03	-0,08	0,03	-0,03	0,00 2	-0,07	0,00 3	-0,08	0,00 5	-0,08	-0,06	-0,11
$\Delta F$ [Hz]	-0,01	-0,09	0,02	-0,08	0,03	-0,09	0,03	-0,05	-0,00	-0,09	-0,01	-0,10	-0,01	-0,10	-0,06	-0,13
Df [Hz]	-0,001	-0,04	0,02	-0,04	0,03	-0,05	0,01	0,00 2	0,00 3	-0,04	0,01	-0,04	0,01	-0,04	-0,05	-0,08
VTL [cm]	0,05	0,13	0,02	0,11	0,01	0,13	0,07	0,10	0,05	0,13	0,05	0,14	0,05	0,14	0,10	0,17
MPT [s]	0,28* *	0,27* *	0,27 **	0,27 **	0,26 **	0,25 *	0,25 *	0,26 **	0,28 **	0,27 **	0,28 **	0,27 **	0,28 **	0,28 **	0,29 **	0,28 **

TBW – całkowita zawartość wody w organizmie, FFM – beztłuszczowa masa ciała, SMM – zawartość mięśni szkieletowych, FFM ramiona – uśredniona masa beztłuszczowa ramienia prawego i lewego, FFM k. dolne – uśredniona masa beztłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*),  $\Delta F$  – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego; MPT – maksymalny czas fonacji samogłoski /a:/, r – wsp. korelacji Pearsona, r. cz. – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$



**Rycina 20. Wykres rozrzutu beztłuszczowej masy ciała (FFM) z maksymalnym czasem fonacji (MPT) u kobiet (samogłoski). Korelacja cząstkowa z uwzględnieniem zmiennej wiek**

W przypadku kobiet nie zaobserwowano żadnej istotnej relacji pomiędzy zawartością beztłuszczowej masy ciała a parametrami głosu dla zdania. Sytuacja nie zmieniła się nawet po uwzględnieniu wpływu wieku, co prezentuje korelacja cząstkowa (Tab. 25).

Zaobserwowane zależności beztłuszczowej masy ciała i jakości głosu u kobiet były istotne tylko dla parametrów akustycznych uzyskanych z izolowanych samogłosek.

**Tabela 25. Beztłuszczowa masa ciała a parametry akustyczne głosu (zdanie) kobiet. Współczynniki korelacji ( $r$ ) Pearsona i korelacje cząstkowe**

Parametr akustyczny	FFM [kg]		FFM tułów [kg]		FFM ramiona [kg]		FFM k. dolne [kg]		SMM [kg]		TBW [kg]		Białko [kg]		Minerały [kg]															
	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.	$r$	$r$ cz.														
F0 [Hz]	-0,15	-	0,13	-	0,19*	-	0,13	-	0,23*	-	0,15	-0,02	-0,09	-0,15	-	0,13	-	-0,14	-	0,11	-	-0,15	-	0,12	-	0,10	-	0,09		
Jitter (local) [%]	-0,08	-	0,08	-	-0,09	-	0,11	-	-0,07	-	0,10	-0,11	-0,10	-0,07	-	0,08	-	-0,08	-	0,09	-	-0,07	-	0,08	-	0,06	-	0,07		
Shimmer (local) [%]	0,08	-	0,02	-	0,08	-	0,02	-	0,10	-	0,03	-0,00	0,02	0,09	-	0,03	-	0,12	-	0,05	-	0,13	-	0,07	-	0,06	-	0,02		
HNR [dB]	-	0,0001	0,06	-	-0,01	-	0,08	-	-0,04	-	0,07	0,08	0,07	-0,02	-	0,04	-	-0,03	-	0,05	-	-0,04	-	0,03	-	0,04	-	0,09		
Głośność [dB]	0,01	-	0,05	-	0,01	-	0,08	-	-	-	0,09	0,06	0,04	-	-	0,04	-	-0,02	-	0,03	-	-0,02	-	0,02	-	0,03	-	0,06		
F1 [Hz]	-0,03	-	0,08	-	0,003	-	0,07	-	0,002	-	0,08	-0,01	-0,03	-0,03	-	0,08	-	-0,04	-	-	-	0,11	-	-0,05	-	0,11	-	0,07	-	0,11
F2 [Hz]	0,01	-	0,05	-	0,05	-	0,02	-	0,06	-	0,04	0,004	0,003	0,01	-	0,04	-	0,001	-	0,06	-	0,06	-	0,003	-	0,06	-	0,04	-	0,08
F3 [Hz]	-0,01	-	0,08	-	0,03	-	0,07	-	0,03	-	0,08	-0,02	-0,03	-	-	0,08	-	-	-	0,003	-	0,07	-	0,004	-	0,09	-	0,06	-	0,12
F4 [Hz]	0,03	-	0,04	-	0,05	-	0,03	-	0,06	-	0,05	0,02	0,01	0,03	-	0,03	-	0,03	-	0,05	-	0,05	-	0,02	-	0,05	-	0,03	-	0,08
Pf [Z]	0,01	-	0,06	-	0,04	-	0,04	-	0,05	-	0,06	0,002	-0,01	0,01	-	0,05	-	0,01	-	0,07	-	0,07	-	0,003	-	0,07	-	0,04	-	0,10
$\Delta F$ [Hz]	-0,002	-	0,06	-	0,03	-	0,05	-	0,04	-	0,06	-0,01	-0,01	0,001	-	0,06	-	-0,01	-	0,08	-	-0,01	-	-0,01	-	0,08	-	0,05	-	0,10
Df [Hz]	0,04	-	0,02	-	0,07	-	0,02	-	0,07	-	0,04	0,03	0,02	0,05	-	0,02	-	0,05	-	0,02	-	0,03	-	0,05	-	0,03	-	0,02	-	0,07
VTL [cm]	0,02	-	0,08	-	-0,01	-	0,06	-	-0,02	-	0,07	0,02	0,03	0,02	-	0,08	-	0,03	-	0,10	-	0,10	-	0,03	-	0,10	-	0,07	-	0,12

TBW – całkowita zawartość wody w organizmie, FFM – beztłuszczowa masa ciała, SMM – zawartość mięśni szkieletowych, FFM ramiona – uśredniona masa beztłuszczowa ramienia prawego i lewego, FFM k. dolne – uśredniona masa beztłuszczowa kończyny dolnej prawej i lewej, F0 – śr. częstotliwość podstawowa, HNR – harmonic-to-noise ratio, F1-F4 – wartości pierwszych czterech częstotliwości formantowych, Pf – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*),  $\Delta F$  – śr. odstęp formantowy (ang. *formant spacing*), Df – śr. dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*), VTL – szacowana długość toru głosowego;  $r$  – wsp. korelacji Pearsona,  $r$  cz. – korelacja cząstkowa I-rzędu z wyłączeniem zmiennej wiek. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

#### 4.4. Czynniki mające najsilniejszy wpływ na jakość głosu u ludzi

##### 4.4.1. Najsilniejsze predyktory jakości głosu mężczyźni

W przypadku składowej częstotliwości podstawowej (PC9), dwa spośród wszystkich włączonych do modelu predyktorów, *obwody ciała bez obwodu talii* oraz *tłuszczowa masa ciała*, okazały się istotne statystycznie dla wysokości męskiego głosu (Tab. 26). Oznacza to,

że im mężczyzna był bardziej otłuszczony i im mniejsze miał obwody ciała (poza talią), tym wyższym głosem się cechował.

**Tabela 26. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową częstotliwości podstawowej (PC9) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			-1,46	0,1492	$F = 2,93; p = 0,0185$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,1139$ $\varepsilon = 0,5298$
Wysokość ciała [cm]	0,17	0,18	0,93	0,3575		
Wiek [l.]	0,20	0,12	1,66	0,1015		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	-0,60	0,31	-1,94	0,0566		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	-0,08	0,26	-0,31	0,7538		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,54</b>	<b>0,22</b>	<b>2,49</b>	<b>0,0151</b>		
Model końcowy						
Wyraz wolny			<b>-8,46</b>	<b>&lt;0,001</b>	$F = 5,61; p = 0,004$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,1096$ $\varepsilon = 0,5311$
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>-0,62</b>	<b>0,19</b>	<b>-3,25</b>	<b>0,0017</b>		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,59</b>	<b>0,19</b>	<b>3,12</b>	<b>0,0026</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t, p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F, p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{\text{popr.}}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

Najsilniejszymi predyktorami składowej *formantowej* (PC8) głosów mężczyzn okazały się *obwody ciała z wyjątkiem obwodu talii* (PC3) – był to związek o kierunku dodatnim. Oznacza to, że im mężczyzna miał większe obwody ciała z wyjątkiem obwodu talii, tym jego głos przyjmował bardziej kobiecą barwę (osiągał wyższe wartości częstotliwości formantowych F1-F4) (Tab. 27).

**Tabela 27. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową formantową (PC8) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			-0,91	0,3676	$F = 2,83; p = 0,0219$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,1088$ $\varepsilon = 2,4839$
Wiek [l.]	0,15	0,12	1,23	0,2229		
Wysokość ciała [cm]	0,15	0,18	0,86	0,3945		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>0,64</b>	<b>0,31</b>	<b>2,07</b>	<b>0,0424</b>		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	<b>-0,55</b>	<b>0,26</b>	<b>-2,09</b>	<b>0,0404</b>		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	-0,10	0,22	-0,48	0,6350		
Model końcowy						
Wyraz wolny			-1,33	0,1875	$F = 4,85; p = 0,0308$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,0488$ $\varepsilon = 2,5662$
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>0,25</b>	<b>0,11</b>	<b>2,20</b>	<b>0,0308</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{\text{popr.}}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

Dla składowej *pochodnych formantowych* (PC11) jedynym istotnym modelem regresji krokowej wstecznej okazał się model zawierający jeden predyktor – *obwody ciała bez obwodu talii* (Tab. 28). Wartość standaryzowanego współczynnika regresji dla tej zmiennej niezależnej była dodatnia, co oznacza, że mężczyźni o większych obwodach ciała, cechowali się wyższymi wartościami składowej pochodnych formantowych głosu, czyli większymi wartościami parametrów takich, jak  $P_f$ ,  $\Delta F$ , czy  $D_f$ . Im większymi obwodami ciała charakteryzował się mężczyzna, tym bardziej kobieca była barwa jego głosu (wyższe wartości formantów i większy ich rozrzut).

**Tabela 28. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową pochodnych formantowych (PC11) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			-0,99	0,3259	$F = 3,01; p = 0,0162$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,1181$ $\varepsilon = 2,6323$
Wysokość ciała [cm]	0,17	0,18	0,93	0,3571		
Wiek [l.]	0,16	0,12	1,38	0,1731		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>0,67</b>	<b>0,31</b>	<b>2,17</b>	<b>0,0335</b>		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	<b>-0,57</b>	<b>0,26</b>	<b>-2,18</b>	<b>0,0327</b>		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	-0,13	0,22	-0,59	0,5592		
Model końcowy						
Wyraz wolny			-1,38	0,1707	$F = 4,9; p = 0,0299$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,0495$ $\varepsilon = 2,7328$
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>0,25</b>	<b>0,11</b>	<b>2,21</b>	<b>0,0299</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{\text{popr.}}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

Składowa *stabilności głosu dla samogłosek* (PC6) miała istotny statystycznie związek z *obwodami ciała z wyjątkiem obwodu talii* (Tab. 29). Im większymi obwodami ciała charakteryzował się mężczyzna, tym mniej stabilny był jego głos.

**Tabela 29. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową stabilności głosu dla samogłosek (PC6) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			0,07	0,9446	$F = 3,02; p = 0,0158$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,1189$ $\varepsilon = 1,226$
Wysokość ciała [cm]	-0,01	0,18	-0,03	0,9734		
Wiek [l.]	-0,06	0,12	-0,51	0,6143		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>-0,94</b>	<b>0,31</b>	<b>-3,04</b>	<b>0,0033</b>		

Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	0,44	0,26	1,69	0,0947		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,49</b>	<b>0,22</b>	<b>2,26</b>	<b>0,0273</b>		
Model końcowy						
Wyraz wolny			-0,70	0,4849	$F = ,25; p = 0,0248$	$R^2_{popr.} = 0,036$ $\varepsilon = 1,2706$
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>-0,26</b>	<b>0,11</b>	<b>-2,29</b>	<b>0,0248</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{popr.}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

Analiza regresji dla składowej *stabilności głosu dla zdania (PC7)* wykazała, że żaden predyktor opisujący budowę i skład ciała nie miał istotnego wpływu na ten parametr u mężczyzn (Tab. 30).

**Tabela 30. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową stabilności głosu dla zdania (PC7) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{popr.}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			0,58	0,5664	$F = 0,7; p = 0,6243$	$R^2_{popr.} \sim 0$ $\varepsilon = 1,126$
Wysokość ciała [cm]	-0,11	0,19	-0,59	0,5595		
Wiek [l.]	-0,19	0,13	-1,51	0,1348		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	-0,32	0,33	-0,97	0,3376		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	0,19	0,28	0,68	0,4993		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	0,27	0,23	1,18	0,2439		
Model końcowy						
Wyraz wolny			-0,78	0,4362	$F = 2,12; p = 0,1499$	$R^2_{popr.} = 0,0147$ $\varepsilon = 1,1061$
Wiek [l.]	-0,17	0,11	-1,45	0,1499		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{popr.}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.



Składowa *intensywności głosu* (PC10) wykazała istotny statystycznie związek jedynie z *obwodami ciała z wyjątkiem obwodu talii*. Mężczyźni o mniejszych obwodach ciała z wyjątkiem obwodu talii cechowali się głośniejszymi głosami. *Tłuszczowa masa ciała* była związana z głośnością na poziomie granicy istotności statystycznej ( $p \sim 0,05$ ). Mężczyźni o większej zawartości *tłuszczowej masy ciała* mówili głośnie, choć wynik ten był nieistotny (Tab. 31).

**Tabela 31. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową głośności głosu (PC10) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			1,91	0,0601	$F = 2,24; p = 0,0593$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,0766$ $\varepsilon = 1,2984$
Wysokość ciała [cm]	-0,32	0,18	-1,78	0,0798		
Wiek [l.]	-0,16	0,12	-1,36	0,1797		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>-0,94</b>	<b>0,32</b>	<b>-2,95</b>	<b>0,0043</b>		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	<b>0,63</b>	<b>0,27</b>	<b>2,37</b>	<b>0,0207</b>		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,54</b>	<b>0,22</b>	<b>2,45</b>	<b>0,0167</b>		
Model końcowy						
Wyraz wolny			1,21	0,2288	$F = 2,20; p = 0,0950$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,0459$ $\varepsilon = 1,3198$
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>-0,70</b>	<b>0,27</b>	<b>-2,55</b>	<b>0,0129</b>		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	0,30	0,17	1,76	0,0827		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	0,41	0,22	1,92	0,0589		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{\text{popr.}}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

Żaden z analizowanych predyktorów nie miał istotnego wpływu na maksymalny czas fonacji u mężczyzn (Tab. 32). Jednakże w modelu końcowym pozostał predyktor *wiek*, który osiągnął poziom istotności zbliżony do progu istotności statystycznej ( $p = 0,0615$ ).

Standaryzowany współczynnik  $\beta$  dla wieku miał wartość ujemną, co oznacza że z wiekiem skracał się u mężczyzn maksymalny czas fonacji.

**Tabela 32. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na maksymalny czas fonacji (MPT) u mężczyzn. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			0,52	0,6029	$F = 0,86; p = 0,5140$	$R^2_{\text{popr.}} \sim 0$ $\varepsilon = 8,4774$
Wysokość ciała [cm]	-0,0001	0,21	-0,001	0,9996		
Wiek [l.]	-0,20	0,14	-1,42	0,1599		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	-0,26	0,36	-0,72	0,4755		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	0,13	0,30	0,43	0,6688		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	0,10	0,25	0,41	0,6829		
Model końcowy						
Wyraz wolny			<b>8,29</b>	<b>&lt;0,001</b>	$F = 3,62; p = 0,0615$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,0394$ $\varepsilon = 8,2630$
Wiek [l.]	-0,23	0,12	-1,90	0,0615		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{\text{popr.}}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

#### 4.4.2. Najsilniejsze predyktory jakości głosu kobiet

Na składową *częstotliwości podstawowej* głosu kobiet (PC9) istotny wpływ miał jedynie wiek, który jako jedyny pozostał w modelu końcowym regresji. Związek ten miał ujemny kierunek o średniej mocy, co oznacza, że starsze kobiety cechowały się niższym głosem (niższą wartością *częstotliwości podstawowej* (F0) głosu) (Tab. 33).

**Tabela 33. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową częstotliwości podstawowej (PC9) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			0,69	0,4910	$F = 8,51; p < 0,001$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,2462$ $\varepsilon = 0,5285$
Wysokość ciała [cm]	0,01	0,11	0,10	0,9173		
Wiek [l.]	<b>-0,52</b>	<b>0,09</b>	<b>-5,62</b>	<b>&lt; 0,001</b>		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	-0,05	0,24	-0,22	0,8237		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	-0,11	0,18	-0,62	0,5374		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	0,15	0,16	0,94	0,3501		
Model końcowy						
Wyraz wolny			<b>13,78</b>	<b>&lt; 0,001</b>	$F = 39,74;$ $p < 0,001$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,2520$ $\varepsilon = 0,5265$
Wiek [l.]	<b>-0,51</b>	<b>0,08</b>	<b>-6,30</b>	<b>&lt; 0,001</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{\text{popr.}}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

U kobiet, analiza regresji przeprowadzona dla składowej formantowej (PC8) wykazała, że jedynie *obwody ciała z wyjątkiem obwodu talii* miały istotny wpływ na ten parametr akustyczny głosu (Tab. 34). Kobiety o większych obwodach ciała (głowy, szyi, klatki piersiowej, bioder i ramion) miały wyższe wartości formantów głosu, a więc głosy o bardziej kobiecej barwie.

**Tabela 34. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową formantową (PC8) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			0,08	0,9395	$F = 1,21; p = 0,3115$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,0089$ $\varepsilon = 2,1632$
Wiek [l.]	-0,05	0,11	-0,50	0,6180		
Wysokość ciała [cm]	-0,01	0,13	-0,07	0,9432		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	0,50	0,27	1,84	0,0690		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	-0,23	0,21	-1,11	0,2710		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	-0,16	0,18	-0,87	0,3874		
Model końcowy						
Wyraz wolny			0,27	0,7884	$F = 4,04; p = 0,0468$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,0258$ $\varepsilon = 2,1447$
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>0,18</b>	<b>0,09</b>	<b>2,01</b>	<b>0,0468</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{\text{popr.}}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

Jedynie składowa *obwody ciała z wyjątkiem obwodu talii* miały istotny wpływ na składową *pochodnych formantowych* (PC 11). Kobiety o większych obwodach ciała miały wyższe wartości pochodnych formantowych, czyli głosy o bardziej kobiecej barwie (Tab.35).

**Tabela 35. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową pochodnych formantowych (PC11) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			0,02	0,9863	$F = 1,15; p = 0,3403$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,007$ $\varepsilon = 2,3291$
Wiek [l.]	-0,05	0,11	-0,45	0,6573		
Wysokość ciała [cm]	-0,00	0,14	-0,02	0,9879		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	0,54	0,29	1,88	0,0626		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	-0,25	0,22	-1,13	0,2598		

Tłuszczowa masa ciała (PC2)	-0,19	0,19	-1,00	0,3180		
Model końcowy						
Wyraz wolny			-0,71	0,4769	$F = 2,37; p = 0,0989$	$R^2_{popr.} = 0,0254$ $\varepsilon = 2,3075$
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>0,29</b>	<b>0,14</b>	<b>2,05</b>	<b>0,0431</b>		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	-0,14	0,14	-1,00	0,3184		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{popr.}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

Składowa *stabilności głosu dla samogłosek* (PC6) zależała u kobiet od składowej *tłuszczowa masa ciała* (Tab. 36). Korelacja ta była dodatnia, co oznacza że im większą zawartość tkanki tłuszczowej miała kobieta, tym wyższą stabilnością głosu się cechowała (wyższe wartości HNR, niższe wartości *jitter* i *shimmer*).

**Tabela 36. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową stabilności głosu dla samogłosek (PC6) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{popr.}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			0,09	0,9255	$F = 4,74; p < 0,001$	$R^2_{popr.} = 0,1399$ $\varepsilon = 1,1376$
Wysokość ciała [cm]	0,01	0,12	0,12	0,9050		
Wiek [l.]	<b>-0,21</b>	<b>0,10</b>	<b>-2,17</b>	<b>0,0324</b>		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	-0,47	0,25	-1,83	0,0698		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	0,19	0,20	0,99	0,3263		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,63</b>	<b>0,17</b>	<b>3,67</b>	<b>0,0004</b>		
Model końcowy						
Wyraz wolny			<b>3,38</b>	<b>0,0010</b>	$F = 9,21; p = 0,0030$	$R^2_{popr.} = 0,0666$ $\varepsilon = 1,1851$
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,27</b>	<b>0,09</b>	<b>3,03</b>	<b>0,0030</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{popr.}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

W przypadku składowej *stabilności głosu dla zdania* (PC7) u kobiet istotny wpływ na tę zmienną zależną wykazały finalnie dwa predyktory: wiek oraz składowa *tłuszczowa masa ciała* (Tab. 37). Oznacza to, że kobiety starsze, o niższej zawartości tłuszczu, miały większą niestabilność głosu (wyższe wartości *jitter* i *shimmer*).

**Tabela 37. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową stabilności głosu dla zdania (PC7) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			-0,72	0,4716	$F = 6,24; p < 0,001$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,1856$ $\varepsilon = 1,2120$
Wiek [l.]	0,13	0,12	1,08	0,2808		
Wysokość ciała [cm]	<b>-0,37</b>	<b>0,10</b>	<b>-3,85</b>	<b>0,0002</b>		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	-0,22	0,25	-0,88	0,3798		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	-0,03	0,19	-0,13	0,8939		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,45</b>	<b>0,17</b>	<b>2,69</b>	<b>0,0082</b>		
Model końcowy						
Wyraz wolny			<b>6,38</b>	<b>&lt; 0,001</b>	$F = 14,22;$ $p < 0,001$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,1869$ $\varepsilon = 1,2110$
Wiek [l.]	<b>-0,43</b>	<b>0,09</b>	<b>-4,91</b>	<b>&lt; 0,001</b>		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,29</b>	<b>0,09</b>	<b>3,30</b>	<b>0,0013</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{\text{popr.}}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

Tylko składowa *tłuszczowa masa ciała* miała u kobiet istotny wpływ na składową *intensywność głosu* (PC10) (Tab. 38). Kobiety o większej zawartości tkanki tłuszczowej w ciele miały bardziej intensywne (głośniejsze) głosy.

**Tabela 38. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na składową głośności głosu (PC10) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2_{\text{popr.}}$ oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			0,90	0,3703	$F = 1,67; p = 0,1492$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,0308$ $\varepsilon = 1,3794$
Wiek [l.]	-0,07	0,11	-0,61	0,5437		
Wysokość ciała [cm]	-0,12	0,14	-0,89	0,3750		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	<b>-0,61</b>	<b>0,28</b>	<b>-2,15</b>	<b>0,0337</b>		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	0,35	0,22	1,61	0,1107		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,51</b>	<b>0,19</b>	<b>2,66</b>	<b>0,0092</b>		
Model końcowy						
Wyraz wolny			-1,48	0,1413	$F = 2,48; p = 0,0885$	$R^2_{\text{popr.}} = 0,0275$ $\varepsilon = 1,3818$
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	-0,28	0,16	-1,80	0,0742		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	<b>0,35</b>	<b>0,16</b>	<b>2,23</b>	<b>0,0281</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{\text{popr.}}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.

Istotny wpływ na maksymalny czas fonacji (MPT) u kobiet miała składowa *beztłuszczowa masa ciała* (Tab. 39). Im większą zawartość beztłuszczowej masy ciała miała kobieta, tym dłuższy był jej maksymalny czas fonacji głoski “a”.

**Tabela 39. Czynniki budowy i składu ciała mające największy wpływ na maksymalny czas fonacji (MPT) u kobiet. Model początkowy i końcowy regresji krokowej wstecznej**

Predyktory	$\beta$	$SE_{\beta}$	$t$	$p$	Istotność modelu	$R^2$ popr. oraz błąd standardowy estymacji ( $\varepsilon$ )
Model początkowy						
Wyraz wolny			0,34	0,7326	$F = 1,92; p = 0,0975$	$R^2_{popr.} = 0,0287$ $\varepsilon = 5,6271$
Wiek [l.]	0,09	0,11	0,78	0,4386		
Wysokość ciała [cm]	0,03	0,14	0,23	0,8155		
Obwody ciała bez obwodu talii (PC3)	-0,24	0,29	-0,85	0,3998		
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	0,38	0,22	1,73	0,0873		
Tłuszczowa masa ciała (PC2)	0,15	0,19	0,76	0,4488		
Model końcowy						
Wyraz wolny			<b>14,29</b>	<b>&lt; 0,001</b>	$F = 8,75; p = 0,0039$	$R^2_{popr.} = 0,0719$ $\varepsilon = 5,5468$
Beztłuszczowa masa ciała (PC1)	<b>0,28</b>	<b>0,10</b>	<b>2,96</b>	<b>0,0039</b>		

$\beta$  – współczynnik regresji;  $SE_{\beta}$  – błąd standardowy  $\beta$ ;  $t$ ,  $p$  – wartość testu  $t$  dla  $\beta$  oraz poziom jego istotności;  $F$ ,  $p$  – test Fishera badający istotność modelu regresji oraz poziom jego istotności;  $R^2_{popr.}$  – skorygowany współczynnik determinacji dla modelu regresji;  $\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji dla modelu regresji.



## 5. Dyskusja

W niniejszej pracy oceniono związek budowy i składu ciała z parametrami akustycznymi głosu mężczyzn i kobiet, przy wykorzystaniu metod obiektywnej oceny jakości głosu (analiza akustyczna), w zależności od budowy ciała (dwukrotnie wykonane pomiary ciała, których wartości następnie uśredniono) oraz składu ciała (określenie tłuszczowej i beztłuszczowej masy ciała przy pomocy profesjonalnego analizatora). Analizie poddano parametry jakości głosu pochodzące z dwóch różnych typów nagrań - samogłosek oraz wypowiedzianego zdania, w celu sprawdzenia wpływu typu sygnału na rodzaj związku parametrów akustycznych z budową i składem ciała. Wszystkie analizy przeprowadzono oddzielnie dla każdej z płci, uwzględniając wpływ wieku na obserwowane zależności. Nowym aspektem przeprowadzonych badań, była ocena składu ciała przy pomocy analizatora, działającego na zasadzie bioimpedancji elektrycznej, a nie wyliczanie masy tłuszczu oraz masy beztłuszczowej ciała z równań bazujących na pomiarach fałdów skórno-tłuszczowych i obwodach. Takie podejście metodologiczne nie było wcześniej szeroko stosowane w badaniach nad związkami głosu z budową/składem ciała i do tej pory zostało wykorzystane tylko w dwóch pracach, w których jednakże uwzględniono jedynie mężczyzn (Hamdan i in. 2012, 2013). W rozprawie doktorskiej zostały zaobserwowane istotne statystycznie związki parametrów głosu oraz budowy i składu ciała u obu płci, również po uwzględnieniu wpływu wieku, jako zmiennej sterującej.

### 5.1. Różnice płciowe w parametrach głosu, budowie ciała i składzie ciała

Mężczyźni i kobiety różnili się między sobą parametrami akustycznymi głosu, budową ciała oraz jego składem.

Mężczyźni cechowali się niższą częstotliwością podstawową głosu oraz niższymi wartościami formantów, co jest zgodne z wynikami metaanalizy dotyczącej związków wysokości i masy ciała z parametrami głosu mężczyzn i kobiet (Pisanski i in. 2014). Głos jest sygnałem biologicznym niosącym informacje dotyczące stanu danego osobnika (m. in. Sondhi i in. 2015; Arnocky i in. 2018; Raine i in. 2019), odgrywającym odmienne funkcje u mężczyzn i kobiet (m. in. Gregory 1994; Oguchi i Kikuchi 1997; Collins 2000; Puts i in. 2006), stąd obserwowane są różnice płciowe w wartościach jego parametrów. Na jakość męskiego głosu w największym stopniu oddziałuje testosteron (Dabbs i Mallinger 1999; Evans i in. 2008), natomiast u kobiet są to estrogeny i progesteron (Abitbol i in. 1999).

Wartości częstotliwości formantowych (F1-F4) również różniły się istotnie pomiędzy mężczyznami i kobietami, aczkolwiek siła tych różnic była słaba. Formanty wyliczone na podstawie samogłosek były nieco wyższe u kobiet, co jest zgodne z wynikami metaanalizy Pisanski i in. (2014), natomiast te obliczone na podstawie zdania były wyższe dla mężczyzn (z wyjątkiem czwartego formantu) co jest sprzeczne z wynikami tej metaanalizy. Coleman i in. (1971) zaobserwowali, że wartości formantów są trochę wyższe u kobiet niż u mężczyzn, ale uśredniona wartość formantów dla samogłosek jest bardzo zbliżona dla obu płci. Może to częściowo tłumaczyć słabe efekty różnic stwierdzone w niniejszej pracy, gdyż podczas analizy uśredniano wartości wszystkich formantów dla wszystkich samogłosek.

Dla parametrów niestabilności głosu (*jitter*, *shimmer*, HNR) również wykryto istotne różnice płciowe, natomiast wielkość różnic była zdecydowanie wyższa w przypadku zdania. Bardziej stabilnymi głosami cechowały się kobiety. Wynik ten jest odwrotny w stosunku do rezultatów uzyskanych przez Teixeira i in. (2013).

Także maksymalny czas fonacji (MPT) okazał się być wyższy dla mężczyzn o ok. 8 sekund a różnica ta była silnie istotna. Dłuższy MPT u mężczyzn znajduje potwierdzenie w prac innych autorów i jest najprawdopodobniej spowodowany większą pojemnością życiową płuc mężczyzn (Maslan i in. 2011).

Mężczyźni byli wyżsi i ciężsi od kobiet oraz mieli większą masę ciała, zarówno bezwzględną, jak i względną (BMI). Również wartości obwodów głowy i tułowia były większe u mężczyzn. Wyniki te częściowo potwierdzają obserwacje badaczy, którzy porównywali m. in. obwody talii oraz BMI u mężczyzn i kobiet pochodzących z bardzo dużej próby badań longitudinalnych (N = 10 638 osób) z Kanady (Mason i in. 2008). Wśród wskaźników opisujących kształt ciała, trzy (WHR, SHR oraz WHtR) wykazały istotne różnice pomiędzy mężczyznami i kobietami. Mężczyźni mieli szersze ramiona w stosunku do bioder (wyższe wartości wskaźników SHR), większy obwód talii w stosunku do bioder (wyższe WHR) oraz większy obwód talii w stosunku do wysokości ciała (wyższe WHtR); najsilniejszy efekt (największa różnica) był widoczny w przypadku stosunku obwodu ramion do bioder (SHR). Wyniki te są oczywiste, stanowią bowiem naturalne różnice międzypłciowe w budowie i proporcjach ciała, w dystrybucji tkanki tłuszczowej oraz budowie biernego i czynnego układu ruchu u kobiet i mężczyzn. Mężczyźni mają szerszą obręcz barkową, bardziej umięśnione ramiona oraz większą dystrybucję tkanki tłuszczowej w okolicy brzucha; kobiety natomiast szerszą obręcz miedniczną, mniej rozbudowaną muskulaturę w obrębie górnych partii ciała oraz większe otluszczenie na biodrach i pośladkach względem talii, co

uwidacznia się w wyższych wartościach wskaźników SHR i WHR u mężczyzn (Hughes i Gallup 2003).

Podczas porównywania składu ciała mężczyzn i kobiet zaobserwowano istotne różnice w całkowitej tłuszczowej oraz beztłuszczowej masie ciała, a także masie mięśni szkieletowych. Mężczyźni cechowali się większą beztłuszczową masą ciała (w tym masą mięśniową) zarówno całkowitą, jak i w poszczególnych partiach ciała. Kobiety z kolei, miały większą zawartość masy tłuszczowej (zarówno całkowitej, jak i w poszczególnych segmentach ciała) oraz tłuszczu wisceralnego (trzewnego), chociaż różnica dla tego drugiego była słaba. Różnice te również stanowią naturalną konsekwencję wpływu płci (poprzez hormony płciowe) na różny stopień rozwoju poszczególnych komponentów masy ciała u kobiet i mężczyzn (Ylihärsilä i in. 2008). Ponadto, zakresy zmienności analizowanych parametrów budowy, kształtu i składu ciała u obu płci zachodzą na siebie, więc spotyka się mężczyzn o bardziej kobiecych sylwetkach i kobiety o bardziej męskich sylwetkach, co może się odbijać na opisywanych związkach budowy i kształtu ciała z głosem.

W związku z wykryciem istotnych statystycznie różnic w parametrach głosu oraz budowie i składzie ciała pomiędzy mężczyznami i kobietami, a także z powodu odmiennych funkcji, jakie głos pełni u mężczyzn i u kobiet, wszystkie dalsze analizy prowadzono w sposób dualistyczny - osobno dla kobiet i osobno dla mężczyzn.

## **5.2. Wiek a parametry akustyczne głosu, budowa ciała i skład ciała**

Zarówno u mężczyzn, jak i u kobiet wykazano istotny związek wieku kalendarzowego z parametrami głosu, budową ciała oraz składem ciała. U mężczyzn z wiekiem podwyższała się częstotliwość podstawowa głosu, natomiast u kobiet spadała. Zjawisko to nazywane jest unifikacją płci, a wynik znajduje potwierdzenie w badaniach m. in. Tykalovej i in. (2021). Uważa się, że zmiany te mogą być związane z atrofią mięśni wchodzących w skład aparatu fonacyjnego (np. mięśni tarczowo-gnykowych), atrofią błony śluzowej fałdów głosowych i zmniejszeniem się ich masy oraz sztywnieniem, co jest związane ze zmianami profilu hormonalnego u kobiet i mężczyzn (Stathopoulos i in. 2011; Khane, za: Sataloff i in. 2017).

Stabilność głosu, wyrażona parametrami *jitter* i *shimmer* była odwrotnie związana z wiekiem u obydwu płci. U kobiet starszych występował ponadto odwrotny stosunek częstotliwości harmoniczných do szumów (HNR). Również u osób starszych obojga płci można było zaobserwować częstsze występowanie chrypki (istotnie wyższe wartości

parametru *shimmer*). Obserwacje te potwierdzają wyniki metaanalizy zawierającej dane z 47 niezależnych badań (łącznie grupa 1475 osób), które dowodzą, że osoby w starszym wieku mają istotnie wyższe wartości parametru *shimmer*, czyli głos z wiekiem staje się mniej stabilny i bardziej zachrypnięty (Rojas i in. 2020). U starszych kobiet zaobserwowano również istotnie niższą intensywność (głośność) głosu, natomiast u mężczyzn związek ten był słaby i nieistotny statystycznie. Wyniki te pokrywają się częściowo z obserwacjami innych autorów, którzy zauważyli, że intensywność głosu u kobiet i mężczyzn maleje z wiekiem (Prakup, za: Sataloff i in. 2017). Również parametry związane z budową i składem ciała wykazały istotne różnice w zależności od wieku. U obu płci wystąpił ten sam schemat zmian: osoby starsze miały mniejszą wysokość ciała w porównaniu z młodszymi (co w badanej grupie było raczej konsekwencją trendu sekularnego niż zmian inwolucyjnych), starsi mieli większą masę ciała oraz BMI, większe obwody głowy, szyi, barków, klatki piersiowej, talii, bioder oraz ramion oraz wyższe wartości wskaźników związanych z obwodem talii (WHR, WCR, WSR, WHtR). U obu płci starsi badani charakteryzowali się również wyższą zawartością tłuszczowej masy ciała (w tym tłuszczu wisceralnego). Zmniejszanie się wysokości ciała z wiekiem oraz wzrost masy ciała (bezwzględnej i względnej - BMI), szczególnie masy tłuszczowej, jest konsekwencją zmian z wiekiem w układzie ruchu (czynnym i biernym) oraz zmian hormonalnych wpływających na wzajemne proporcje tłuszczowej i beztłuszczowej masy ciała. Wynik ten znajduje potwierdzenie w pracy analizującej takie zmiany w grupie 5635 dorosłych odmiany białej w wieku 18-98 lat (Schutz i in. 2002). Natomiast większy obwód talii u starszych osób jest związany ze zwiększeniem się akumulacji tkanki tłuszczowej w tej partii ciała, przez co u osób starszych wartości wskaźnika WHR są istotnie większe niż u osób młodszych obojga płci (Ford i in., za: WHO 2011).

Podsumowując, w przypadku kobiet wiek był odwrotnie związany z wysokością głosu i jego stabilnością - u starszych kobiet występowały niższa wysokość głosu i jego większa stabilność. U mężczyzn kierunek związku był taki sam, lecz jego siła była mniejsza oraz nie był on istotny statystycznie.

### **5.3. Pozostałe czynniki wpływające na parametry głosu**

Poza płcią i wiekiem, na jakość głosu mają wpływ różne czynniki wewnętrzne i zewnętrzne. Niektórzy autorzy prac analizujących głos, zwracają uwagę, że część z nich

może być traktowana jako czynniki wyłączające potencjalnych uczestników z badań (Bruckert i in. 2006; Evans i in. 2008; Barsties i in. 2013; Celebi i in. 2013; Acurio i in. 2014; de Souza i in. 2014; de Souza i dos Santos 2018). W niniejszej rozprawie, we wstępnym kwestionariuszu zadano pytania m.in. o stosowanie środków hormonalnych, przebyte urazy i zabiegi okolic głowy i szyi, stosowanie używek takich, jak papierosy czy alkohol, wady wymowy i słuchu, wady zgryzu, stan zdrowotny aparatu mowy w dniu badania. Następnie parametry głosu mężczyzn i kobiet zostały porównane ze względu na występowanie różnego rodzaju czynników wewnętrznych i zewnętrznych, mogących wpływać na głos, które deklarowali badani. Żaden z analizowanych czynników nie wykazał istotnego wpływu na zdecydowaną większość parametrów opisujących jakość głosu. Pojedyncze czynniki miały niekierunkowy, słaby choć istotny wpływ, jednakże tylko na pojedyncze parametry akustyczne.

Na parametry akustyczne głosu mężczyzn i kobiet (zarówno te wyliczone na podstawie samogłosek, jak i te określone na podstawie zdania) nie miały wpływu czynniki takie, jak przyjmowanie hormonów, przeziębienie/Covid-19 w dniu badania, palenie papierosów, regularność miesiączkowania, czy faza cyklu menstruacyjnego. Brak związku przyjmowania hormonów (głównie hormonów płciowych) z parametrami głosu znajduje potwierdzenie w badaniu Amir i in. (2005), w którym testowano wpływ trzech doustnych środków antykoncepcyjnych na cechy żeńskiego głosu takie, jak jego wysokość, stabilność oraz czystość. Pavela Banai (2017) wykazała natomiast, że kobiety menstruujące naturalnie wykazywały niewielkie zmiany niektórych parametrów głosu pomiędzy fazami cyklu, podczas gdy kobiety regulujące cykl hormonalnie, takich zmian nie wykazały.

Faza cyklu menstruacyjnego oraz jego regularność nie miały różnicującego wpływu na jakość głosu kobiet z badanej próby. Wyniki te częściowo potwierdza inna praca badająca wpływ zmian hormonów płciowych w kolejnych fazach cyklu miesięcznego kobiet na parametry głosu, gdzie również nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy fazami (Raj i in. 2010). Natomiast Pavela Banai (2017) analizując parametry głosu kobiet, zwróciła uwagę, że zmiany wokalne w odniesieniu do wahań hormonalnych są raczej subtelne, przynajmniej podczas produkcji samogłosek. Wykazała, że głosy kobiet miesiączkujących i niestosujących antykoncepcji jedynie miały wyższą minimalną wysokość głosu (F0min) w późnej fazie folikularnej (przed owulacją) w porównaniu z pozostałymi fazami. Ponadto, w fazie lutealnej miały najniższą intensywność (głośność), co wiązała z większym uwodnieniem i obrzękiem śluzówki fałdów głosowych. Z drugiej strony w pracy

Raja i in. (2010) zaobserwowano istotne różnice w parametrach głosu takich, jak np. częstotliwość podstawowa, pomiędzy kobietami miesiączkującymi regularnie a kobietami po menopauzie, co jest sprzeczne z wynikami niniejszej pracy, gdzie nie znaleziono różnic w jakości głosu pomiędzy kobietami miesiączkującymi regularnie i nieregularnie (w tym kobietami w okresie pomenopauzalnym). Brak różnic w parametrach głosu u kobiet w różnych fazach cyklu menstruacyjnego wystąpił również w badaniach Çelika i in. (2013), natomiast zostały w nich wykazane istotne różnice w percepcyjnej ocenie żeńskiego głosu za pomocą skali GRBAS (ang. *Grade, Roughness, Breathiness, Asthenia, Strain scale*; skala używana przez foniatrów do oceny schorzeń aparatu mowy; Hirano 1981). Badacze przypuszczali, że powodem tej rozbieżności mógł być rodzaj nagrania głosu, którego użyto do oceny parametrów akustycznych (izolowane samogłoski, a nie mowa ciągła), natomiast w niniejszej pracy przeanalizowano dwa rodzaje nagrań, samogłoski oraz zdanie, i parametry głosu uzyskane z żadnego z tych dwóch typów nie różniły się istotnie pomiędzy fazami cyklu.

Zaskakujący wydaje się brak różnic w wartościach parametrów akustycznych pomiędzy palaczami i osobami niepalącymi, zaobserwowany w niniejszej pracy. Zważywszy na wyniki badań innych autorów można by się spodziewać, że osoby palące będą mieć istotnie wyższe wartości parametrów niestabilności głosu takich, jak np. *jitter* (Gonzalez i Carpi 2004), czy niższą częstotliwość podstawową, mogącą wynikać ze zwiększenia się masy fałdów głosowych w wyniku obrzęku, lub przesuszenia śluzówki, co przekładać się może na obniżenie wysokości głosu (Ayoub i in. 2019). Prawdopodobne, że jakość głosu zależy może od intensywności palenia (liczby wypalanych papierosów i czasu trwania nałogu), jednakże zmienne te nie były w pracy analizowane. Również alkohol spożyty w przededniu badania nie różnicował istotnie parametrów głosu badanych. Badanie Krishnan i Ghosha (2017) pokazuje, że spożycie alkoholu ma istotny wpływ na głos, na przykład podwyższając jego częstotliwość podstawową. Brak wpływu spożycia alkoholu na parametry akustyczne głosu zaobserwowany w niniejszej pracy, może wynikać z faktu, że osoby, które deklarowały jego spożywanie, piły alkohol dnia poprzedniego i w niewielkiej ilości, a nie tuż przed nagraniem.

Pojedyncze parametry akustyczne różniły się pomiędzy osobami deklarującymi i nie deklarującymi występowanie czynników takich, jak urazy głowy i szyi w przeszłości, wada wymowy, wada słuchu, czy nadużywanie głosu. W przypadku urazów oraz zabiegów okolic głowy i szyi, których wystąpienie w przeszłości zadeklarowali badani, u kobiet nie znaleziono żadnych istotnych różnic pomiędzy grupami. Mężczyźni z historią urazową mieli

niższą częstotliwość podstawową głosu, wyższy *shimmer* oraz niższy HNR (mniej stabilny, bardziej zachrypnięty głos). Największy odsetek przypadków u mężczyzn stanowiło usunięcie migdałków podniebiennych. Pewnego potwierdzenia wyników niniejszej pracy dostarcza badanie, w którym analizowano parametry głosu pacjentów z przewlekłym zapaleniem migdałków względem grupy kontrolnej (osób zdrowych). Wyniki wskazywały na istotnie niższą częstotliwość podstawową, wyższą niestabilność głosu (wyższe wartości *shimmer* i niższa wartość HNR) u osób z przewlekłymi stanami zapalnymi w obrębie jamy ustnej i gardła względem osób zdrowych (Subramaniam i Padmanabhan 2009).

W przypadku osób deklarujących wady słuchu zaobserwowano istotne różnice jedynie w pojedynczych parametrach głosu. Mężczyźni, którzy mieli wadę słuchu cechowali się wyższą niestabilnością głosu (wyższą wartością parametru *jitter* oraz niższą wartością HNR), a u kobiet takich różnic nie zaobserwowano. Jednakże nie analizowano w niniejszej pracy audiogramów, a jedynie opierano się na samoocenie badanych. Wiadomo, że osoby z uszkodzonym słuchem mają problemy z utrzymaniem jednostajnej częstotliwości oraz amplitudy głosu podczas fonacji, co skutkuje jego niestabilnością - drzeniem, dużą liczbą szumów w głosie (Myszel i Szkiełkowska 2020).

Finalnie, osoby deklarujące nadużywanie głosu na co dzień (np. pracę głosem) również wykazały pewne niewielkie różnice w pojedynczych parametrach akustycznych. W przypadku obu płci, najczęstszą formą nadużywania głosu była wykonywana praca (nauczyciel lub nauczyciel akademicki). Mężczyźni, którzy byli nauczycielami mieli jedynie niższą częstotliwość trzeciego formantu. W przypadku kobiet jedyną istotną statystycznie różnicą pomiędzy osobami nie- oraz nadużywającymi głosu była różnica w wartości parametru *shimmer*. Co interesujące, kobiety deklarujące nadużywanie głosu miały istotnie niższy *shimmer* (bardziej stabilny, mniej zachrypnięty głos) niż pozostałe kobiety, choć wartość tej różnicy wynosiła zaledwie 0,5 %. Badania pokazują, że wśród nauczycieli, czyli osób pracujących głosem zawodowo, prewalencja zaburzeń głosu jest 2-3 razy częstsza niż w populacji generalnej (Martins i in. 2014). W związku z tym można by się spodziewać wyższych wartości parametrów świadczących o zaburzeniach aparatu mowy takich, jak *jitter* czy *shimmer* u osób pracujących głosem (Dehqan i Scherer 2013; Chitguppi i in. 2019). Jednakże w niniejszej pracy nie zaobserwowano różnic o takim kierunku.

Ponieważ analizowana jakość głosu, oceniona parametrami głosu, osób deklarujących występowanie u siebie czynników mogących mieć wpływ na ww. cechy, nie odbiegały

znacząco od parametrów głosu osób, u których nie stwierdzono występowania tych czynników, podjęto decyzję o niewykluczeniu żadnej z badanych osób z analiz statystycznych.

#### **5.4. Wielkość ciała a parametry akustyczne głosu mężczyzn i kobiet**

Zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn, zaobserwowano istotne statystycznie związki wielkości ciała oraz parametrów głosu. Relacje te wystąpiły zarówno w przypadku parametrów akustycznych głosu uzyskanych na podstawie analizy samogłosek, jak i wyliczonych z wypowiedzianego na głos zdania.

##### **a) mężczyźni**

U mężczyzn większe obwody ciała miały związek z większą niestabilnością głosu. Oznacza to, że mężczyźni, którzy posiadali większe obwody szyi, barków, klatki piersiowej czy talii, mieli mniej stabilne głosy (np. wyższe wartości parametru *shimmer*, niższe wartości HNR). Związek ten został zaobserwowany zarówno w przypadku parametrów głosu uzyskanych na podstawie samogłosek, jak i dla parametrów akustycznych obliczonych na podstawie wypowiedzianego na głos zdania. Relacja ta była istotna również po uwzględnieniu wieku oraz innych cech budowy ciała w modelu regresji wielorakiej. Wynik ten koresponduje z rezultatami pracy Pisanski i in. (2016), którzy wykazali, że mężczyźni o większym relatywnym obwodzie klatki piersiowej w stosunku do obwodu bioder (ang. *chest-hip ratio*, CHR) mieli mniej stabilne głosy (wyższy *shimmer* i niższy HNR). Równocześnie w innych pracach, jednakże opartych na mniejszym materiale, zaobserwowano, że mężczyźni z większym obwodem talii mieli bardziej stabilny głos (Pisanski i in. 2016a).

Stabilność męskiego głosu była również związana z wysokością ciała mówcy. Wyżsi mężczyźni mieli bardziej stabilne głosy z mniejszą ilością szumów (wyższym HNR). Wynik ten może być spowodowany bardziej stabilnymi warunkami środowiska, w którym rozwijali się mężczyźni, co wpłynęło na większą stabilność głosu oraz większą wysokość ciała mężczyzn. Rezultat ten wydaje się być logiczny, gdyż bardziej stabilne, optymalne warunki środowiskowe (dostępność pokarmu dobrej jakości i w wystarczającej ilości, oraz brak chorób w dzieciństwie) wpływają pozytywnie na proces wzrastania w ontogenezie progresywnej, dzięki czemu możliwy jest harmonijny rozwój, pozwalający na osiągnięcie większej wysokości ciała (Silventoinen 2003).



Mężczyźni o większej względnej masie ciała (BMI) i większych obwodach ciała mieli bardziej kobiecą barwę głosu, wyrażoną za pomocą wyższych wartości częstotliwości formantowych oraz wyższych wartości ich pochodnych. Również mężczyźni o większych wymiarach ciała cechowali się krótszym szacowanym torem głosowym (VTL). Zależności te były tożsame dla parametrów akustycznych pochodzących z samogłosek oraz zdania, a związek ten pozostał istotny po zastosowaniu modelu regresji krokowej wstecznej. Wynik ten jest zaskakujący, gdyż bazując na danych literaturowych spodziewano się odwrotnego związku (korelacji ujemnej) pomiędzy wielkością ciała mężczyzn a formantami ich głosów i ich pochodnymi (Evans i in. 2006; Pisanski i in. 2014, 2016). Zważywszy, że formanty głosu (oraz ich pochodne) są zależne od budowy (głównie długości) toru głosowego, a ten jest ściśle skorelowany z długością całego ciała, biorąc pod uwagę teorię źródła i filtra (Fant 1960), spodziewać by się można ujemnej korelacji formantów z wielkością ciała mężczyzn (Fitch 1997; Fitch i Giedd 1999). Uzyskany odmienny wynik można tłumaczyć tym, że zaobserwowane w niniejszej pracy związki dotyczyły obwodów ciała za wyjątkiem obwodu talii, który może mieć kluczowe znaczenie dla odwrotnego kierunku związków z formantami i ich pochodnymi. Jedna z prac pokazuje, że to właśnie obwód talii jest kluczowym predyktorem, który wpływa na częstotliwości formantowe głosu (Pawelec i in. 2022a). Zagadnienie to wymaga dalszych pogłębionych badań, z uwzględnieniem np. długości samego tułowia lub proporcji tułowia do kończyn.

## **b) kobiety**

U kobiet zaobserwowano istotny statystycznie związek pomiędzy masą ciała (bezwzględna i względna) oraz obwodami ciała a stabilnością głosu. Kobiety o większej masie ciała oraz większych wymiarach obwodów cechowały się głosami o większej stabilności (wyrażonej niższymi wartościami parametru *shimmer* i wyższymi wartościami HNR). Również kobiety o tych cechach budowy ciała miały wyższą intensywność głosu (głośniejszy głos). Powyższe zależności zostały zaobserwowane zarówno w przypadku nagrania zawierającego samogłoski, jak i również dla nagrania zdania wypowiedzianego na głos. Większość korelacji masy ciała i obwodów z parametrami niestabilności oraz głośnością osiągnęła poziom istotności statystycznej dopiero po uwzględnieniu wieku, jako zmiennej sterującej. Wyniki te są sprzeczne z obserwacjami innego autora, który odkrył, że kobiety o większej masie ciała oraz BMI miały bardziej niestabilne głosy (wyższe wartości parametrów z grupy *shimmer*; Gonzalez 2007). Rozbieżność tę trudno zinterpretować, choć mogą brać za nie odpowiedzialność różnice wynikające z użycia innego oprogramowania do

analizy głosu lub różnice etniczne zarówno w parametrach głosu, jak i w poziomie otłuszczenia i dystrybucji tkanki tłuszczowej między Polkami i Hiszpankami. Również zakres wieku grupy badanej (badane Hiszpanki były w wieku 20-29 lat, a badane Polki w wieku 18-65 lat) mógł wpłynąć na tę rozbieżność. Związek masy ciała (i BMI) i obwodów ciała kobiet z ich głośnością jest dużo prostszy do interpretacji. Kobiety o większej masie ciała mają większe obwody (głównie klatki piersiowej i talii), a więc większy rezonator piersiowy, dzięki czemu wydawany przez nie dźwięk jest głośniejszy (ma większą energię akustyczną). Najprawdopodobniej u kobiet o większym rezonatorze piersiowym wytwarzane ciśnienie podgłośniowe jest większe, a to właśnie ono wpływa na wyższe ciśnienie akustyczne (ang. *sound pressure level*, SPL), czyli intensywność głosu (Izadi i in. 2012). Dodatkowo osoby o wyższej intensywności głosu są postrzegane przez słuchaczy, jako posiadające większą masę ciała (Pawelec i in. 2022b). BMI nie jest idealną miarą masy tłuszczowej ciała (Mahadevan i Ali 2016) w związku z czym w niniejszej pracy wykonano dodatkowo analizę składu ciała uwzględniającą komponentę tłuszczową oraz beztłuszczową w całkowitej masie ciała. Aspekt ten stanowi nowość w badaniach związków głosu z tłuszczową i mięśniową masą ciała u ludzi i stanowi zaletę tej dysertacji.

Na znaczenie nadmiernej masy ciała dla wymiarów górnych dróg oddechowych zwrócili uwagę Busseto i in. (2009), którzy wykazali, że kobiety z nadmierną ilością tkanki wisceralnej miały najmniejszą powierzchnię przekroju jamy gardła, a najważniejszym predyktorem wąskich górnych dróg oddechowych, ważniejszym nawet od otłuszczenia ogólnego, był strzałkowy wymiar brzucha. Wynik tych autorów sugeruje, że duża ilość tłuszczu brzuszego może być ważniejsza niż całkowita jego zawartość podczas określania wielkości górnych dróg oddechowych.

Kobiety o mniejszych obwodach szyi oraz talii posiadały wyższe wartości trzeciego formantu głosu (czyli głosy o bardziej kobiecej barwie). Również kobiety o większym obwodzie szyi miały większą szacowaną długość toru głosowego. Zależności te zostały zaobserwowane w przypadku samogłosek; dla zdania istotne były związki pierwszego i drugiego formantu (F1 i F2) z obwodami szyi i talii - kobiety o większych obwodach miały bardziej męską barwę głosu (niższe formanty). Wszystkie wymienione powyżej związki (zarówno dla parametrów samogłosek, jak i zdania) uzyskały istotność statystyczną dopiero po uwzględnieniu wieku. Obserwacje te znajdują częściowe potwierdzenie w wynikach pracy innych autorów, według których obwody ciała kobiet (szyi, barków, klatki piersiowej, talii oraz bioder) były ujemnie skorelowane z formantami głosu oraz ich pochodnymi, na przykład

dyspersją formantów (Df) - kobiety o większych obwodach ciała cechowały się głosami o bardziej męskiej barwie, wyrażonej niższymi wartościami formantów oraz ich mniejszym rozrzutem (Pisanski i in. 2016a).

U kobiet o większej wysokości i masie ciała wykazano dłuższy maksymalny czas fonacji (MPT). Związki te pozostały istotne także po uwzględnieniu wieku kobiet. W pracach o pokrewnej tematyce można znaleźć kilka nie do końca spójnych informacji na temat związków budowy ciała i maksymalnego czasu fonacji. Wydaje się, że związek ten przyjmuje kształt odwrotny do liter U lub J, gdzie kobiety z obu skrajów rozkładu BMI charakteryzują się skróconym czasem fonacji. Na przykład kobiety o BMI w normie, miały istotnie dłuższy MPT niż kobiety z niedowagą, natomiast nie znaleziono istotnych różnic wartości tego parametru w odniesieniu do kobiet otyłych (Barsties i in. 2013). Inne badanie wykazało, że kobiety chorobliwie otyłe w porównaniu do kobiet zdrowych o prawidłowym BMI miały istotnie skrócony maksymalny czas fonacji (de Souza i in. 2014), chociaż wyniki innej pracy nie wykazały takich różnic (Solomon i in. 2011). Jak podaje Smeltzer (2017) za MPT odpowiadają trzy główne czynniki związane z fizjologią układu oddechowego i mięśniowego: całkowita dostępna pojemność powietrza, siła wydechowa oraz opór głośni. Nadmierna masa tkanki tłuszczowej zgromadzona m.in. na szyi modyfikuje wszystkie te czynniki: zmniejsza wytrzymałość mięśni oddechowych, hamuje przepływ powietrza i utrudnia utrzymywanie stałej amplitudy oddechu, a w konsekwencji skraca czas fonacji (de Souza i in. 2014). Skrócenie MPT u osób otyłych może wynikać także ze zmian anatomicznych w obrębie klatki piersiowej, to znaczy zwiększenia się wymiaru łuku podżebrowego i zwiększenia obwodu klatki piersiowej (poprzez akumulację tkanki tłuszczowej w tym obszarze), co powoduje zmniejszenie się pojemności płuc, a w rezultacie skutkuje skróceniem MPT. Podobny mechanizm można zaobserwować u ciężarnych kobiet przed porodem (Hamdan i in. 2009). Jednym z dowodów na poparcie tej konkluzji jest zaobserwowana w niniejszej pracy zależność pomiędzy MPT a większą masą mięśniową (w tym przepony i mięśni międzyżebrowych) u kobiet.

Podsumowując większe obwody ciała u kobiet, wiązały się z niższymi wartościami parametrów głosu takich, jak częstotliwość podstawowa czy częstotliwości formantowe i ich pochodne (niższą, bardziej męską barwą głosu), oraz większą stabilnością głosu (niższymi parametrami perturbacji tj. *jitter*, *shimmer* oraz wyższym HNR). U mężczyzn większe obwody ciała były związane z wyższymi formantami głosu i ich pochodnymi (wyższą, bardziej kobiecą barwą głosu) oraz z jego większą niestabilnością (wyższym parametrem

*shimmer*, niższym HNR). Jakość głosu mężczyzn i kobiet wykazała również istotne zależności od wielkości organizmu, głównie masy ciała i BMI. Występujące trudności z interpretacją kierunku obserwowanych związków mogą wynikać ze specyfiki zastosowanych miar wielkości ciała, np. wskaźnik BMI nie uwzględnia tego, że na masę ciała składają się elementy tkankowe (m.in. tkanka tłuszczowa, tkanka mięśniowa), które mogą wykazywać odmienne relacje z jakością głosu. Podobnie, wielkość obwodów sama w sobie może wpływać na głos, ale również istotny może być kształt ciała wyrażony relatywnymi proporcjami obwodów, bowiem duży obwód klatki piersiowej i duży obwód talii mogą mieć wpływ o przeciwnych kierunkach. Na dodatek kierunki tych związków są często odmienne u obu płci. Dlatego też w dalszej kolejności przedstawione będą związki jakości głosu z kształtem oraz składem tkankowym ciała mężczyzn i kobiet.

## **5.5. Kształt ciała a parametry akustyczne mężczyzn i kobiet**

### **a) mężczyźni**

Mężczyźni o większej szerokości barków względem szerokości bioder (wyższym wskaźniku SHR) mieli wyższe wartości formantów oraz ich pochodnych. Wynik ten był zaobserwowany zarówno w przypadku parametrów akustycznych obliczonych na podstawie samogłosek, jak i w przypadku zdania, a także po uwzględnieniu wpływu wieku. Oznacza to, że mężczyźni o sylwetkach V-kształtnych posiadali bardziej kobiecą barwę głosu. Wynik ten jest zaskakujący, gdyż uważa się, że wysoka wartość wskaźnika SHR jest związana z wysokim poziomem testosteronu (Kasperk i in. 1997), który obniża głos (Dabbs i Mallinger 1999; Evans i in. 2008). Jak pokazują badania, głosy mężczyzn o szerokich barkach względem bioder (wysokim SHR) są oceniane, jako bardziej atrakcyjne przez słuchaczy tej samej i przeciwnej płci (Hughes i in. 2004). Ponadto wykazano, że rzeczywisty i szacowany na podstawie głosu SHR mężczyzn są ze sobą istotnie skorelowane (Hughes i in. 2009). V-kształtna sylwetka (wysoki SHR) jest związana z męską barwą głosu (niską dyspersją formantów; Evans i in. 2006). Wyniki te sugerują więc, że głos mężczyzn zawiera wskazówki związane ze stopniem maskulinizacji (wysokim poziomem androgenów) podobnie, jak V-kształtna sylwetka. Jednakże nie znajdują one potwierdzenia w wynikach niniejszej pracy, ukazującej przeciwny kierunek tej zależności. Niezgodność tę można tłumaczyć różnicami w wieku badanych i porównywanych mężczyzn - w cytowanych pracach byli to wyłącznie studenci, a więc osoby młode, prawdopodobnie o młodzieńczej sylwetce (wskazują na to

wartości wskaźnika podane w publikacjach; Hughes i in. 2004, 2009), natomiast w bieżącym badaniu udział wzięli zarówno mężczyźni młodszy, jak i osoby ze starszych grup wiekowych (najstarszy mężczyzna miał 72 lata). Ze względu na duży rozstęp wieku badanych mężczyzn, wiedząc jednocześnie, że wartości częstotliwości formantowych zmieniają się istotnie w trakcie starzenia (Eichhorn i in. 2018), można przypuszczać, że zaobserwowane w niniejszej pracy relacje mogą wynikać z odmiennego stopnia zaawansowania zmian fizjologicznych aparatu głosowego oraz zmian w budowie/składzie ciała na skutek procesów inwolucyjnych. Większe wartości wskaźnika SHR u mężczyzn w niniejszej pracy, wynikające z większego obwodu barków niż bioder (sugerujące V-kształtną sylwetkę), mogą być więc spowodowane nie tyle dużym umięśnieniem tej partii ciała, lecz jej nadmiernym otluszczeniem i akumulacją podskórnej tkanki tłuszczowej na klatce piersiowej i ramionach, występujących u mężczyzn w starszym wieku.

Wykryto również niższe wartości trzeciego formantu (F3) oraz dyspersji formantów (Df) u mężczyzn o relatywnie dużym obwodzie talii względem obwodów barków i klatki piersiowej (wysokie wartości wskaźników WSR i WCR). Oznacza to, że mężczyźni o H-kształtnych sylwetkach (dużym obwodzie pasa w stosunku do innych obwodów tułowia, spowodowanym najprawdopodobniej otluszczeniem tego regionu) mieli bardziej męską barwę głosu (niższe F3) oraz mniejszy rozrzut formantów (niższe Df) - bardziej głębokie głosy. Wyniki te były istotne dopiero po uwzględnieniu wieku, jako zmiennej sterującej w korelacji cząstkowej. Odwrotna korelacja obwodu talii z dyspersją formantów została odnotowana przez Evans i in. (2006), co świadczy o tym, że mężczyźni o większych wymiarach pasa mieli bardziej głębokie (męskie) głosy. Być może wynika to większego rezonatora dolnego (brzucha) u mężczyzn (m. in. większej przepony i silniejszych mięśni międzyżebrowych), co może przekładać się na niską wartość Df i F3.

Stabilność głosu jest niższa u mężczyzn posiadających większy obwód pasa względem wysokości ciała (wyższy WHtR). U mężczyzn tych występowały wyższe wartości parametru *jitter* oraz niższe wartości HNR. Może to być związane z nadmiernym otluszczeniem okolicy brzucha, co może powodować bardziej niestabilny głos u tych osób, podobnie jak większe wartości parametrów perturbacji głosu występują u osób otyłych (Da Cunha i in. 2011).

## **b) kobiety**

Kształt ciała kobiet również był skorelowany z niektórymi parametrami akustycznymi głosu uzyskanymi zarówno z samogłosek, jak i ze zdania. Co więcej, związki te były istotne statystycznie również po uwzględnieniu wpływu wieku.

Kobiety o większym obwodzie obręczy barkowej względem obręczy miedniczej (wyższym SHR; V-kształtnej sylwetce) cechowały się głosami o wyższej niestabilności (wyrażonej parametrem *shimmer*) oraz bardziej kobiecą barwą głosu (wyższymi wartościami formantów głosu oraz ich pochodnych). Badania dowodzą, że w przypadku kobiet stosunek obwodu barków do bioder (SHR) nie jest w żaden sposób powiązany z oceną atrakcyjności ich głosu dokonanej przez słuchaczy tej samej lub przeciwnej płci (Hughes i in. 2004). Wiadomym jest, że rzeczywiste wartości SHR są skorelowane z wartościami tego wskaźnika ocenianymi na podstawie głosu u mężczyzn, a wartości rzeczywiste wskaźnika taliowo-biodrowego (WHR) są skorelowane z szacowanymi wartościami WHR ocenianymi na podstawie głosu u kobiet. Nie zaobserwowano natomiast istotnego związku pomiędzy rzeczywistym a ocenianym SHR u mówczyń (Hughes i in. 2009). W związku z brakiem danych literaturowych dotyczących zależności wykrytych w niniejszej pracy ich podłoże pozostaje niejasne i wymaga dalszego badania.

U kobiet o dużym obwodzie talii w stosunku do obwodu barków i klatki piersiowej (wysokich wartościach wskaźników WSR i WCR; H-kształtnej sylwetce) zaobserwowano wyższą stabilność głosu (niższy *shimmer*), niższą, bardziej męską barwę głosu (niższe wartości formantów i ich pochodnych) oraz większe ciśnienie akustyczne głosu (jego większą intensywność [głośność]). Wynik ten częściowo potwierdzają badania Pisanski i in. (2016), którzy zauważyli, że kobiety o większym obwodzie talii względem obwodu bioder (wyższym wskaźniku WHR) miały bardziej stabilny głos (niższy *shimmer*) oraz bardziej męską barwę głosu (niższe wartości częstotliwości formantowych). Zjawisko to może być tłumaczone wyższym poziomem testosteronu u H-kształtnych kobiet, który wpływa zarówno na zmaskulinizowany kształt sylwetki (wyższe wartości WHR), jak i na wzrost masy fałdów głosowych, dzięki czemu drgają one w sposób bardziej regularny niż fałdy o mniejszych rozmiarach (Linders i in. 1995). Wiadomo również, że relatywnie większy obwód talii względem barków (wyższy WSR) i klatki piersiowej (wyższy WCR) obniża percepcję atrakcyjności sylwetki u mężczyzn (Maisey i in. 1999; Dixson i in. 2003; Swami i Tovée 2005). Dzieje się tak prawdopodobnie dlatego, że z perspektywy psychologii ewolucyjnej męskie sylwetki są kojarzone z V-kształtnym typem budowy, czyli względnie szeroką

obręczą barkową i klatką piersiową w stosunku do szerokości talii i bioder. Z perspektywy ewolucyjnej mężczyźni o takich właśnie sylwetkach są dla kobiet atrakcyjniejsi, gdyż mają silniej rozwiniętą muskulaturę i siłę barków (ramion) i klatki piersiowej, co świadczy o ich lepszej jakości biologicznej (Maisey i in. 1999). U kobiet można się spodziewać odwrotnej zależności - wyższego relatywnego obwodu talii względem klatki piersiowej i barków (wyższych wartości WCR i WSR), czyli bardziej H-kształtnej sylwetki. Związek wyższego względnego obwodu talii (wyższych wartości WSR i WCR) z niższą, bardziej męską barwą głosu (wyrażoną niższymi częstotliwościami formantów) znajduje częściowo potwierdzenie w pracy Pisanski i in. (2016), gdzie znaleziono odwrotny związek trzeciego i czwartego formantu oraz ich pochodnych (np. Df) z obwodem talii u kobiet. Obserwacja ta może być uzasadniona wpływem hormonów płciowych (np. androgenów, estrogenów i progesteronu) zarówno na obwody ciała (oraz wskaźniki takie, jak WHR, WSR, etc.), jak i na wartości formantów głosu (Hughes i Gallup Jr. 2008). Bardziej dokładny mechanizm, tłumaczący tę zależność, nie jest znany.

Dodatni związek pomiędzy względnym obwodem talii a intensywnością głosu u kobiet wydaje się prosty do wytłumaczenia. Kobiety o większych obwodach talii w stosunku do obwodów klatki piersiowej i barków (wyższych wartościach WCR i WSR), najprawdopodobniej miały większą akumulację tkanki tłuszczowej w okolicy brzucha, co wpłynęło na powiększenie się rozmiaru pasa względem innych obwodów. Z danych literaturowych wynika, że kobiety otyłe mają istotnie głośniejsze głosy od kobiet znajdujących się w normie BMI oraz kobiet z niedowagą (Barties i in. 2013). Zależność ta jest prawdopodobnie spowodowana silniejszą pracą mięśni oddechowych osób otyłych, a przez to podwyższoną intensywnością głosu (Kantarci i in. 2004; Barties i in. 2013). Także ocena stopnia otyłości u kobiet na podstawie ich głosu jest dokonywana w oparciu o jego intensywność (głośność) - im kobieta głośniej mówi, tym jest oceniana jako bardziej otluszczona (Pawelec i in. 2022b).

Większy obwód talii względem wysokości ciała u kobiet oznaczał większą stabilność głosu (niższe *jitter* i *shimmer*, wyższe *HNR*), większą intensywność oraz niższą wartość trzeciego formantu (*F3*). Oznacza to, że kobiety niższe o większym obwodzie pasa miały głosy czystsze, głośniejsze i o niższej, bardziej męskiej barwie od kobiet wyższych, o węższej talii. Relacje te zostały już omówione i wyjaśnione w akapicie powyżej, podczas opisywania związków parametrów głosu ze wskaźnikami WSR i WCR.

Przeprowadzone analizy związków jakości głosów mężczyzn i kobiet z ich proporcjami ciała wskazały na ważność m.in. okolicy talii w relacji do pozostałych obwodów i wysokości ciała. Ponieważ jest to okolica ciała, w której dominującym elementem tkankowym jest tkanka tłuszczowa (podskórna i wisceralna), w dalszej części Dyskusji zostanie omówiony związek składu tkankowego ciała z jakością głosu.

## **5.6. Skład ciała a parametry głosu mężczyzn i kobiet**

W pracy wykazano występowanie istotnych statystycznie związków parametrów akustycznych ze składem ciała mężczyzn i kobiet. Relacje te dotyczyły zarówno parametrów głosu wyliczonych na podstawie samogłosek, jak i nagrania zawierającego zdanie. Podczas oceny istotności, siły i kierunku korelacji, wzięto pod uwagę wiek badanych, jako zmienną sterującą.

### **a) mężczyźni**

U mężczyzn o większej zawartości tkanki tłuszczowej zaobserwowano wyższe wartości formantów i ich pochodnych, jak również mniejszą szacowaną długość toru głosowego (VTL). Oznacza to, że mężczyźni bardziej otłuszczeni mieli głosy o wyższej, bardziej kobiecej barwie. Również mężczyźni o większej zawartości tłuszczu ogółem, jak i również o większej brzusznej tkance tłuszczowej mieli większą niestabilność głosu (wyższy *shimmer*). W przypadku parametrów obliczonych na podstawie samogłosek większość tych relacji utraciła istotność statystyczną po uwzględnieniu dodatkowej zmiennej: wiek. Natomiast parametry głosu, wyliczone na podstawie zdania, w większości nadal były istotnie skorelowane z zawartością tłuszczowej masy ciała mężczyzn nawet po wytrąceniu wpływu wieku. Co więcej, związek niestabilności głosu (*shimmer*) z tłuszczową masą ciała pozostał istotny nawet po uwzględnieniu w modelu regresji krokowej wstecznej innych predyktorów budowy i składu ciała, wykazując czysty wpływ masy tłuszczowej na stabilność głosu u mężczyzn. Większa niestabilność głosu (*shimmer*) u mężczyzn o większym otłuszczeniu brzuszonym znajduje potwierdzenie w pracy Hamdana i in. (2012), którzy zaobserwowali istotną korelację pomiędzy tymi zmiennymi o nawet większej sile niż stwierdzona w niniejszej pracy. Zależność ta może być spowodowana odwrotnymi związkami męskich hormonów płciowych z parametrami głosu oraz z akumulacją tkanki tłuszczowej



w organizmie. Otyli mężczyźni, a zwłaszcza ci, z nadmiarem tkanki tłuszczowej trzewnej charakteryzują się niedoborami hormonalnymi, a niedobory hormonalne przyczyniają się do wystąpienia otyłości (Rabijewski i in. 2005). Ludzkie komórki tłuszczowe (adipocyty) posiadają receptory hormonów płciowych (Pedersen i in. 1996) zarówno męskich, jak i żeńskich - większa liczba receptorów estrogenów i progesteronu występuje w podskórnej tkance tłuszczowej, natomiast większa koncentracja receptorów androgenowych występuje w wisceralnej (trzewnej) tkance tłuszczowej (Mayes i Watson 2004). Przekłada się to na różny typ otluszczenia w zależności od płci - pośladkowo-udowe (typu „gruszka”) u kobiet oraz centralne (typu „jabłko”) u mężczyzn (Lemieux i in. 1993; Mayes i Watson 2004; Blouin i in. 2008). Receptory tych hormonów znajdują się również w nabłonku fałdów głosowych w krtani (Aufdemorte i in. 1983; Newman i in. 2000; Voelter i in. 2008; Kirgezen i in. 2017), powodując zmiany w strukturze fałdów głosowych pod wpływem hormonów, co wpływa na parametry akustyczne głosu (Abitbol i in. 1999; Dabbs i Mallinger 1999; Evans i in. 2008). W związku z tym, niedobory hormonalne u mężczyzn (powiązane z otyłością) skutkują równocześnie zmianami jakości głosu w kierunku np. podwyższania jego wysokości i zmiany barwy. Jedno z badań sugeruje ponadto, że podczas terapii zmiany płci (z żeńskiej na męską), związanej z podawaniem testosteronu, dochodzi do istotnej zmiany parametrów głosu - obniżenia się jego wysokości i wzrostu jego niestabilności, wyrażonej parametrem *shimmer* (Damrose 2009). Wynik ten stanowi potwierdzenie symultanicznego wpływu tego androgeny na brzuszną dystrybucję tkanki tłuszczowej oraz niestabilność głosu (*shimmer*), przez co w niniejszej pracy zaobserwowana została korelacja pozorna niestabilności głosu i tłuszczowej masy ciała u mężczyzn. Wiadomo także, że osoby otyłe mają istotnie bardziej niestabilne głosy (wyższe wartości parametrów *jitter*, *shimmer*, więcej szumów w głosie) w stosunku do osób o normalnym BMI, co może wynikać z otluszczenia krtani i toru głosowego (gardła, jamy ustnej). Powoduje to mniejszą sprężystość mięśni powodujących ruchy krtani, co przekłada się na większe perturbacje głosu (Da Cunha i in. 2011). Bardziej kobieca barwa głosu (wyrażona wyższymi wartościami formantów i ich pochodnych) u mężczyzn o większej zawartości tłuszczowej masy ciała (FM) znajduje częściowe potwierdzenie w badaniach Hamdana i in. (2013). Autorzy odkryli występowanie dodatniego związku dyspersji formantów (odległości pomiędzy F1 i F2) z tłuszczową masą ciała, zarówno tą w obrębie kończyn, jak i tą w okolicy brzucha. Nie zaobserwowali natomiast żadnych istotnych relacji pomiędzy FM a surowymi wartościami formantów głosu (Hamdan i in. 2013). Związki te są dość słabe. Pewnego wsparcia dla zaobserwowanej relacji dostarczają badania innych autorów, którzy zauważyli istotny związek BMI i trzeciego

formantu (F3) u mężczyzn - osoby o wyższych wartościach BMI miały również wyższe wartości F3. Autorzy ci zasugerowali, że większa akumulacja tkanki tłuszczowej w rejonie jamy gardłowej, która jest bardziej wrażliwa na drgania, przez co wibruje z większą częstotliwością, jest równocześnie odpowiedzialna za powstawanie wyższych wartości trzeciego formantu (Takaki i in. 2018).

Jedynie istotne zależności pomiędzy beztłuszczową masą ciała (FFM) a parametrami głosu u mężczyzn stanowiły związki FFM ramion oraz FFM tułowia z częstotliwością podstawową (F0). Oznacza to, że mężczyźni o większej FFM ramion i tułowia (np. o większym umięśnieniu) mieli niższe głosy. Związki te zostały zaobserwowane zarówno dla samogłosek, jak i dla zdania (choć dla tego drugiego nie osiągnęły istotności statystycznej) i były niezależne od wieku badanych. Związek beztłuszczowej (mięśniowej) masy ramion i tułowia z wysokością głosu mężczyzn wytłumaczyć można odnosząc te parametry do profilu hormonalnego. Zarówno niska częstotliwość podstawowa głosu, jak i duża masa mięśniowa są efektem wysokiego poziomu testosteronu. Hormon ten powoduje wzrost masy mięśniowej poprzez dwa mechanizmy: i) propagowanie procesów anabolicznych białek mięśniowych, oraz ii) wpływ na różnicowanie się pluripotentnych komórek macierzystych w kierunku linii miogennej, hamując jednocześnie ich różnicowanie się w kierunku komórek tłuszczowych (Herbst i Bhasin 2004). Testosteron, podobnie jak i inne androgeny, jest anabolikiem powodującym wzrost syntezy białek mięśniowych (Griggs i in. 1989). Ponadto, u mężczyzn, którym podawano testosteron odnotowano istotny wzrost pola przekroju mięśni, równocześnie ten wzrost był większy niż u mężczyzn, którzy otrzymywali jedynie placebo (Bhasin i in. 1996). Androgeny wpływają również na parametry ludzkiego głosu (w tym jego wysokość, F0), łącząc się z odpowiednimi receptorami, które są obecne w fałdach głosowych (Audemorte i in. 1983; Newman i in. 2000; Voelter i in. 2008), szczególnie w ich podjednostkach, takich jak plamka żółta, warstwa powierzchniowa blaszki właściwej, czy więzadła głosowe (Kirgezen i in. 2017). Poziom testosteronu jest więc ujemnie skorelowany z wysokością głosu u mężczyzn (im mężczyzna ma wyższy poziom testosteronu, tym jego głos jest niższy; Dabbs i Mallinger 1999 oraz Evans i in. 2008), dodatnio z masą mięśniową (im wyższy poziom testosteronu tym większa masa mięśniowa; Urban i in. 1995) i ujemnie z tkanką tłuszczową (im więcej testosteronu tym mniej tkanki tłuszczowej; Rabijewski i in. 2005).

Po zbudowaniu modelu regresyjnego zawierającego predyktory takie, jak wiek, wysokość ciała, obwody ciała, beztłuszczowa (FFM) i tłuszczowa (FM) masa ciała, tylko ten

ostatni miał istotny wpływ na wysokość głosu (F0) mężczyzn. Mężczyźni o wyższej FM cechowali się wyższymi głosami. Wynik ten nie został wcześniej zaobserwowany przez innych autorów, więc stanowi to element nowości niniejszej pracy. Zjawisko to może być spowodowane niskim poziomem testosteronu u mężczyzn, którzy mieli dużą zawartość tłuszczowej masy ciała - mógł on wpłynąć zarówno na dużą zawartość FM (Herbst i Bhasin 2004), jak i na wysoką częstotliwość podstawową głosu (Dabbs i Mallinger 1999; Evans i in. 2008). Innym powodem tego związku może być większa akumulacja poduszek tłuszczowych w obrębie krtani u osób z większym BMI (które jest dość silnie skorelowane z tłuszczową masą ciała; Ramel i in. 2013; Janjić i in. 2016), które powodują zwężenie dróg oddechowych u podstawy nagłośni (Lahav i in. 2021). Zwężenie otworu przedsionkowo-nagłośniowego przyczynia się natomiast do wzrostu wysokości głosu (Yanagisawa i in., za: Lahav i in. 2021).

## **b) kobiety**

W przypadku kobiet zaobserwowano istotne związki tłuszczowej masy ciała (FM) z parametrami głosu określającymi jego stabilność (*jitter*, *shimmer*, HNR), głośnością oraz wartościami formantów i ich pochodnych. Relacje te były istotne w przypadku parametrów akustycznych wyliczonych zarówno na podstawie samogłosek, jak i zdania, oraz po wytrąceniu wpływu wieku badanych. Kobiety o wyższej masie tłuszczowej FM (zarówno całkowitej, jak i znajdującej się w obrębie brzucha i kończyn) cechowały się bardziej stabilnym głosem, wyrażonym niższymi wartościami parametrów *jitter* i *shimmer* oraz wyższymi wartościami HNR. Wynik ten trudno jest porównać do danych innych autorów, gdyż brakuje badań dotyczących związków parametrów głosu i składu ciała u kobiet; dostępne są obecnie jedynie dwie prace badające takie związki przy pomocy metody użytej w niniejszej pracy (bioimpedancji elektrycznej, BIA), ale bazują one jedynie na mężczyznach (Hamdan i in. 2012, 2013). Jedyne publikacje, z którymi można porównać niniejsze wyniki odnoszą się do porównań jakości głosu pomiędzy osobami o prawidłowym BMI oraz z nadwagą/otyłością. Wykazano w nich, że osoby o większym BMI (spowodowanym prawdopodobnie wyższą zawartością tłuszczu) cechują się głosami o większej niestabilności, ocenionej zarówno w sposób obiektywny, na podstawie parametrów perturbacji fali dźwiękowej takich, jak *jitter/shimmer* (Da Cunha i in. 2011; Acurio i in. 2014), jak również w sposób subiektywny na podstawie skal GRBAS czy VHI (Celebi i in. 2013). Autorzy ci nie zwracają jednakże uwagi na, wykazane w niniejszej rozprawie, różnice płciowe związku

głosu ze składem ciała i swoje analizy wykonywali bez uwzględnienia płci osób otyłych. Większa niestabilność głosu u osób otyłych może wg tych autorów wynikać z nadmiernych złogów tłuszczowych odkładających się u tych osób w obszarze traktu głosowego, dokładnie w rejonach języzka podniebiennego, podniebienia miękkiego, bocznych i tylnych ścianach gardła i tylnym obszarze języka. Wynikiem tego stanu rzeczy jest skrócony czas fonacji, wywołujący nieregularne wibracje fałdów głosowych z powodu zmniejszonego ciśnienia podgłośniowego. Skutkuje to postrzeganiem głosów osób otyłych jako zachrypnięte, szepczące i z niestabilną fonacją (Da Cunha i in. 2011). Przypuszczenia te potwierdzają wyniki innej pracy, ukazujące wyższe wartości parametru *shimmer* u osób z większym obwodem szyi (>35 cm) w porównaniu do osób z mniejszym obwodem szyi (<35 cm), który to był najprawdopodobniej wynikiem, większego otluszczenia tej okolicy ciała (de Souza i in. 2017). Z drugiej strony, inni autorzy nie stwierdzili żadnych istotnych różnic w parametrach *jitter*, *shimmer* i HNR pomiędzy osobami otyłymi oraz osobami z grupy kontrolnej, których BMI mieściło się w zakresie normy (Solomon i in. 2011; Celebi i in. 2013; Munjal i in. 2021). Istnieje również praca prezentująca istotnie wyższą stabilność głosu (niższe wartości *shimmer*) u otyłych kobiet względem kobiet o prawidłowej masie ciała (Barsties i in. 2013). Autorzy nie byli w stanie wyjaśnić zaobserwowanego zjawiska. Znana jest również praca, dotycząca zmian parametrów głosu (w tym parametrów niestabilności) u pacjentów poddanych operacji bariatrycznej, u których masa ciała zmniejszyła się średnio o 42 kg (BMI zmniejszyło się z 46 kg/m<sup>2</sup> do 31 kg/m<sup>2</sup>). Autorzy tego badania zauważyli, że u pacjentów po operacji wzrosła niestabilność głosu - zwiększyły się wartości parametrów *jitter* i *shimmer*. Jednakże, wyjaśnieniem tego zjawiska może być zwiększenie się refluku krtaniowo-gardłowego, prowadzące do uszkodzenia krtani u pacjentów poddanych resekcji rękawowej żołądka, co przekładać się mogło na wzrost parametrów perturbacji głosu (Eravci i in. 2022). Biorąc pod uwagę powyższe obserwacje i wyniki innych prac można wyciągnąć wniosek, że analizując związki poziomu otluszczenia ze stabilnością głosu konieczne jest uwzględnianie płci osób otyłych. Większość autorów jednakże traktuje badane osoby otyłe jako jednorodną grupę, nie biorąc pod uwagę nieco innej funkcji tkanki tłuszczowej u mężczyzn i kobiet, czy innej dystrybucji tkanki. Podczas, gdy tkanka ta u kobiet pełni często rolę ochronną zwiększając poziom estrogenów (Iorga i in. 2017; Kuryłowicz 2023), to tkanka tłuszczowa u mężczyzn związana jest ze spadkiem poziomu testosteronu (Rabijewski i in. 2005). Wobec tego bardziej otluszczone kobiety będzie miały bardziej stabilny głos, a bardziej otluszczeni mężczyźni będzie miał bardziej niestabilny głos, co wykazały wyniki tej rozprawy, a także wyniki pracy Barsties i in. (2013), które jako jedyne porównywały głosy kobiet z normalną

masą ciała i otyłych. Zagadnienie to wymaga dalszych poszerzonych badań w celu zrozumienia podłoża tego zjawiska, np. uwzględniając poziom hormonów płciowych.

Kobiety o wyższej zawartości tłuszczowej masy ciała miały również większą intensywność głosu, niezależnie od typu nagrania oraz wieku badanych. Wynik ten potwierdzają rezultaty jednej z prac, w której u otyłych kobiet zaobserwowano istotnie wyższą głośność głosu w porównaniu z kobietami o prawidłowym BMI oraz kobietami z niedowagą (Barties i in. 2013). Wynik ten może być spowodowany większą masą i ruchomością przepony u kobiet z większą masą ciała, co przekłada się na większą siłę mięśni oddechowych. W konsekwencji mają one większą siłę przepływu powietrza oddechowego, co skutkuje wyższym ciśnieniem podgłośnia u tych osób, co finalnie powoduje większą intensywność głosu (Solomon i in. 2011; Barsties i in. 2013). Wsparcia dla tych przypuszczeń dostarczają wyniki innego badania, pokazujące, że BMI koreluje dodatnio z odkładaniem się w obszarze krtani poduszek tłuszczowych, których obecność, szczególnie u podstawy nagłośni, zmniejsza szerokość dróg oddechowych i zwiększa wartość kąta zawartego pomiędzy nagłośnią a podniebieniem twardym (Lahav i in. 2020). Skutkuje to zwiększeniem się ciśnienia podgłośnia - intensywności fali dźwiękowej. Znane są również badania, w których nie znaleziono istotnych różnic pomiędzy osobami otyłymi i osobami w normie BMI jeżeli chodzi o intensywność głosu (Solomon i in. 2011; Celebi i in. 2013). Należy jednakże pamiętać, że omawiane tutaj badania innych autorów wykorzystują do oceny stopnia otyłości względną masę ciała (BMI), która nie do końca jest miarą stopnia otluszczenia i nie uwzględnia udziału tkanki mięśniowej, która również może mieć wpływ na intensywność głosu.

Kobiety o większym poziomie wisceralnej (trzewnej) tkanki tłuszczowej (VFL) cechowały się niższą, bardziej męską barwą głosu, wyrażoną niższymi wartościami trzeciego i czwartego formantu i ich pochodnych ( $\Delta F$  i  $D_f$ ). Również i w tym zagadnieniu brakuje badań, do których można byłoby odnieść wyniki prezentowane w rozprawie. Jedyną dostępną pozycją literatury jest praca Hamdana i in. (2013), w której badanymi byli mężczyźni i zaobserwowano podobne zależności, lecz o przeciwnym kierunku - mężczyźni o wyższym poziomie tłuszczu brzuszno-celebrnego cechowali się bardziej kobiecą barwą głosu (większą odległością (dyspersją) pierwszego i drugiego formantu ( $F_1$ - $F_2$ )). Wyjaśnieniem zaobserwowanego w niniejszej pracy związku wyższego VFL z niższą (bardziej męską) barwą głosu kobiet, może być występowanie większej liczby receptorów androgenowych umieszczonych w wisceralnej tkance tłuszczowej (Mayes i Watson 2004), co z jednej strony

powoduje kumulowanie się tkanki tłuszczowej na brzuchu (androidalne otłuszczenie typu „jabłko”) charakterystyczne dla mężczyzn (Lemieux i in. 1993; Blouin i in. 2008), z drugiej strony wpływa na wygląd fałdów głosowych (np. ich grubość). W konsekwencji, kobiety o większej otyłości wisceralnej, miały wyższe stężenie męskich hormonów płciowych w organizmie (Pasquali i Oriolo 2019), które jest również związane z niższymi wartościami formantów i mniejszym ich rozrzutem (niższą dyspersją, wynikającą z niższego położenia krtani), co prawdopodobnie wpłynęło na ich bardziej męską barwę głosu (Bruckert i in. 2006).

Na podkreślenie zasługuje obserwacja, że analizy związków parametrów głosu z poziomem otłuszczenia powinny uwzględniać płeć osób otyłych, ponieważ relacje te u mężczyzn i kobiet mają odwrotny kierunek: u kobiet większa zawartość tkanki tłuszczowej to bardziej stabilny, niższy głos o bardziej męskiej barwie, natomiast u mężczyzn więcej masy tłuszczowej to bardziej niestabilny, niższy głos o kobiecej barwie. Również relacje tłuszczowej masy ciała z jego intensywnością oraz maksymalnym czasem fonacji (MPT) wykazują różnicowanie płciowe (Tab. 40). Wynika to z faktu, że tkanka tłuszczowa (FM) pełni inne role u mężczyzn i kobiet, co związane jest z poziomem hormonów płciowych (Lemieux i in. 1993; Mayes i Watson 2004; Blouin i in. 2008).

**Tabela 40. Porównanie kierunków związków pomiędzy jakością głosu a otłuszczeniem - podsumowanie różnic płciowych**

<b>Parametr akustyczny</b>	<b>Mężczyźni z większym otłuszczeniem</b> (wyższe BMI, wyższe WHR, większy obwód talii, więcej FM)	<b>Kobiety z większym otłuszczeniem</b> (wyższe BMI, wyższe WHR, większy obwód talii, więcej FM)
Wysokość głosu (F0)	wyższy głos	niższy głos
Barwa głosu (formanty i pochodne)	bardziej kobieca barwa	bardziej męska barwa
Stabilność ( <i>jitter</i> , <i>shimmer</i> , HNR)	mniejsza stabilność	większa stabilność
Głośność (intensywność)	mniejsza intensywność	większa intensywność
VTL	krótszy trakt głosowy	dłuższy trakt głosowy
MPT	krótsza fonacja	dłuższa fonacja

Beztłuszczowa masa ciała (FFM) nie była istotnie związana z żadnym parametrem żeńskiego głosu z wyjątkiem maksymalnego czasu fonacji (MPT). Kobiety o większej FFM cechowały się dłuższym MPT niż kobiety o mniejszej beztłuszczowej masie ciała. Wynik ten był niezależny od wieku kobiet. Wynik ten jest spójny z obecnym stanem wiedzy, mówiącym o tym, że osoby otyłe, posiadające nadmierną zawartość tłuszczowej masy ciała (FM) w organizmie (wyższa FM, czyli niższa FFM) mają istotnie zredukowany maksymalny czas fonacji (Da Cunha i in. 2011; Barsties i in. 2013; Celebi i in. 2013; de Souza i in. 2014; de Souza i dos Santos 2018). Dłuższy MPT może być skutkiem lepszej pracy mięśni oddechowych (przepony, mięśni międzyżebrowych) u kobiet posiadających wyższą FFM (Da Cunha i in. 2011). Dłuższy MPT u kobiet posiadających większą FFM wykazany w niniejszej rozprawie może być potwierdzony wynikami prac innych autorów, którzy badali zmiany parametrów akustycznych i aerodynamicznych (takich, jak np. MPT) u kobiet będących w ciąży, porównując je do kobiet z grupy kontrolnej (nieciążarnych, w podobnym wieku do kobiet z grupy badanej) oraz do wartości tych parametrów po porodzie. Rezultaty pracy pokazały, że kobiety ciężarne przed porodem miały istotnie krótszy MPT, od kobiet z grupy kontrolnej (ponad dwukrotnie krótszy czas fonacji) oraz istotnie krótszy MPT w porównaniu ze swoimi wynikami uzyskanymi po porodzie (Hamdan i in. 2009). Zjawisko to może być tłumaczone zmianami anatomicznymi związanymi z odmienną konfiguracją klatki piersiowej, wynikającą z powiększającej się macicy, uciskającej przeponę. W trakcie tego procesu zwiększa się wartość kąta podżebrowego, średnicy poprzecznej klatki piersiowej oraz jej obwodu - przepona podnosi się wówczas średnio o 4 cm. W rezultacie czynnościowa pojemność zalegająca (ang. *functional residual capacity*, FRC), objętość zapasowa wydechowa (ang. *expiratory reserve volume*, ERV), objętość zalegająca (ang. *residual volume*, RV) i całkowita pojemność płuc (ang. *total lung capacity*, TLC) są zmniejszone, co może wyjaśniać skrócenie maksymalnego czasu fonacji u kobiet podczas ciąży i jego wydłużenie po porodzie (Weinberger i in. 1980; Gilroy i in. 1988). Podobny wpływ na skrócenie czasu fonacji może mieć nadmierna akumulacja tkanki tłuszczowej, zwłaszcza zgromadzonej w jamie ciała, np. w przypadku osób chorobliwie otyłych. Dodatkowo wiadomo, że na wartość MPT mają wpływ główne trzy fizjologiczne czynniki: i) całkowita pojemność powietrza dostępna w płucach, ii) siła wydechowa, oraz iii) zdolność krtani do efektywnego wykorzystania powietrza, np. opór głośni (Souza i in. 2014). Dłuższy MPT u kobiet o większej beztłuszczowej masie ciała (w tym również masie mięśni szkieletowych) zaobserwowany w niniejszej pracy wydaje się więc być pochodną wszystkich wymienionych powyżej mechanizmów; kobiety o większej FFM miały prawdopodobnie mniejsze

otłuszczenie ciała (niższą FM) oraz większą objętość płuc i większą siłę mięśni oddechowych, przez co były w stanie osiągnąć dłuższy czas fonacji głoski /a:/.

Podsumowując, beztłuszczowa masa ciała wykazała wpływ na maksymalny czas fonacji (MPT) jedynie w przypadku kobiet - badane o wyższej zawartości FFM cechowały się dłuższym MPT.

### **5.7. Ocena przydatności materiału głosowego do analiz związków z budową i składem ciała.**

Do analiz związków parametrów jakości głosu z budową, kształtem i składem ciała wykorzystano dwa rodzaje zgromadzonych danych akustycznych, pochodzących z nagrania pojedynczych (izolowanych) samogłosek oraz z wypowiedzianego zdania o neutralnym znaczeniu. Wykonane analizy statystyczne nie wykazały wyraźnej przewagi jednego typu materiału audio nad drugim, w badanych relacjach. Budowa ciała kobiet wykazała porównywalnie silne związki z parametrami otrzymanymi z nagrania samogłosek, jak i z nagraniem zdania, podczas gdy budowa ciała mężczyzn korelowała istotnie jedynie z parametrami akustycznymi otrzymanymi dla zdania. Proporcje ciała u obu płci wykazały istotny związek z parametrami uzyskanymi w analizie zdania, natomiast brak było istotnych związków z parametrami akustycznymi uzyskanymi z samogłosek. Tłuszczowa komponenta (FM) składu ciała mężczyzn korelowała silniej z parametrami otrzymanymi w analizie zdania, podczas gdy kobiety osiągnęły podobnie silne związki swojej FM z parametrami akustycznymi otrzymanymi ze zdania i z samogłosek. Komponenta beztłuszczowa (FFM) miała istotny związek jedynie z parametrami uzyskanymi z analizy samogłosek, u obu płci.

Na podstawie uzyskanych wyników, nie ma możliwości wskazania, który materiał głosowy jest bardziej przydatny w badaniu omawianych związków, gdyż nie da się wyznaczyć żadnego konsekwentnego trendu tych zależności.

### **5.8. Ograniczenia badania i dalsze plany badawcze**

Niniejsza praca zawiera kilka kwestii, które pojawiły się w trakcie badań, a które można byłoby w pracy uwzględnić.



Po pierwsze, pomimo zastosowania podwójnej metodologii zbierania materiału akustycznego (nagrań głosowych) w postaci samogłosek (podobnie jak u: Collins 2000; Bruckert i in. 2006; González 2007; Pisanski i in. 2016a) i krótkiego zdania (podobnie jak u: Graddol i Swann 1983; Fitch 1990; Bahari i Van Hamme 2011; Santana i in. 2017; Ma i Wu 2019), uzyskane wartości parametrów akustycznych mogą nie odzwierciedlać w pełni całego spektrum zmienności jakości głosu mężczyzn i kobiet. Podczas analizy akustycznej nie uwzględniono na przykład spontanicznej wypowiedzi (swobodnej mowy), czyli nagrania polegającego na wypowiedzeniu dowolnego zdania/frazy, na przykład przedstawienia się (jak np. u: Ramig i Ringel 1983; Bahari i Van Hamme 2011; Cartei i in. 2014; Franco i in. 2017; Ayoub i in. 2019; Rojas i in. 2020). Być może wartości parametrów głosu uzyskane na podstawie tego typu nagrania lepiej oddawałyby rzeczywistą zmienność głosu u badanych, niż nagrania przedłużanych samogłosek lub standardowego zdania, które wydają się być mniej naturalne. Niektórzy autorzy sugerowali, że pomiędzy nagraniem zdania a spontaniczną wypowiedzią może występować różnica w tempie mówienia, co powinno być uwzględnione w dalszych badaniach (van Dommelen i Moxness 1995). Jednakże istnieją również obserwacje dowodzące, że pomiędzy tymi dwoma typami nagrań nie ma istotnych różnic w relacji pomiędzy paleniem papierosów a wysokością głosu (Ayoub i in. 2019). Zastosowanie dodatkowego typu nagrania pozwoliłoby na porównanie siły związków między budową/składem ciała i jakością głosu w niniejszej pracy i może być uwzględnione w przyszłych badaniach.

Kolejną nieuwzględnioną kwestią w przeprowadzonych badaniach jest kilkukrotne powtórzenie nagrań głosów w ciągu całego dnia. Rejestracja głosów badanych wykonana była tylko raz, o określonej porze dnia (godziny przedpołudniowe pomiędzy 9.-12.). Standaryzacja warunków nagrania dla wszystkich badanych (jednakowy typ pomieszczenia, identyczna odległość badanego od mikrofonu, taki sam sprzęt pomiarowy i typy nagrywanych sygnałów, pora dnia) pozwoliły na ujednoczenie uzyskanych wyników, jednakże nie pozwoliły na kontrolę wszystkich czynników mogących mieć wpływ na jakość głosu badanych mężczyzn i kobiet. Dzięki zastosowanym procedurom, w miarę możliwości, zostały wyeliminowane różnice w parametrach akustycznych mogące wynikać z wpływu testosteronu na wysokość głosu w różnych porach dnia (Dabbs i Mallinger 1999; Evans i in. 2008) oraz odległość i kąt badanego względem sprzętu nagrywającego (Titze i Winholtz 1993), jednakże nie było możliwe kontrolowanie czynników takich, jak np. typ wypowiedzi (formalny/nieoficjalny) czy jej kontekst (Winter i Grawunder 2012). Nie uwzględniono również stanu emocjonalnego

badanych, który również mógł wpłynąć na jakość ich głosu podczas pojedynczego nagrania (np. Sondhi i in. 2015; Raine i in. 2019). Przyszłe badania powinny zawierać kilka nagrań tej samej osoby wykonane o różnych porach dnia, przy zastosowaniu różnych typów i scenariuszy wypowiedzi; pozwoliłoby to na uśrednienie uzyskanych parametrów akustycznych głosu i umożliwiło bardziej precyzyjne porównanie budowy i składu ciała z rzeczywistą jakością głosu badanych.

Następne ograniczenie stanowi brak badań hormonalnych, które uniemożliwiło określenie poziomów hormonów płciowych (tj. androgenów, estrogenów i progesteronu) oraz hormonów świadczących o poziomie stresu takich, jak kortyzol. Umożliwiłoby to zbadanie rzeczywistego wpływu tych związków chemicznych na jakość głosu oraz budowę i skład ciała mężczyzn i kobiet (Bruckert i in. 2006). W przyszłości, w celu poszerzenia wiedzy w tym zakresie, planowane są badania obejmujące pobieranie od badanych próbek śliny, na podstawie których możliwe będzie określenie stężenia hormonów w organizmie w dniu badania i wyciągnięcie bardziej rzetelnych wniosków dotyczących ich dwójstego wpływu na budowę/skład ciała oraz głos u ludzi.

Inna kwestia, która może być ważna w interpretacji uzyskanych wyników, to stopień nadwagi/otyłości badanych Polek i Polaków. Badaniami objęto grupę osób, których średnie BMI wynosiło  $24,1 \text{ kg/m}^2$  ( $s = 4,18$ ) dla kobiet oraz  $26,5 \text{ kg/m}^2$  ( $s = 5,0$ ) dla mężczyzn. W związku z tym obserwowane zależności mogą być nie tak wyraziste, jakie mogłyby być, gdyby badaniami objęto osoby ze znaczną, chorobliwą otyłością, jak to miało miejsce w publikacjach wykorzystanych do porównań (Da Cunha i in. 2011; Barsties i in. 2013; Celebi i in. 2013; de Souza i in. 2014, 2017).

Przyszłe plany badawcze autora dysertacji obejmują również zwiększenie próby badawczej, gdyż podstawowe statystyki opisowe głosu i budowy ciała uzyskane dla grupy 81 mężczyzn i 124 kobiet różnią się nieznacznie od wyników populacyjnych dostępnych w metaanalizie dotyczącej związków budowy ciała i jakości ludzkiego głosu (Pisanski i in. 2014). Planowane jest również poszerzenie próby o osoby, które posługują się na co dzień językiem innym niż polski, w tym osoby dwu- i wielojęzyczne, gdyż znane są badania przedstawiające istotne różnice w parametrach akustycznych głosu w zależności od języka/języków, którymi władają badane osoby (Lee i Sidtis 2017). Przewiduje się również, że dalsze badania będą prowadzone z podejściem interdyscyplinarnym, gdyż jakość głosu może być oceniana nie tylko w kontekście biologicznym, ale również kulturowym (przez językoznawców, Rykova i Werner 2019), zdrowotnym (medycznym, Wolfe i in. 1995;

Niebudek-Bogusz i in. 2013; Eravci i in. 2022) i technicznym (np. w uczeniu maszynowym, Lee i in. 2013; Teixeira i in. 2013; Bugdol i in. 2020). Podejście to pozwoli na zrozumienie fenomenu ludzkiego głosu i interpretację uzyskanych wyników w holistycznym ujęciu.

## 6. Podsumowanie wyników i wnioski

Zaprezentowane w rozprawie związki pomiędzy parametrami jakości głosu a budową i składem ciała mężczyzn i kobiet pozwalają na podsumowanie wyników i sformułowanie wniosków, stanowiących jednocześnie odniesienie do postawionych w celach rozprawy hipotez badawczych:

1. Wykazano istotne statystycznie różnice w parametrach głosu (dla zdania i samogłosek) pomiędzy kobietami i mężczyznami. Mężczyźni mieli głosy istotnie niższe (wyrażone niższą F0 oraz niższymi formantami F1-F4), głośniejsze oraz mniej stabilne (wyższy *shimmer* i niższy *HNR*). Ich maksymalny czas fonacji (MPT) oraz szacowana długość toru głosowego (VTL) były istotnie dłuższe niż u kobiet. Siła efektu tych różnic była wysoka.
2. Wiek kalendarzowy mężczyzn i kobiet był istotnie skorelowany z większością analizowanych parametrów głosu (dla wypowiedzanego zdania i samogłosek). Wysokość głosu (F0) u kobiet była odwrotnie związana z wiekiem, natomiast u mężczyzn wprost proporcjonalnie. Osoby starsze obu płci miały ponadto bardziej niestabilne głosy (wyższy *shimmer*, niższy *HNR*), mniejszą głośność oraz wyższe wartości formantów i ich pochodnych.
3. Wykazano również istotne statystycznie różnice w budowie ciała (jego wielkości i kształcie) pomiędzy kobietami i mężczyznami. Mężczyźni byli istotnie wyżsi, ciężsi, mieli większe obwody ciała oraz bardziej V-kształtne sylwetki niż kobiety. Efekty tych różnic w większości wymienionych przypadków były silne.
4. Ponadto, potwierdzono istotne statystycznie różnice w składzie ciała pomiędzy mężczyznami i kobietami. Mężczyźni mieli większą beztłuszczową masę ciała (całkowitą oraz w poszczególnych segmentach ciała), masę mięśni szkieletowych, zawartość wody, białek oraz minerałów. Kobiety miały istotnie wyższą zawartość tłuszczowej masy ciała (całkowitej oraz w poszczególnych segmentach ciała) oraz wyższy poziom tłuszczu wisceralnego. Efekty tych różnic w większości wymienionych powyżej przypadków były silne.

5. Osoby starsze obu płci miały nieznacznie mniejszą wysokość ciała, większą masę ciała (szczególnie tłuszczową) oraz większe obwody ciała (zwłaszcza obwód talii, co przekładało się na wyższe wartości wskaźników takich, jak WHR, WCR, czy WHtR).
6. Żaden z czynników wewnętrznych (m.in. wady słuchu i wymowy, faza cyklu miesięcznego i jego regularność) oraz zewnętrznych (m.in. stosowanie środków hormonalnych, urazy głowy i szyi, stosowanie używek) nie różnicował w sposób istotny jakości głosu u mężczyzn i kobiet.
7. U mężczyzn wielkość ciała była istotnie związana z parametrami głosu. Mężczyźni o bardziej niestabilnych głosach (wyższe wartości *jitter* i *shimmer*, niższe wartości HNR) mieli większe obwody ciała. Mężczyźni o bardziej kobiecej barwie głosu (wyższe formanty i ich pochodne) oraz krótszej długości szacowanego toru głosowego (VTL) mieli większe obwody ciała i wyższe BMI. Wszystkie wymienione związki miały podobny kierunek i moc zarówno dla parametrów uzyskanych z wypowiedzianych samogłosek jak i zdania, oraz pozostawały istotne po uwzględnieniu wpływu wieku. Nie potwierdziła się hipoteza, że mężczyźni z większym obwodem szyi mieli istotnie niższy głos.
8. U kobiet wielkość ciała i parametry głosu były istotnie skorelowane. Kobiety o większej masie ciała, BMI oraz obwodach ciała cechowały się głosami o wyższej stabilności (niższy *jitter* i *shimmer*, wyższy HNR) oraz większej głośności. Kobiety o większym obwodzie szyi oraz talii miały niższe głosy, o bardziej męskiej barwie (niższe wartości formantów F1 i F3) oraz dłuższy szacowany tor głosowy (VTL). Kobiety wyższe, o większej masie ciała, cechował dłuższy maksymalny czas fonacji (MPT). Powyższe związki wykazywały podobną moc i kierunek dla parametrów akustycznych uzyskanych dla samogłosek i zdania oraz zwiększały swoją moc po uwzględnieniu wieku, jako zmiennej sterującej.
9. W przypadku mężczyzn, kształt ciała oraz jakość głosu były istotnie powiązane. Mężczyźni o większym obwodzie talii (wyższe wartości WHR i WHtR, bardziej H-kształtna sylwetka) mieli bardziej niestabilne głosy (wyższe wartości *jitter* i *shimmer*, niższe wartości HNR). Mężczyźni o szerszej obręczy barkowej (wyższy SHR, sylwetka V-kształtna) mieli wyższe głosy (wyrażone za pomocą formantów i ich pochodnych) oraz krótszy estymowany tor głosowy (VTL), natomiast mężczyźni o sylwetkach A-kształtnych (szerszych biodrach) głosy niższe. Związki te były istotne dla parametrów głosu dla samogłosek. W przypadku parametrów głosu oszacowanych na podstawie zdania zaobserwowano u mężczyzn zależności o tym samym kierunku i mocy, a ponadto stwierdzono, że mężczyźni o szerszych barkach

(większy SHR) mieli krótszy maksymalny czas fonacji (MPT). Wszystkie powyższe związki pozostały istotne po uwzględnieniu wpływu wieku.

10. Kształt ciała oraz jakość głosu kobiet były istotnie powiązane. Kobiety o szerszych barkach względem bioder (wyższych SHR i niższych WSR; o sylwetkach V-kształtnych) miały głosy wyższe (wyrażone za pomocą formantów i ich pochodnych) oraz o większej niestabilności (wyższe *jitter* i *shimmer*, niższy HNR), natomiast kobiety o większej szerokości bioder (A-kształtnych sylwetkach) głosy niższe i bardziej stabilne. Z kolei kobiety o większym obwodzie talii (wyższych WSR, WCR i WHtR; o sylwetkach H-kształtnych) miały głosy o większej intensywności (głośniejsze), a kobiety o szerszych barkach (wyższym SHR) głosy cichsze. Nie potwierdziła się natomiast hipoteza dotycząca bardziej niestabilnego głosu u kobiet z większym obwodem pasa. Podobne związki zostały zaobserwowane w przypadku samogłosek i wypowiedzanego zdania, a zależności te pozostały istotne po wyłączeniu wpływu wieku.
11. Skład ciała oraz parametry głosu były u mężczyzn istotnie powiązane. Mężczyźni o większej tłuszczowej masie ciała (całkowitej oraz w poszczególnych segmentach ciała), jak i o wyższym poziomie wisceralnej tkanki tłuszczowej (VFL) mieli głosy wyższe (wyższe wartości formantów i ich pochodnych), bardziej niestabilne (wyższy *shimmer*) oraz krótszy szacowany tor głosowy (VTL). Wbrew postawionej, w oparciu o aktualny stan wiedzy, hipotezie nie zaobserwowano u mężczyzn z większą tłuszczową masą ciała krótszego maksymalnego czasu fonacji. Powyższe związki zostały zaobserwowane zarówno dla samogłosek, jak i dla zdania oraz pozostawały istotne po wytrąceniu wieku. Z kolei mężczyźni o większym umięśnieniu ramion i tułowia (większej beztłuszczowej masie tych segmentów) mieli niższe głosy (niższą F0), także po wyłączeniu wpływu wieku. Zależność ta została zaobserwowana jedynie dla parametrów głosu szacowanych na bazie samogłosek – w przypadku analizy wypowiedzanego zdania nie stwierdzono żadnych istotnych związków parametrów akustycznych z beztłuszczową masą ciała mężczyzn.
12. Skład ciała oraz parametry głosu były u kobiet istotnie skorelowane. Odwrotnie niż w postawionej, na podstawie przeglądu literatury, hipotezie kobiety o większej zawartości tłuszczowej masy ciała (niezależnie od jej typu i dystrybucji) miały głosy bardziej stabilne (niższe *jitter* i *shimmer*, wyższy HNR) oraz głośniejsze. Dodatkowo kobiety o wyższym poziomie wisceralnej tkanki tłuszczowej (VFL) cechowały się głosami niższymi (niższe formanty) o bardziej męskiej barwie (niższej dyspersji formantów, Df). Nie zaobserwowano jednakże odwrotnego związku tłuszczowej masy ciała z maksymalnym czasem fonacji, co

zakładano, jako jedną z hipotez na podstawie przeglądu literatury. Związki te miały podobną moc i kierunek zarówno w przypadku wymawiania pojedynczych samogłosek, jak i całego zdania, oraz pozostawały istotne po wytrąceniu wpływu wieku. Kobiety o większym umięśnieniu i mniejszej ilości tkanki tłuszczowej (większej beztłuszczowej masie ciała) cechowały się dłuższym maksymalnym czasem fonacji (MPT); związek ten był nadal istotny statystycznie po uwzględnieniu wpływu wieku. Wbrew zakładanej na podstawie literatury hipotezie nie zaobserwowano występowania głosów niższych (wyrażonych częstotliwością podstawową i formantami) u kobiet o większej beztłuszczowej masie ciała. Nie stwierdzono natomiast żadnych istotnych związków pomiędzy beztłuszczową masą ciała a parametrami głosu uzyskanymi z analizy wypowiedzianego zdania.

13. U mężczyzn, bez względu na wiek, najsilniejszy wpływ na parametry akustyczne głosu miały cechy budowy/składu ciała takie, jak obwody oraz tłuszczowa masa ciała. Mężczyźni o większych obwodach ciała mieli głosy o wyższej niestabilności (wyższym *jitter* i *shimmer*, niższym HNR), niższym tonie (niższej F0) i bardziej kobiecej barwie (wyższych wartościach formantów i ich pochodnych). Mężczyźni o większej tłuszczowej masie ciała mieli głosy wyższe (wyrażone F0), o mniejszej głośności.
14. W przypadku kobiet, bez względu na wiek, najsilniejszy wpływ na parametry akustyczne głosu miały cechy budowy/składu ciała takie, jak obwody ciała, tłuszczowa oraz beztłuszczowa masa ciała. Kobiety o większych obwodach ciała miały głosy o bardziej kobiecej barwie (wyższych formantach oraz ich pochodnych). Z kolei kobiety o większej tłuszczowej masie ciała cechowały się głosami o większej stabilności (niższe *jitter* i *shimmer*, wyższe HNR) i głośności. Ponadto, kobiety starsze miały głosy niższe (wyrażone F0), o większej niestabilności. Kobiety o większym umięśnieniu (większej zawartości beztłuszczowej masy ciała) miały dłuższy maksymalny czas fonacji od kobiet o mniejszej ilości tkanki mięśniowej.
15. Uzyskane wyniki nie pozwalają stwierdzić w sposób jednoznaczny, który materiał głosowy (nagrania izolowanych samogłosek czy zdania wypowiedzianego na głos) jest bardziej przydatny w badaniu związków parametrów akustycznych z budową i składem ciała u ludzi, gdyż niemożliwe jest wyznaczyć konsekwentnego trendu tych zależności.

Wszystkie zaobserwowane zależności dowodzą, że u ludzi, podobnie jak u innych kręgowców, zachodzi związek budowy ciała z jakością wydawanego głosu. Podsumowując,

uzyskane w rozprawie wyniki analiz potwierdziły postawioną hipotezę, że zarówno u mężczyzn, jak i u kobiet, występuje istotny statystycznie związek jakości głosu z budową oraz składem ciała. Wykonane analizy potwierdziły częściowo rezultaty badań innych autorów, którzy zaobserwowali, że jednostki większe cechują się niższymi głosami, o niższych formantach oraz ich pochodnych. Związki te wynikają ze zmienności budowy aparatu głosowego – większe osobniki mają większą krtani (w niej dłuższe fałdy głosowe) oraz dłuższy tor głosowy, co przekłada się w konsekwencji na ich niższe głosy. Dodatkowo zaobserwowano, że osoby starsze mają głosy mniej stabilne, a ich ton zmienia się w różny sposób u mężczyzn i kobiet – u kobiet wysokość głosu (częstotliwość podstawowa F0) z wiekiem się obniża, u mężczyzn podwyższa. Proces ten jest nazywany unifikacją płci - głosy osób starszych obu płci stają się do siebie podobne. Zmiany te są naturalne i wynikają ze starzenia się struktur wchodzących w skład aparatu głosowego oraz z zmian profilu hormonalnego z wiekiem. Związek tłuszczowej masy ciała z parametrami głosu kobiet i mężczyzn może wynikać z wpływu hormonów płciowych, produkowanych przez tkankę tłuszczową, na śluzówkę fałdów głosowych, a w konsekwencji na jakość głosu. Opisany związek beztłuszczowej masy ciała z maksymalnym czasem fonacji u kobiet może być wynikiem większej masy mięśniowej (szczególnie w obszarze mięśni oddechowych, tj. mięśnie międzyżebrowe, czy przepona), natomiast w przypadku mężczyzn prezentowany związek beztłuszczowej masy ramion z wysokością głosu, może wynikać z jednoczesnego wpływu testosteronu na rozwój masy mięśniowej kończyn górnych, jak i na zmiany w strukturze fałdów głosowych, a w konsekwencji ich wydłużenie skutkujące obniżeniem się głosu.

Wszystkie zaobserwowane związki budowy i składu ciała z jakością głosu mężczyzn i kobiet dowodzą występowania wpływu cech fizycznych ciała na parametry wytwarzanego przez nie głosu u obu płci. Zależności te wynikają, w przypadku budowy ciała i głosu, z i) dodatniego związku wielkości i kształtu ciała z rozmiarami krtani (fałdów głosowych) i toru głosowego (głównie długością), ii) odwrotnego związku wymiarów krtani i traktu głosowego z wysokością i barwą głosu. Związki składu ciała i głosu są natomiast najprawdopodobniej spowodowane wpływem hormonów płciowych, produkowanych przez tkankę tłuszczową, na parametry głosu oraz zróżnicowaną mechaniką aparatu oddechowego i fonacyjnego u osób o różnych stosunkach komponenty mięśniowej i tłuszczowej w ciele. Wyniki te sugerują, że wszystkie te mechanizmy powinny być uwzględniane podczas oceny jakości głosu u ludzi.

## Literatura

1. Abitbol, J., Abitbol, P., Abitbol, B. (1999). Sex hormones and the female voice. *Journal of Voice*, 13(3), 424-446.
2. Acurio, J., Celis, C., Perez, J., Escudero, C. (2014). Acoustic parameters and salivary IL-6 levels in overweight and obese teachers. *Journal of Voice*, 28(5), 574-581. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.03.002>
3. Albert, G., Arnocky, S., Puts, D. A., Hodges-Simeon, C. R. (2021). Can listeners assess men's self-reported health from their voice?. *Evolution and Human Behavior*, 42(2), 91-103.
4. Amir, O., Biron-Shental, T. (2004). The impact of hormonal fluctuations on female vocal folds. *Current Opinion in Otolaryngology Head and Neck Surgery*, 12(3), 180-184.
5. Amir, O., Biron-Shental, T., Muchnik, C., Kishon-Rabin, L. (2003). Do oral contraceptives improve vocal quality? Limited trial on low-dose formulations. *Obstetrics Gynecology*, 101(4), 773-777.
6. Amir, O., Biron-Shental, T., Tzenker, O., Barer, T. (2005). Different oral contraceptives and voice quality—an observational study. *Contraception*, 71(5), 348-352.
7. Amir, O., Kishon-Rabin, L., Muchnik, C. (2002). The effect of oral contraceptives on voice: preliminary observations. *Journal of Voice*, 16(2), 267-273.
8. Andersson, M. (1994). *Sexual Selection* (Vol. 72). Princeton University Press.
9. Apicella, C. L., Feinberg, D. R. (2009). Voice pitch alters mate-choice-relevant perception in hunter-gatherers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1659), 1077-1082.
10. Arnocky, S., Hodges-Simeon, C. R., Ouellette, D., Albert, G. (2018). Do men with more masculine voices have better immunocompetence?. *Evolution and Human Behavior*, 39(6), 602-610.
11. Asiaee, M., Vahedian-Azimi, A., Atashi, S. S., Keramatfar, A., Nourbakhsh, M. (2022). Voice quality evaluation in patients with COVID-19: An acoustic analysis. *Journal of Voice*, 36(6), 879-e13.
12. Atkeson, T. D., Marchinton, R. L., Miller, K. V. (1988). Vocalizations of white-tailed deer. *American Midland Naturalist*, 194-200.
13. Aufdemorte, T. B., Sheridan, P. J., Holt, G. R. (1983). Autoradiographic evidence of sex steroid receptors in laryngeal tissues of the baboon (*Papio cynocephalus*). *The Laryngoscope*, 93(12), 1607-1611.
14. Ayoub, M. R., Larrouy-Maestri, P., Morsomme, D. (2019). The effect of smoking on the fundamental frequency of the speaking voice. *Journal of Voice*, 33(5), 802-e11.
15. Bahari, M. H., Van Hamme, H. (2011). Speaker age estimation and gender detection based on supervised non-negative matrix factorization. W *BioMS 2011 - 2011 IEEE Workshop on Biometric Measurements and Systems for Security and Medical Applications, Proceedings* (pp. 27-32). <https://doi.org/10.1109/BIOEMS.2011.6052385>
16. Barsties, B., Verfaillie, R., Roy, N., Maryn, Y. (2013). Do body mass index and fat volume influence vocal quality, phonatory range, and aerodynamics in females?. W *CoDAS* (Vol. 25, pp. 310-318). Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia.



17. Basu, N., Bali, A. S., Weber, P., Rosas-Aguilar, C., Edmond, G., Martire, K. A., Morrison, G. S. (2022). Speaker identification in courtroom contexts–Part I: Individual listeners compared to forensic voice comparison based on automatic-speaker-recognition technology. *Forensic Science International*, 341, 111499.
18. Bhasin, S., Storer, T. W., Berman, N., Callegari, C., Clevenger, B., Phillips, J., Bunnell, T. J., Tricker, R., Shirazi, A. Casaburi, R. (1996). The effects of supraphysiologic doses of testosterone on muscle size and strength in normal men. *New England Journal of Medicine*, 335(1), 1-7.
19. Blouin, K., Boivin, A., Tchernof, A. (2008). Androgens and body fat distribution. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 108(3-5), 272-280.
20. Boersma, Paul Weenink, David (2023). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.3.09, retrieved 2 March 2023 from <http://www.praat.org/>
21. Boles, A., Rad, P. (2017, June). Voice biometrics: Deep learning-based voiceprint authentication system. W *2017 12th System of Systems Engineering Conference (SoSE)* (pp. 1-6). IEEE.
22. Borkowska, B., Pawlowski, B. (2011). Female voice frequency in the context of dominance and attractiveness perception. *Animal Behaviour*, 82(1), 55-59.
23. Bowling, D. L., Garcia, M., Dunn, J. C., Ruprecht, R., Stewart, A., Frommolt, K. H., Fitch, W. T. (2017). Body size and vocalization in primates and carnivores. *Scientific reports*, 7(1), 1-11.
24. Bruckert, L., Liénard, J. S., Lacroix, A., Kreutzer, M., Leboucher, G. (2006). Women use voice parameters to assess men's characteristics. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1582), 83–89. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3265>
25. Bugdol, M. D., Bugdol, M. N., Bieńkowska, M. J., Lipowicz, A., Wijata, A. M., Mitas, A. W. (2020). Adolescent age estimation using voice features. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, 65(4), 429-434.
26. Busetto, L., Calo', E., Mazza, M., De Stefano, F., Costa, G., Negrin, V., Enzi, G. (2009). Upper airway size is related to obesity and body fat distribution in women. *European Archives of Oto-rhino-laryngology*, 266, 559-563.
27. Calosso, G., Puglisi, G. E., Astolfi, A., Castellana, A., Carullo, A., Pellerey, F. (2017). A one-school year longitudinal study of secondary school teachers' voice parameters and the influence of classroom acoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(2), 1055-1066.
28. Campisi, P., Low, A. J., Papsin, B. C., Mount, R. J., Harrison, R. V. (2006). Multidimensional voice program analysis in profoundly deaf children: quantifying frequency and amplitude control. *Perceptual and Motor Skills*, 103(1), 40-50.
29. Cartei, V., Bond, R., Reby, D. (2014). What makes a voice masculine: Physiological and acoustical correlates of women's ratings of men's vocal masculinity. *Hormones and Behavior*, 66(4), 569-576.
30. Celebi, S., Yelken, K., Develioglu, O. N., Topak, M., Celik, O., Ipek, H. D., Kulekci, M. (2013). Acoustic, perceptual and aerodynamic voice evaluation in an obese population. *The Journal of Laryngology and Otology*, 127(10), 987–990. <https://doi.org/10.1017/S0022215113001916>

31. Chan, R. K. (2023). Evidential value of voice quality acoustics in forensic voice comparison. *Forensic Science International*, 348, 111725.
32. Charlton, B. D., Ellis, W. A., McKinnon, A. J., Cowin, G. J., Brumm, J., Nilsson, K., Fitch, W. T. (2011). Cues to body size in the formant spacing of male koala (*Phascolarctos cinereus*) bellows: honesty in an exaggerated trait. *Journal of Experimental Biology*, 214(20), 3414-3422.
33. Chitguppi, C., Raj, A., Meher, R., Rathore, P. K. (2019). Is the voice of professional voice users with no vocal cord lesions similar to that of non professional voice users?. *Journal of Voice*, 33(1), 66-72.
34. Coleman, R. O. (1971). Male and female voice quality and its relationship to vowel formant frequencies. *Journal of Speech and Hearing Research*, 14(3), 565-577.
35. Collins, S. A. (2000). Men's voices and women's choices. *Animal Behaviour*, 60(6), 773–780. <https://doi.org/10.1006/anbe.2000.1523>
36. Collins, S. A., Missing, C. (2003). Vocal and visual attractiveness are related in women. *Animal Behaviour*, 65(5), 997-1004.
37. Colton, R. H., Cooker, H. S. (1968). Perceived nasality in the speech of the deaf. *Journal of Speech and Hearing Research*, 11(3), 553-559.
38. Cooney, O. (1998). *Acoustic Analysis of the Effects of Alcohol on the Human Voice* (Doctoral dissertation, Dublin City University).
39. Çelik, Ö., Celik, A., Ateşpare, A., Boyacı, Z., Çelebi, Ş., Gündüz, T., Aksungar, F. B., Yelken, K. (2013). Voice and speech changes in various phases of menstrual cycle. *Journal of Voice*, 27(5), 622-626.
40. Dabbs Jr, J. M., Mallinger, A. (1999). High testosterone levels predict low voice pitch among men. *Personality and Individual Differences*, 27(4), 801-804.
41. Da Cunha, M. G. B. D., Passerotti, G. H., Weber, R., Zilberstein, B. (2009). Caracterização da voz do indivíduo portador de obesidade mórbida. *ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)*, 22, 76-81.
42. Da Cunha, M. G. B., Passerotti, G. H., Weber, R., Zilberstein, B., Cecconello, I. (2011). Voice feature characteristic in morbid obese population. *Obesity Surgery*, 21, 340-344.
43. Damrose, E. J. (2009). Quantifying the impact of androgen therapy on the female larynx. *Auris Nasus Larynx*, 36(1), 110-112.
44. Das, T. K., Nahar, K. M. (2016). A voice identification system using hidden markov model. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(4), 1-6.
45. Decoster, W., Debruyne, F. (2000). Longitudinal voice changes: facts and interpretation. *Journal of Voice*, 14(2), 184-193.
46. Dehqan, A., Scherer, R. C. (2013). Acoustic analysis of voice: Iranian teachers. *Journal of Voice*, 27(5), 655-e17.
47. Dejonckere, P. H., Crevier-Buchman, L., Marie, J. P., Moerman, M., Remacle, M., Woisard, V. (2003). Implementation of the European Laryngological Society (ELS) basic protocol for assessing voice treatment effect. *Revue de Laryngologie-otologie-rhinologie*, 124(5), 279-283.
48. Dixit, V. M., Sharma, Y. (2014). Voice parameter analysis for the disease detection. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, 9(3), 48-55.

49. Dixon, A. F., Halliwell, G., East, R., Wignarajah, P., Anderson, M. J. (2003). Masculine somatotype and hirsuteness as determinants of sexual attractiveness to women. *Archives of Sexual Behavior*, 32, 29-39.
50. Eichhorn, J. T., Kent, R. D., Austin, D., Vorperian, H. K. (2018). Effects of aging on vocal fundamental frequency and vowel formants in men and women. *Journal of Voice*, 32(5), 644-e1.
51. Ellis, W., Bercovitch, F., FitzGibbon, S., Roe, P., Wimmer, J., Melzer, A., Wilson, R. (2011). Koala bellows and their association with the spatial dynamics of free-ranging koalas. *Behavioral Ecology*, 22(2), 372-377.
52. Enver, N., Doruk, C., Kara, E., Kaşali, K., Asliyukse, H., Basaran, B. (2021). Does size matter in laryngology? Relation between body height and laryngeal morphometry. *Journal of Voice*, 35(2), 291-299.
53. Eravci, F. C., Yildiz, B. D., Özcan, K. M., Moran, M., Colak, M., Karakurt, S. E., Karakuş, M. F., İkinciogullari, A. (2022). Acoustic parameter changes after bariatric surgery. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 47(4), 256-261.
54. Evans, S., Neave, N., Wakelin, D. (2006). Relationships between vocal characteristics and body size and shape in human males: An evolutionary explanation for a deep male voice. *Biological Psychology*, 72(2), 160–163. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.09.003>
55. Evans, S., Neave, N., Wakelin, D., Hamilton, C. (2008). The relationship between testosterone and vocal frequencies in human males. *Physiology Behavior*, 93(4-5), 783-788.
56. Ey, E., Pfefferle, D., Fischer, J. (2007). Do age-and sex-related variations reliably reflect body size in non-human primate vocalizations? A review. *Primates*, 48, 253-267.
57. Fant, G. 1960 *Acoustic Theory of Speech Production*. Haga (Holandia): Mouton.
58. Feinberg, D. R. (2008). Are human faces and voices ornaments signaling common underlying cues to mate value?. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, 17(2), 112-118.
59. Feinberg, D. R., DeBruine, L. M., Jones, B. C., Little, A. C. (2008). Correlated preferences for men's facial and vocal masculinity. *Evolution and Human Behavior*, 29(4), 233-241.
60. Feinberg, D. R., Jones, B. C., Little, A. C., Burt, D. M., Perrett, D. I. (2005). Manipulations of fundamental and formant frequencies influence the attractiveness of human male voices. *Animal Behaviour*, 69(3), 561-568.
61. Fitch, J. L. (1990). Consistency of fundamental frequency and perturbation in repeated phonations of sustained vowels, reading, and connected speech. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55(2), 360–363. <https://doi.org/10.1044/jshd.5502.360>
62. Fitch, W. T. (1997). Vocal tract length and formant frequency dispersion correlate with body size in rhesus macaques. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 102(2), 1213-1222.
63. Fitch, W. T. (1999). Acoustic exaggeration of size in birds via tracheal elongation: comparative and theoretical analyses. *Journal of Zoology*, 248(1), 31-48.
64. Fitch, W. T. (2000). The phonetic potential of nonhuman vocal tracts: comparative cineradiographic observations of vocalizing animals. *Phonetica*, 57(2-4), 205-218.

65. Fitch, W. T., Giedd, J. (1999). Morphology and development of the human vocal tract: A study using magnetic resonance imaging. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106(3), 1511-1522.
66. Fitch, W. T., Hauser, M. D. (2003). Unpacking “honesty”: vertebrate vocal production and the evolution of acoustic signals. *Acoustic Communication*, 65-137.
67. Fletcher, N. H. (2004). A simple frequency-scaling rule for animal communication. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(5), 2334-2338.
68. Franco, D., Fragoso, I., Andrea, M., Teles, J., Martins, F. (2017). Somatotype and body composition of normal and dysphonic adult speakers. *Journal of Voice*, 31(1), 132-e9.
69. Frey, R., Volodin, I., Volodina, E., Soldatova, N. V., Juldachev, E. T. (2011). Descended and mobile larynx, vocal tract elongation and rutting roars in male goitred gazelles (*Gazella subgutturosa* Gldenstaedt, 1780). *Journal of Anatomy*, 218(5), 566-585.
70. Forrest, T. G. (1994). From sender to receiver: propagation and environmental effects on acoustic signals. *American Zoologist*, 34(6), 644-654.
71. Gajda D., Pawłowski B., 2016. Biologia atrakcyjności głosu i śmiechu (rozdz. 7), w: *Biologia Atrakcyjności Człowieka* (red. B. Pawłowski), Warszawa, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego
72. Georgalas, V. L., Kalantzi, N., Harpur, I., Kenny, C. (2021). The effects of caffeine on voice: a systematic review. *Journal of Voice*.
73. Gilroy, R. J., Mangura, B. T., Lavietes, M. H. (1988). Rib cage and abdominal volume displacements during breathing in pregnancy. *The American Review of Respiratory Disease*, 137, 668-672.
74. Gonçalves, M. J., do Lago, S. T. S., de Paiva Godoy, E., de Freitas Fregonezi, G. A., Sousa Bruno, S. (2011). Influence of neck circumference on respiratory endurance and muscle strength in the morbidly obese. *Obesity Surgery*, 21, 1250-1256.
75. González, J. (2004). Formant frequencies and body size of speaker: a weak relationship in adult humans. *Journal of Phonetics*, 32(2), 277-287.
76. González, J. (2007). Correlations between speakers' body size and acoustic parameters of voice. *Perceptual and Motor Skills*, 105(1), 215-220.
77. González, J., Carpi, A. (2004). Early effects of smoking on the voice: a multidimensional study. *Med Sci Monit*, 10(12), 656.
78. Graddol, D., Swann, J. (1983). Speaking fundamental frequency. *Language and Speech*, 26(4), 351–366.
79. Gregory, S. W. (1994). Sounds of power and deference: Acoustic analysis of macro social constraints on micro interaction. *Sociological Perspectives*, 37(4), 497-526.
80. Griggs, R. C., Kingston, W., Jozefowicz, R. F., Herr, B. E., Forbes, G., Halliday, D. (1989). Effect of testosterone on muscle mass and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 66(1), 498-503.
81. Grudziąż-Sękowska, J., Olczak-Kowalczyk, D., Zadurska, M. (2018). Anatomical defects of the masticatory system and speech sound disorders in children aged 7-10 years. *Journal of Stomatology*, 71(1), 15-29.
82. Hamdan, A. L. H., Al Barazi, R., Khneizer, G., Turfe, Z., Sinno, S., Ashkar, J., Tabri, D. (2013). Formant frequency in relation to body mass composition. *Journal of Voice*, 27(5), 567-571.

83. Hamdan, A. L., Al-Barazi, R., Tabri, D., Saade, R., Kutkut, I., Sinno, S., Nassar, J. (2012). Relationship between acoustic parameters and body mass analysis in young males. *Journal of Voice*, 26(2), 144-147.
84. Hamdan, A. L., Ashkar, J., Sibai, A., Oubari, D., Husseini, S. T. (2011). Effect of fasting on voice in males. *American Journal of Otolaryngology*, 32(2), 124-129.
85. Hamdan, A. L., Mahfoud, L., Sibai, A., Seoud, M. (2009). Effect of pregnancy on the speaking voice. *Journal of Voice*, 23(4), 490-493.
86. Hamdan, A. L., Sibai, A., Rameh, C. (2007). Effect of fasting on voice in women. *Journal of Voice*, 21(4), 495-501.
87. Hammer, M. J., Krueger, M. A. (2014). Voice-related modulation of mechanosensory detection thresholds in the human larynx. *Experimental Brain Research*, 232, 13-20.
88. Harries, M., Hawkins, S., Hacking, J., Hughes, I. (1998). Changes in the male voice at puberty: vocal fold length and its relationship to the fundamental frequency of the voice. *The Journal of Laryngology Otology*, 112(5), 451-454.
89. Havel, M., Ertl, L., Bauer, D., Schuster, M., Stelter, K., Sundberg, J. (2014). Resonator properties of paranasal sinuses: preliminary results of an anatomical study. *Rhinology*, 52(2), 178-82.
90. Herbst, K. L., Bhasin, S. (2004). Testosterone action on skeletal muscle. *Current Opinion in Clinical Nutrition Metabolic Care*, 7(3), 271-277.
91. Hill, A. K., Cárdenas, R. A., Wheatley, J. R., Welling, L. L., Burriss, R. P., Claes, P., Apicella, C. L., McDaniel, M. A., Little, A. C., Shriver, M. D., Puts, D. A. (2017). Are there vocal cues to human developmental stability? Relationships between facial fluctuating asymmetry and voice attractiveness. *Evolution and Human Behavior*, 38(2), 249-258.
92. Hirano, M. (1981). Psycho-acoustic evaluation of voice. *Clinical Examination of Voice*, 81-84.
93. Hodges-Simeon, C. R., Gaulin, S. J., Puts, D. A. (2011). Voice correlates of mating success in men: examining “contests” versus “mate choice” modes of sexual selection. *Archives of Sexual Behavior*, 40, 551-557.
94. Hughes, S. M., Dispenza, F., Gallup, G. G. (2004). Ratings of voice attractiveness predict sexual behavior and body configuration. *Evolution and Human Behavior*, 25(5), 295–304. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2004.06.001>
95. Hughes, S. M., Gallup Jr, G. G. (2003). Sex differences in morphological predictors of sexual behavior: Shoulder to hip and waist to hip ratios. *Evolution and Human Behavior*, 24(3), 173-178.
96. Hughes, S. M., Gallup Jr, G. G. (2008). Why Are We Attracted to Certain Voices?. *Emotions In the Human Voice, Volume 2: Clinical Evidence*, 2, 231.
97. Hughes, S. M., Harrison, M. A., Gallup, G. G. (2002). The sound of symmetry. Voice as a marker of developmental instability. *Evolution and Human Behavior*, 23(3), 173–180. [https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(01\)00099-X](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(01)00099-X)
98. Hughes, S. M., Harrison, M. A., Gallup Jr, G. G. (2009). Sex-specific body configurations can be estimated from voice samples. *Journal of Social, Evolutionary, and Cultural Psychology*, 3(4), 343.

99. Hughes, S. M., Pastizzo, M. J., Gallup, G. G. (2008). The sound of symmetry revisited: Subjective and objective analyses of voice. *Journal of Nonverbal Behavior*, 32, 93-108.
100. Inamoto, Y., Saitoh, E., Okada, S., Kagaya, H., Shibata, S., Baba, M., Onogi, K., Hashimoto, S., Katada, K., Wattanapan, P., Palmer, J. B. (2015). Anatomy of the larynx and pharynx: effects of age, gender and height revealed by multidetector computed tomography. *Journal of Oral Rehabilitation*, 42(9), 670-677.
101. Iorga, A., Cunningham, C. M., Moazeni, S., Ruffenach, G., Umar, S., Eghbali, M. (2017). The protective role of estrogen and estrogen receptors in cardiovascular disease and the controversial use of estrogen therapy. *Biology of Sex Differences*, 8(1), 1-16.
102. Izadi, F., Mohseni, R., Daneshi, A., Sandughdar, N. (2012). Determination of fundamental frequency and voice intensity in Iranian men and women aged between 18 and 45 years. *Journal of Voice*, 26(3), 336-340.
103. Jacobson, B. H., Johnson, A., Grywalski, C., Silbergleit, A., Jacobson, G., Benninger, M. S., Newman, C. W. (1997). The voice handicap index (VHI) development and validation. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 6(3), 66-70.
104. Janjić, J., Baltić, M. Ž., Glišić, M., Ivanović, J., Bošković, M., Popović, M., Lovrenović, M. (2016). Relationship between body mass index and body fat percentage among adolescents from Serbian Republic. *Journal of Childhood Obesity*, 1(2).
105. Kahane, J. C. (1982). Growth of the human prepubertal and pubertal larynx. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 25(3), 446-455.
106. Kantarci, F., Mihmanli, I., Demirel, M. K., Harmanci, K., Akman, C., Aydogan, F., Mihmanli, A., Uysal, O. (2004). Normal diaphragmatic motion and the effects of body composition: determination with M- mode sonography. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 23(2), 255-260.
107. Karlsten, T., Sandvik, L., Heimdal, J. H., Aarstad, H. J. (2020). Acoustic voice analysis and maximum phonation time in relation to voice handicap index score and larynx disease. *Journal of Voice*, 34(1), 161-e27.
108. Kasperk, C., Helmboldt, A., Börcsök, I., Heuthe, S., Cloos, O., Niethard, F., Ziegler, R. (1997). Skeletal site-dependent expression of the androgen receptor in human osteoblastic cell populations. *Calcified Tissue International*, 61, 464-473.
109. Kaur, R., Sandhu, R. S., Gera, A., Kaur, T., Gera, P. (2020). Intelligent voice bots for digital banking. W *Smart Systems and IoT: Innovations in Computing: Proceeding of SSIC 2019* (pp. 401-408). Springer Singapore.
110. Kirgezen, T., Sunter, A. V., Yigit, O., Huq, G. E. (2017). Sex hormone receptor expression in the human vocal fold subunits. *Journal of Voice*, 31(4), 476-482.
111. Klasmeyer, G., Sendlmeier, W. F. (2000). Voice and emotional states. *Voice Quality Measurement*, 15, 339-358.
112. Kordsmeyer, T. L., Thies, Y. T., Ekrami, O., Stern, J., Schild, C., Spoiala, C., Claes, P., Van Dongen, S., Penke, L. (2020). No evidence for an association between facial fluctuating asymmetry and vocal attractiveness in men or women. *Evolutionary Human Sciences*, 2, e35.
113. Krasnodębska P, Szkiełkowska A. (2016). Direct and indirect mucosal wave imaging techniques. *Polski Merkuriusz Lekarski XL(238)*: 260–263

114. Krasnodębska, P., Wolak, T., Szkielkowska, A. (2020). Proces tworzenia głosu–przeгляд aktualnej literatury przedmiotu. *Nowa Audiofonologia*, 6(4), 16-20.
115. Krishnan, G., Ghosh PG, V. (2017). Immediate effect of alcohol on voice tremor parameters and speech motor control. *Journal of Alcohol and Drug Education*, 61(2), 25-39.
116. Kuryłowicz, A. (2023). Estrogens in Adipose Tissue Physiology and Obesity-Related Dysfunction. *Biomedicines*, 11(3), 690.
117. Lahav, Y., Adi, M., Arberboy, E., Halperin, D., Shoffel-Havakuk, H., Cohen, O. (2021). Relations between body mass index, laryngeal fat pads, and laryngeal airway configuration in adult men population. *International Journal of Obesity*, 45(2), 288-295.
118. Lass, N. J., Brong, G. W., Ciccolella, S. A., Walters, S. C., Maxwell, E. L. (1980). An investigation of speaker height and weight discriminations by means of paired comparison judgments. *Journal of Phonetics*, 8(2), 205-212.
119. Lass, N. J., Davis, M. (1976). An investigation of speaker height and weight identification. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 60(3), 700-703.
120. Lee, B. J., Kim, K. H., Ku, B., Jang, J. S., Kim, J. Y. (2013). Prediction of body mass index status from voice signals based on machine learning for automated medical applications. *Artificial Intelligence in Medicine*, 58(1), 51-61.
121. Lee, B., Sidtis, D. V. L. (2017). The bilingual voice: Vocal characteristics when speaking two languages across speech tasks. *Speech, Language and Hearing*, 20(3), 174-185.
122. Lemieux, S., Prud'homme, D., Bouchard, C., Tremblay, A., Després, J. P. (1993). Sex differences in the relation of visceral adipose tissue accumulation to total body fatness. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 58(4), 463-467.
123. Linders, B., Massa, G. G., Boersma, B., Dejonckere, P. H. (1995). Fundamental voice frequency and jitter in girls and boys measured with electroglottography: influence of age and height. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 33(1), 61-65.
124. Ma, E. P. M., Wu, M. C. K. (2020). Age estimation from voice in the Cantonese elderly population: influence of listener's age and stimulus types. *Speech, Language and Hearing*, 23(4), 243–249. <https://doi.org/10.1080/2050571X.2019.1634348>
125. Mahadevan, S., Ali, I. (2016). Is body mass index a good indicator of obesity?. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 36, 140-142.
126. Maisey, D. S., Vale, E. L., Cornelissen, P. L., Tovée, M. J. (1999). Characteristics of male attractiveness for women. *Lancet*, 353, 1500
127. Manning, W. H., Moore, J. N., Dunham, M. J., Lu, F. L., Domico, E. (1992). Vowel production in a prelinguistic child following cochlear implantation. *Journal of the American Academy of Audiology*, 3(1), 16-21.
128. Martin, K., Tucker, M. A., Rogers, T. L. (2017). Does size matter? Examining the drivers of mammalian vocalizations. *Evolution*, 71(2), 249-260.
129. Martins, R. H. G., Pereira, E. R. B. N., Hidalgo, C. B., Tavares, E. L. M. (2014). Voice disorders in teachers. A review. *Journal of Voice*. Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.02.008>
130. Maslan, J., Leng, X., Rees, C., Blalock, D., & Butler, S. G. (2011). Maximum phonation time in healthy older adults. *Journal of Voice*, 25(6), 709-713.

131. Mason, C., Craig, C. L., Katzmarzyk, P. T. (2008). Influence of central and extremity circumferences on all- cause mortality in men and women. *Obesity*, 16(12), 2690-2695.
132. Mayes, J. S., Watson, G. H. (2004). Direct effects of sex steroid hormones on adipose tissues and obesity. *Obesity Reviews*, 5(4), 197-216.
133. May-Collado, L. J., Agnarsson, I., Wartzok, D. (2007). Phylogenetic review of tonal sound production in whales in relation to sociality. *BMC Evolutionary Biology*, 7(1), 1-20.
134. McComb, K., Reby, D., Baker, L., Moss, C., Sayialel, S. (2003). Long-distance communication of acoustic cues to social identity in African elephants. *Animal Behaviour*, 65(2), 317-329.
135. Meilán, J. J. G., Martínez-Sánchez, F., Carro, J., López, D. E., Millian-Morell, L., & Arana, J. M. (2014). Speech in Alzheimer's disease: can temporal and acoustic parameters discriminate dementia?. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 37(5-6), 327-334.
136. Mitchell, P. (1990). Social behaviour and communication of koalas. *Biology of the Koala*. (Eds AK Lee, KA Handasyde and GD Sanson.) pp, 151-170.
137. Morton, E. S. (1975). Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist*, 109(965), 17-34.
138. Munjal, S., Sharma, A., Chhabra, N., Panda, N. (2021). Perceptual, aerodynamic and acoustic evaluation of vocal characteristics in subjects with obesity. *Journal of Voice*. Article in Press.
139. Musholt, T. J., Musholt, P. B., Garm, J., Napiótek, U., Keilmann, A. (2006). Changes of the speaking and singing voice after thyroid or parathyroid surgery. *Surgery*, 140(6), 978-989.
140. Myszel, K., Szkiełkowska, A. (2020). Development of voice in hearing-impaired individuals: overview of physiopathological aspects. *Journal of Hearing Science*, 10(3).
141. Narasimhan, S. V., Pooja, M. (2022). Vocal Changes in Different Phases of Menstrual Cycle: An Evidence from the Acoustic, Cepstral, and Spectral Analysis. *Journal of Indian Speech Language Hearing Association*, 36(1).
142. Neubauer, C., Chollet, M., Mozgai, S., Dennison, M., Khooshabeh, P., Scherer, S. (2017, November). The relationship between task-induced stress, vocal changes, and physiological state during a dyadic team task. W *Proceedings of the 19th ACM International Conference on Multimodal Interaction* (pp. 426-432).
143. Newman, S. R., Butler, J., Hammond, E. H., Gray, S. D. (2000). Preliminary report on hormone receptors in the human vocal fold. *Journal of Voice*, 14(1), 72-81.
144. Niebudek-Bogusz E., Fiszer M., Kotyło P., Just M., Śliwińska-Kowalska M. (2004). Ocena parametrów analizy akustycznej głosu u zdrowych kobiet, *Otolaryngologia*, 3(1): 33-39.
145. Niebudek-Bogusz, E., Kuzańska, A., Woźnicka, E., Kopczyński, J., Śliwińska-Kowalska, M. (2008). Samoocena głosu za pomocą wskaźnika niepełnosprawności głosowej VHI u pacjentów z porażeniem fałdów głosowych. *Otorynolaryngologia*, 7(4), 196-201.
146. Niebudek-Bogusz, E., Kuzanska, A., Woznicka, E., Sliwinska-Kowalska, M. (2007). Ocena zaburzen głosu u nauczycieli za pomoca wskaźnika niepełnosprawności głosowej (voice handicap index-vhi)\* / voice disorders in female teachers assessed by voice handicap index, *Medycyna Pracy*, 58(5), 393.



147. Niebudek-Bogusz, E., Strumillo, P., Wiktorowicz, J., Sliwiska-Kowalska, M. (2013). Porównanie wyników analizy cepstralnej z innymi parametrami oceny głosu u pacjentów z dysfoniami zawodowymi/comparison of cepstral coefficients to other voice evaluation parameters in patients with occupational dysphonia. *Medycyna Pracy*, 64(6), 805.
148. Oguchi, T., Kikuchi, H. (1997). Voice and interpersonal attraction. *Japanese Psychological Research*, 39(1), 56-61.
149. Olszewski, J., Nowosielska- Grygiel, J. (2017). Nowe metody diagnostyczne oceny czynności głosu dla potrzeb foniatry i logopedy.
150. Pasquali, R., & Oriolo, C. (2019). Obesity and androgens in women. *Hyperandrogenism in Women*, 53, 120-134.
151. Pavela Banai, I. (2017). Voice in different phases of menstrual cycle among naturally cycling women and users of hormonal contraceptives. *Plos One*, 12(8), e0183462.
152. Pawelec, Ł. P., Graja, K., Lipowicz, A. (2022 a). Vocal indicators of size, shape and body composition in polish men. *Journal of Voice*, 36(6), 878-e9.
153. Pawelec, Ł., Kierczak, K., Lipowicz, A. (2022 b). Assessment of the obesity based on voice perception. *Anthropological Review*, 85(4), 43-60.
154. Pedersen, S. B., Fuglsig, S., Sjøgren, P., Richelsen, B. (1996). Identification of steroid receptors in human adipose tissue. *European Journal of Clinical Investigation*, 26(12), 1051-1056.
155. Perini, T. A., Oliveira, G. L. D., Ornellas, J. D. S., Oliveira, F. P. D. (2005). Technical error of measurement in anthropometry. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11, 81-85.
156. Perry, T. L., Ohde, R. N., Ashmead, D. H. (2001). The acoustic bases for gender identification from children's voices. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(6), 2988-2998.
157. Peters, G., Peters, M. K. (2010). Long-distance call evolution in the Felidae: effects of body weight, habitat, and phylogeny. *Biological Journal of the Linnean Society*, 101(2), 487-500.
158. Pietraszewski, D., Wertz, A. E., Bryant, G. A., Wynn, K. (2017). Three-month-old human infants use vocal cues of body size. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1856), 20170656.
159. Pisanski, K., Anikin, A., Reby, D. (2022). Vocal size exaggeration may have contributed to the origins of vocalic complexity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 377(1841), 20200401.
160. Pisanski, K., Bhardwaj, K., Reby, D. (2018). Women's voice pitch lowers after pregnancy. *Evolution and Human Behavior*, 39(4), 457-463.
161. Pisanski, K., Fraccaro, P. J., Tigue, C. C., O'Connor, J. J. M., Röder, S., Andrews, P. W., Fink, P. W., DeBruine, B., Jones, L. M., Feinberg, D. R. (2014). Vocal indicators of body size in men and women: A meta-analysis. *Animal Behaviour*, 95, 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.06.011>
162. Pisanski, K., Jones, B. C., Fink, B., O'Connor, J. J. M., DeBruine, L. M., Röder, S., Feinberg, D. R. (2016a). Voice parameters predict sex-specific body morphology in men and women. *Animal Behaviour*, 112, 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.11.008>

163. Pisanski, K., Mishra, S., Rendall, D. (2012). The evolved psychology of voice: evaluating interrelationships in listeners' assessments of the size, masculinity, and attractiveness of unseen speakers. *Evolution and Human Behavior*, 33(5), 509-519.
164. Pisanski, K., Oleszkiewicz, A., Sorokowska, A. (2016b). Can blind persons accurately assess body size from the voice?. *Biology Letters*, 12(4), 20160063.
165. Pisanski, K., Reby, D. (2021). Efficacy in deceptive vocal exaggeration of human body size. *Nature Communications*, 12(1), 968.
166. Pisanski, K., Rendall, D. (2011). The prioritization of voice fundamental frequency or formants in listeners' assessments of speaker size, masculinity, and attractiveness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129(4), 2201-2212.
167. Plucińska, M. (2014). Krótki przegląd technik biometrycznych do rozpoznawania osób. *Elektronika: Konstrukcje, Technologie, Zastosowania*, 55(3), 80-83.
168. Pribušienė, R., Uloza, V., Šaferis, V. (2005). Multidimensional voice analysis of reflux laryngitis patients. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology and Head Neck*, 262, 35-40.
169. Pruszewicz, A. (2002). Methods of voice organ examination. *Postępy w chirurgii głowy i szyi/Advances in Head and Neck Surgery*, 1(2), 3-25.
170. Pruszewicz, A., Obrębowski, A., Wiskirska-Woźnica, B., Wojnowski, W. W. (2004). sprawie kompleksowej oceny głosu–własna modyfikacja testu samooceny niesprawności głosu (Voice Handicap Index). *Otolaryngol Pol*, 58(3), 547-9.
171. Puts, D. A. (2005). Mating context and menstrual phase affect women's preferences for male voice pitch. *Evolution and Human Behavior*, 26(5), 388-397.
172. Puts, D. A., Apicella, C. L., Cárdenas, R. A. (2012). Masculine voices signal men's threat potential in forager and industrial societies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1728), 601-609.
173. Puts, D. A., Barndt, J. L., Welling, L. L., Dawood, K., Burriss, R. P. (2011). Intrasexual competition among women: Vocal femininity affects perceptions of attractiveness and flirtatiousness. *Personality and Individual Differences*, 50(1), 111-115.
174. Puts, D. A., Gaulin, S. J., Verdolini, K. (2006). Dominance and the evolution of sexual dimorphism in human voice pitch. *Evolution and Human Behavior*, 27(4), 283-296.
175. Puts, D. A., Hill, A. K., Bailey, D. H., Walker, R. S., Rendall, D., Wheatley, J. R., Welling, L. L. M., Dawood, K., Cárdenas, R., Burriss, R. P., Jablonski, L. G., Shriver, M. D., Weiss, D., Lameira, A. R., Apicella, C. L., Owren, M. J., Barelli, C., Glenn, M. E., Ramos-Fernandez, G. (2016). Sexual selection on male vocal fundamental frequency in humans and other anthropoids. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1829), 20152830.
176. Puts, D. A., Hodges, C. R., Cárdenas, R. A., Gaulin, S. J. (2007). Men's voices as dominance signals: vocal fundamental and formant frequencies influence dominance attributions among men. *Evolution and Human Behavior*, 28(5), 340-344.
177. Rabijewski, M., Kozakowski, J., Zgliczyński, W. (2005). The relationship between testosterone and dehydroepiandrosterone sulfate concentrations, insulin resistance and visceral obesity in elderly men. *Endokrynologia Polska*, 56(6), 897-903.

178. Raine, J., Pisanski, K., Oleszkiewicz, A., Simner, J., Reby, D. (2018). Human listeners can accurately judge strength and height relative to self from aggressive roars and speech. *IScience*, 4, 273-280.
179. Raine, J., Pisanski, K., Simner, J., Reby, D. (2019). Vocal communication of simulated pain. *Bioacoustics*, 28(5), 404-426.
180. Raj, A., Gupta, B., Chowdhury, A., Chadha, S. (2010). A study of voice changes in various phases of menstrual cycle and in postmenopausal women. *Journal of Voice*, 24(3), 363-368.
181. Ramel, A., Halldorsson, T. I., Tryggvadottir, E. A., Martinez, J. A., Kiely, M., Bandarra, N. M., Thorsdottir, I. (2013). Relationship between BMI and body fatness in three European countries. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(3), 254-258.
182. Ramig, L. A., Ringel, R. L. (1983). Effects of physiological aging on selected acoustic characteristics of voice. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 26(1), 22-30.
183. Ramsier, M. A., Cunningham, A. J., Finneran, J. J., Dominy, N. J. (2012). Social drive and the evolution of primate hearing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1597), 1860-1868.
184. Reby, D., McComb, K. (2003). Anatomical constraints generate honesty: acoustic cues to age and weight in the roars of red deer stags. *Animal Behaviour*, 65(3), 519-530.
185. Rendall, D., Kollias, S., Ney, C., Lloyd, P. (2005). Pitch (F 0) and formant profiles of human vowels and vowel-like baboon grunts: The role of vocalizer body size and voice-acoustic allometry. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(2), 944-955.
186. Rendall, D., Vokey, J. R., Nemeth, C. (2007). Lifting the curtain on the Wizard of Oz: biased voice-based impressions of speaker size. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(5), 1208.
187. Riede, T., Fitch, T. (1999). Vocal tract length and acoustics of vocalization in the domestic dog (*Canis familiaris*). *Journal of Experimental Biology*, 202(20), 2859-2867.
188. Rodney, J. P., Sataloff, R. T. (2016). The effects of hormonal contraception on the voice: history of its evolution in the literature. *Journal of Voice*, 30(6), 726-730.
189. Rojas, S., Kefalianos, E., Vogel, A. (2020). How does our voice change as we age? A systematic review and meta-analysis of acoustic and perceptual voice data from healthy adults over 50 years of age. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(2), 533-551.
190. Rothkrantz, L. J., Wiggers, P., Van Wees, J. W. A., van Vark, R. J. (2004). Voice stress analysis. W *Text, Speech and Dialogue: 7th International Conference, TSD 2004, Brno, Czech Republic, September 8-11, 2004. Proceedings 7* (pp. 449-456). Springer Berlin Heidelberg.
191. Rykova, E., Werner, S. (2019). Perceptual and acoustic analysis of voice similarities between parents and young children. W *Proceedings of the 22nd Nordic Conference on Computational Linguistics* (pp. 262-271).
192. San Segundo, E., Tsanas, A., Gómez-Vilda, P. (2017). Euclidean distances as measures of speaker similarity including identical twin pairs: a forensic investigation using source and filter voice characteristics. *Forensic Science International*, 270, 25-38.

193. Santana, É. R., Masson, M. L. V., Araújo, T. M. (2017). The effect of surface hydration on teachers' voice quality: an intervention study. *Journal of Voice*, 31(3), 383-e5.
194. Sataloff, R. T., Kost, K. M. (2020). The Effects of Age on the Voice, Part 1. *Journal of Singing*, 77(1), 63-70.
195. Sataloff, R. T., Kost, K. M., Linville, S. E. (2017). The effects of age on the voice. *Clinical Assessment of Voice*, 2nd ed.; Sataloff, RT, Ed, 221-240.
196. Sell, A., Bryant, G. A., Cosmides, L., Tooby, J., Sznycer, D., Von Rueden, C., Krauss, A., Gurven, M. (2010). Adaptations in humans for assessing physical strength from the voice. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1699), 3509-3518.
197. Schutz, Y., Kyle, U. U. G., Pichard, C. (2002). Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18–98 y. *International Journal of Obesity*, 26(7), 953-960.
198. Silventoinen, K. (2003). Determinants of variation in adult body height. *Journal of Biosocial Science*, 35(2), 263-285.
199. Smeltzer, R. K. (2017). *Body Weight, Nutrition, and the Classical Singer: A Review of the Existing Literature*. University of Miami.
200. Solomon, N. P., Helou, L. B., Dietrich-Burns, K., Stojadinovic, A. (2011). Do obesity and weight loss affect vocal function?. W *Seminars in Speech and Language* (Vol. 32, No. 01, pp. 031-042). © Thieme Medical Publishers.
201. Sondhi, S., Khan, M., Vijay, R., Salhan, A. K. (2015). Vocal indicators of emotional stress. *International Journal of Computer Applications*, 122(15), 38-43.
202. Sorokowski, P., Puts, D., Johnson, J., Żółkiewicz, O., Oleszkiewicz, A., Sorokowska, A., Kowal, M., Borkowska, B., Pisanski, K. (2019). Voice of authority: professionals lower their vocal frequencies when giving expert advice. *Journal of Nonverbal Behavior*, 43, 257-269.
203. Souza, L. B. R. D., Pereira, R. M., Santos, M. M. D., Godoy, C. M. D. A. (2014). Fundamental frequency, phonation maximum time and vocal complaints in morbidly obese women. *ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)*, 27, 43-46.
204. Souza, L. B. R. D., Santos, M. M. D. (2018). Body mass index and acoustic voice parameters: is there a relationship?. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 84, 410-415.
205. Souza, L. B. R., da Silva Rocha, G., da Silva Lima, D. M. (2017). Neck circumference and acoustic parameters of the voice. *Revista de Logopedia, Foniatria y Audiología*, 37(2), 86-91.
206. Stathopoulos, E. T., Huber, J. E., Sussman, J. E. (2011). Changes in acoustic characteristics of the voice across the life span: Measures from individuals 4–93 years of age.
207. Story, B. H., Titze, I. R. (1995). Voice simulation with a body- cover model of the vocal folds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(2), 1249-1260.
208. Subramaniam, V., Kumar, P. (2009). Impact of tonsillectomy with or without adenoidectomy on the acoustic parameters of the voice: a comparative study. *Archives of Otolaryngology–Head Neck Surgery*, 135(10), 966-969.
209. Sunberg J. The science of the singing voice, De Kalb, Illinois, *Northern Illinois University Press*, 1987

210. Swami, V., Tovée, M. J. (2005). Male physical attractiveness in Britain and Malaysia: A cross-cultural study. *Body Image*, 2(4), 383-393.
211. Tadeusiewicz, R. (1988). *Sygnal mowy*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa
212. Takaki, P. B., Vieira, M. M., Said, A. V., Bommarito, S. (2018). Does body mass index interfere in the formation of speech formants?. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 22, 45-49.
213. Tarafder, K. H., Datta, P. G., Tariq, A. (2012). The aging voice. *Bangabandhu Sheikh Mujib Medical University Journal*, 5(1), 83-86.
214. Teixeira, J. P., Oliveira, C., Lopes, C. (2013). Vocal acoustic analysis—jitter, shimmer and hnr parameters. *Procedia Technology*, 9, 1112-1122.
215. Titze, I. R. (1994). Fluctuations and perturbations in vocal output. *Principles of Voice Production*, 209-306. Iowa City (USA). National Center for Voice and Speech.
216. Titze, I. R. (2011). Vocal Fold Mass Is Not A Useful Quantity for Describing F0 in Vocalization. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54, 520-522.
217. Titze, I. R., Martin, D. W. (1998). Principles of Voice Production. *Acoustical Society of America Journal*, 104(3), 1148.
218. Titze, I. R., Winholtz, W. S. (1993). Effect of microphone type and placement on voice perturbation measurements. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 36(6), 1177-1190.
219. Tykalova, T., Skrabal, D., Boril, T., Cmejla, R., Volin, J., Rusz, J. (2021). Effect of ageing on acoustic characteristics of voice pitch and formants in Czech vowels. *Journal of Voice*, 35(6), 931-e21.
220. Ungor, C., Saridoğan, Ç., Yilmaz, M., Tosun, E., Senel, F. C., Icten, O. (2013). An acoustical analysis of the effects of maxillary sinus augmentation on voice quality. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 115(2), 175-184.
221. Urban, R. J., Bodenbun, Y. H., Gilkison, C., Foxworth, J., Coggan, A. R., Wolfe, R. R., Ferrando, A. (1995). Testosterone administration to elderly men increases skeletal muscle strength and protein synthesis. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 269(5), E820-E826.
222. Valentova, J. V., Varella, M. A. C., Havlíček, J., Kleisner, K. (2017). Positive association between vocal and facial attractiveness in women but not in men: a cross-cultural study. *Behavioural Processes*, 135, 95-100.
223. Van den Berg, J. (1958). Myoelastic-aerodynamic theory of voice production. *Journal of Speech and Hearing Research*, 1(3), 227-244.
224. Van Dommelen, W. A., Moxness, B. H. (1995). Acoustic parameters in speaker height and weight identification: sex-specific behaviour. *Language and Speech*, 38(3), 267-287.
225. Voelter, C., Kleinsasser, N., Joa, P., Nowack, I., Martinez, R., Hagen, R., Voelker, H. U. (2008). Detection of hormone receptors in the human vocal fold. *European Archives of Oto-rhino-laryngology*, 265, 1239-1244.
226. Weinberger, S. E., Weiss, S. T., Cohen, W. R., Weiss, J. W., Johnson, T. S. (1980). Pregnancy and the lung. *American Review of Respiratory Disease*, 121(3), 559-581.
227. Winter, B., Grawunder, S. (2012). The phonetic profile of Korean formal and informal speech registers. *Journal of Phonetics*, 40(6), 808-815.

228. Wolfe, V., Fitch, J., Cornell, R. (1995). Acoustic prediction of severity in commonly occurring voice problems. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 38(2), 273-279.
229. Wolfe, V. I., Ratusnik, D. L., Smith, F. H., Northrop, G. (1990). Intonation and fundamental frequency in male-to-female transsexuals. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55(1), 43-50.
230. World Health Organization. (2011). Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation, Geneva, 8-11 December 2008.
231. Woźnicka, E., Niebudek-Bogusz, E., Śliwińska-Kowalska, M. (2011). Ocena efektów terapii głosu w dysfonii porażennej - studium przypadku. *Otorynolaryngologia*, 10(3).
232. Ylihèrsilè, H., Kajantie, E., Osmond, C., Forsén, T., Barker, D. J., Eriksson, J. G. (2008). Body mass index during childhood and adult body composition in men and women aged 56–70 y. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(6), 1769-1775.
233. Zamponi, V., Mazzilli, R., Mazzilli, F., Fantini, M. (2021). Effect of sex hormones on human voice physiology: from childhood to senescence. *Hormones*, 20(4), 691-696.
234. Zhang, Z. (2016). Mechanics of human voice production and control. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), 2614-2635.
235. Ziwei, Y., Zheng, P., Pin, D. (2014). Multiparameter voice assessment for voice disorder patients: a correlation analysis between objective and subjective parameters. *Journal of Voice*, 28(6), 770-774.

## Aneks

### Załącznik 1. Ankieta wstępna

#### Ankieta wstępna do badania głosu

Jestem doktorantem Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Proszę o wypełnienie krótkiej ankiety wstępnej. Wyniki uzyskane przy pomocy kwestionariusza posłużą mi do napisania rozprawy doktorskiej lub do stworzenia publikacji naukowej. Pani/Pana dane zostaną użyte jedynie do celów zbiorczej analizy statystycznej, dane osobowe nie będą nigdzie upubliczniane. Proszę o udzielenie jak najszczerszych odpowiedzi.

Dziękuję!

#### KOD

W polu KOD proszę wpisać swój własny indywidualny KOD składający się z inicjałów, dnia i miesiąca urodzenia oraz ostatniej cyfry roku, np. Jan Kowalski urodzony 1 stycznia 1985 roku ma KOD: JK01015

1. KOD \_\_\_\_\_
2. Płeć  mężczyzna  kobieta
3. Data urodzenia \_\_\_\_\_
4. Wysokość ciała [cm] \_\_\_\_\_
5. Masa ciała [kg] \_\_\_\_\_
7. Czy przyjmuje Pan/Pani jakiegokolwiek środki hormonalne?  
 Nie  
 Tak, doustne środki antykoncepcyjne  
 Tak, sterydy anaboliczne  
 Tak, hormon wzrostu  
 Inne (proszę wpisać): \_\_\_\_\_
8. Czy w chwili obecnej jest Pan/Pani przeziębiony/a (kaszel, katar, ból gardła)?  
 Tak  
 Nie
9. Czy kiedykolwiek miał/a Pan/Pani uraz lub interwencję medyczną w okolicy głowy lub szyi?  
 NIE  
 Uraz zatok przynosowych  
 Operację zatok przynosowych  
 Złamany nos  
 Prostowanie przegrody nosa  
 Rozszczep podniebienia  
 Uraz żuchwy lub szczęki  
 Wada zgryzu (przodozgryz)  
 Wada zgryzu (tyłozgryz)  
 Inna wada zgryzu  
 Aparat ortodontyczny (noszę obecnie)  
 Usunięcie migdałków podniebiennych  
 Operację krtani  
 Inne (proszę wpisać): \_\_\_\_\_
10. Czy ma Pan/Pani wadę wymowy?  
 Tak  
 Nie

11. Czy pali Pan/Pani papierosy/e-papierosy? Jeśli tak, to w polu "inne" proszę napisać ile dziennie średnio

Nie

Inne (proszę wpisać): \_\_\_\_\_

12. Czy ma Pan/Pani wadę słuchu?

Nie

Tak

13. Czy spożywał/a Pan/Pani wczorajszego wieczoru/nocy alkohol? Jeśli tak, to w polu "inne" proszę napisać jaki oraz ile (objętościowo)

Nie

Inne (proszę wpisać): \_\_\_\_\_

14. Czy nadużywa Pan/Pani głosu?

Nie

Tak, śpiewam w zespole/chórze

Inne (proszę wpisać): \_\_\_\_\_

### **Część dla kobiet**

16. Wiek pierwszej miesiączki (w latach): \_\_\_\_\_

17. Czy miesiączkuje Pani regularnie?

Tak

Nie

Jestem w/po menopauzie

Jestem w ciąży

18. Ile dni trwa Pani cykl miesięczkowy? \_\_\_\_\_

19. Ile dni trwa Pani krwawienie miesięczne (menstruacja)? \_\_\_\_\_

20. Proszę podać datę pierwszego dnia ostatniej miesiączki: \_\_\_\_\_

21. Orientacja seksualna? \_\_\_\_\_

22. Antykoncepcja hormonalna? \_\_\_\_\_



## Załącznik 2. Wzory do obliczania pochodnych formantowych

(na podstawie pracy Pisanski i in. 2014)

1) Średnia częstotliwość formantów (Pisanski i Rendall 2011):

$$Fn = \frac{\sum_{i=1}^n Fi}{n} \quad (\text{A1})$$

gdzie:

$F_n$  – średnia częstotliwość formantów [w Hz]

$F_i$  – częstotliwość  $i$ -tego formantu [w Hz]

$n$  – całkowita liczba formantów (dla człowieka  $n = 4$ )

2) Standaryzowana średnia częstotliwość formantów (Puts i in. 2012):

$$P_f = \frac{\sum_{i=1}^n F'_i}{n} \quad (\text{A2})$$

gdzie:

$P_f$  – standaryzowana śr. częstotliwość formantów (ang. *formant position*) [w Z (Hz)]

$F'_i$  – standaryzowana śr. częstotliwość  $i$ -tego formantu [w Hz]

$n$  – całkowita liczba formantów (dla człowieka  $n = 4$ )

3) Dyspersja formantów (Fitch 1997):

$$D_f = \frac{\sum_{i=1}^n (F_{i+1} - F_i)}{n-1} \quad (\text{A3})$$

gdzie:

$D_f$  – średnia dyspersja formantów (ang. *formant dispersion*) [w Hz]

$F_i$  – częstotliwość  $i$ -tego formantu [w Hz]

$n$  – całkowita liczba formantów (dla człowieka  $n = 4$ )

4) Odstęp formantowy (najlepsze dopasowanie prostej regresji do wartości wszystkich formantów)(Reby i McComb 2003):

$$\Delta F = \frac{\sum_{i=1}^n 2F_i}{\sum_{i=1}^n (2i-1)} \quad (\text{A4})$$

gdzie:

$\Delta F$  – odstęp formantowy (ang. *formant spacing*) – współczynnik kierunkowy równania regresji liniowej [w Hz]

$F_i$  – częstotliwość  $i$ -tego formantu [w Hz]

$i$  - numer formantu

$n$  – całkowita liczba formantów (dla człowieka  $n = 4$ )

5) Szacowana długość toru głosowego (Fitch 1997; Titze 1994):

$$VTL = \frac{\sum_{i=1}^n (2i-1) * (c/4F_i)}{n} \quad (\text{A5})$$

gdzie:

$VTL$  – szacowana dł. toru głosowego (ang. *vocal tract length*) [w cm]

$F_i$  – częstotliwość  $i$ -tego formantu [w Hz]

$i$  - numer formantu

$n$  – całkowita liczba formantów (dla człowieka  $n = 4$ )

$c$  – prędkość dźwięku w jednolitej rurze zamkniętej z jednej strony ( $c = 33\,5000$  cm/s)

**Załącznik 3. Tabele z kryteriami włączenia i parametrami głosu (I-XXII)**

**Tabela I Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od stosowania środków hormonalnych u kobiet i mężczyzn**

Środki hormonalne	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=72)			tak (n=9)			Wartość testu		nie (n=93)			tak (n=31)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	33,2	112,5	9,7	11,5	98,6	6,0	1,6	0,1093	40,3	197,1	13,1	45,6	203,0	21,4	-0,8	0,3974
Jitter (local) [%]	31,7	0,4	0,1	40,5	0,5	0,2	-0,6	0,5177	39,6	0,4	0,1	47,7	0,4	0,1	-1,3	0,1985
Shimmer (local) [%]	32,5	4,1	1,5	32,0	4,0	1,9	0,0	0,9846	39,4	3,2	1,3	48,4	4,4	2,2	-1,4	0,1499
HNR [dB]	32,9	18,4	2,2	20,5	16,3	2,0	0,9	0,3645	44,0	21,3	2,5	33,1	20,3	2,7	1,8	0,0787
Głośność [dB]	32,1	74,8	7,4	44,5	81,4	6,1	-0,9	0,3645	42,9	72,5	5,9	36,7	71,3	7,2	1,0	0,3226
F1 [Hz]	32,4	569,1	59,3	35,0	568,2	13,2	-0,2	0,8622	38,5	591,7	38,0	51,4	633,4	68,1	-2,1	0,0399
F2 [Hz]	32,4	1566,7	199,0	36,0	1622,0	39,3	-0,3	0,8020	40,0	1609,1	121,0	46,3	1678,1	393,0	-1,0	0,3173
F3 [Hz]	33,1	2813,9	148,3	13,0	2625,8	123,1	1,5	0,1374	40,0	2924,3	128,8	46,4	2978,9	487,4	-1,0	0,3120
F4 [Hz]	32,5	3731,0	141,9	32,5	3739,8	58,4	-0,0	0,9846	41,2	4044,4	184,9	42,6	4051,6	598,7	-0,2	0,8260

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney'a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney'a

**Tabela II Parametry głosu (dla zdania) w zależności od stosowania środków hormonalnych u kobiet i mężczyzn**

Środki hormonalne	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=72)			tak (n=9)			Wartość testu		nie (n=93)			tak (n=31)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	32,8	122,6	12,7	7,0	105,0	2,4	1,9	0,0523	40,3	202,9	15,2	45,5	217,3	18,4	-0,8	0,4098
Jitter (local) [%]	31,7	2,6	0,3	41,0	2,9	0,2	-0,7	0,4927	40,8	2,3	0,3	43,7	2,4	0,4	-0,5	0,6444
Shimmer (local) [%]	32,2	12,3	2,7	24,5	11,2	0,1	0,6	0,5697	39,6	11,0	2,1	47,8	12,5	3,0	-1,3	0,1872
HNR [dB]	31,7	7,5	1,4	41,5	8,5	0,6	-0,7	0,4683	43,9	10,3	1,7	33,4	9,7	1,9	1,7	0,0927
Głośność [dB]	32,0	71,8	6,8	32,5	72,3	0,3	-0,0	0,9844	42,9	70,0	5,5	36,9	68,0	6,9	0,9	0,3446
F1 [Hz]	32,1	697,3	65,1	29,5	689,4	31,9	0,2	0,8600	38,8	675,5	46,1	50,3	714,9	58,9	-1,8	0,0665
F2 [Hz]	31,9	1806,2	136,4	35,0	1886,1	124,9	-0,2	0,8293	40,7	1732,0	68,2	44,0	1755,1	376,4	-0,5	0,6055
F3 [Hz]	32,2	3031,8	74,7	25,0	2979,0	119,5	0,5	0,5966	40,6	2988,9	72,0	44,4	2971,8	709,1	-0,6	0,5455
F4 [Hz]	32,4	4050,3	73,7	21,0	3984,3	42,1	0,8	0,3993	40,8	4119,2	73,5	43,8	4098,1	845,1	-0,5	0,6287

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney'a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney'a

**Tabela III Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od stanu zdrowia badanych (przeziębienie)**

Przeziębienie	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=73)			tak (n=8)			Wartość testu		nie (n=106)			tak (n=18)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	32,6	111,6	12,2	31,5	112,1	6,3	0,2	0,8790	42,6	199,0	13,0	31,6	183,4	20,5	1,2	0,2199
Jitter (local) [%]	31,3	0,4	0,1	36,9	0,4	0,2	-0,8	0,4267	40,6	0,4	0,1	49,8	0,4	0,1	-1,0	0,3060
Shimmer (local) [%]	32,6	4,0	1,6	31,9	4,5	1,0	0,1	0,9272	41,4	3,5	1,2	42,9	4,2	2,6	-0,2	0,8697
HNR [dB]	32,9	18,3	2,8	29,8	18,3	1,2	0,4	0,6625	42,3	21,2	2,3	34,4	19,4	3,1	0,9	0,3773
Głośność [dB]	32,5	75,2	7,5	32,5	74,4	7,0	-0,0	0,9919	41,2	72,3	4,7	44,1	76,3	10,7	-0,3	0,7487
F1 [Hz]	32,6	565,8	54,9	31,6	579,9	115,6	0,1	0,8950	40,8	597,3	37,3	47,6	611,5	61,4	-0,8	0,4485
F2 [Hz]	32,8	1597,6	164,8	30,1	1523,9	178,3	0,4	0,7073	40,3	1611,9	111,3	52,6	1843,0	411,6	-1,4	0,1667
F3 [Hz]	33,5	2831,1	162,5	25,8	2752,1	107,6	1,1	0,2775	40,9	2921,2	112,7	47,1	2994,5	615,6	-0,7	0,4868
F4 [Hz]	31,5	3719,6	132,9	39,5	3817,9	129,3	-1,1	0,2599	40,5	4045,5	173,1	50,8	4136,9	874,7	-1,1	0,2507

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney'a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney'a

**Tabela IV Parametry głosu (dla zdania) w zależności od stanu zdrowia badanych (przeziębienie)**

Przeziębienie	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=73)			tak (n=8)			Wartość testu		nie (n=106)			tak (n=18)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	32,3	123,1	14,0	30,1	121,2	4,5	0,3	0,7647	42,6	209,4	15,4	31,0	191,0	17,1	1,3	0,1919
Jitter (local) [%]	31,1	2,6	0,4	38,1	2,9	0,4	-1,0	0,3167	43,0	2,3	0,2	27,6	1,9	0,4	1,7	0,0842
Shimmer (local) [%]	31,6	12,2	2,7	34,5	13,2	2,6	-0,4	0,6873	41,9	11,2	2,2	37,9	10,0	3,2	0,4	0,6560
HNR [dB]	32,4	7,7	1,5	29,1	7,5	0,7	0,5	0,6423	40,9	10,2	1,8	46,8	10,8	2,0	-0,6	0,5166
Głośność [dB]	31,6	71,9	6,8	34,8	72,3	5,2	-0,4	0,6572	40,6	69,3	5,5	50,1	76,5	9,5	-1,1	0,2844
F1 [Hz]	32,2	697,3	69,0	30,5	695,1	20,2	0,2	0,8124	40,6	679,6	47,5	50,3	729,4	153,1	-1,1	0,2774
F2 [Hz]	32,7	1811,5	150,6	27,1	1770,6	90,8	0,8	0,4268	39,9	1726,0	69,0	55,9	1794,3	462,1	-1,8	0,0736
F3 [Hz]	32,7	3042,5	81,5	27,3	3020,6	47,7	0,8	0,4389	41,3	2979,3	62,5	43,1	2962,3	755,5	-0,2	0,8451
F4 [Hz]	32,4	4035,2	73,9	29,1	4027,3	88,3	0,5	0,6423	41,2	4119,0	62,2	43,9	4126,4	962,7	-0,3	0,7725

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela V Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od stanu zdrowia badanych (COVID-19)**

COVID-19	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=67)			tak (n=14)			Wartość testu		nie (n=92)			tak (n=32)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	20,7	116,4	17,4	18,5	114,9	8,4	0,6	0,5815	22,3	190,1	16,5	17,8	196,7	9,3	1,1	0,2826
Jitter (local) [%]	19,1	0,3	0,1	20,4	0,4	0,1	-0,3	0,7416	22,6	0,4	0,1	17,1	0,4	0,1	1,3	0,1827
Shimmer (local) [%]	19,8	3,8	1,4	20,5	3,5	1,4	-0,2	0,8698	20,8	3,7	0,9	21,6	3,8	1,4	-0,2	0,8523
HNR [dB]	21,2	19,0	3,1	17,5	18,0	1,6	0,9	0,3480	19,9	21,4	2,5	23,6	21,7	2,6	-0,9	0,3822
Głośność [dB]	21,6	75,2	7,0	16,8	70,7	4,1	1,2	0,2276	22,9	71,9	5,9	16,4	70,6	3,9	1,6	0,1184
F1 [Hz]	19,8	534,3	38,4	20,5	528,6	47,1	-0,2	0,8698	22,1	614,4	54,6	18,3	580,8	29,9	0,9	0,3517
F2 [Hz]	19,5	1492,6	112,7	21,1	1505,4	87,5	-0,4	0,6875	21,7	1640,5	410,7	19,3	1546,2	105,6	0,6	0,5763

F3 [Hz]	21,0	2764,4	105,8	18,0	2748,3	80,3	0,8	0,4474	20,2	3038,5	525,1	23,0	2873,7	131,4	-0,7	0,5007
F4 [Hz]	18,9	3671,9	129,8	22,2	3718,4	95,6	-0,8	0,4126	21,7	4149,9	760,6	19,3	3885,2	188,0	0,6	0,5763

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela VI Parametry głosu (dla zdania) w zależności od stanu zdrowia badanych (COVID-19)**

COVID-19	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=67)			tak (n=14)			Wartość testu		nie (n=92)			tak (n=32)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	20,4	127,0	16,6	19,2	125,4	4,3	0,3	0,7544	21,9	210,4	13,0	18,8	195,2	18,7	0,7	0,4650
Jitter (local) [%]	21,4	2,9	0,4	17,2	2,6	0,3	1,1	0,2835	20,0	2,4	0,2	23,5	2,5	0,3	-0,8	0,3980
Shimmer (local) [%]	20,3	12,9	2,2	19,5	12,3	2,2	0,2	0,8465	18,6	10,8	1,9	26,9	12,8	1,4	-2,0	0,0434
HNR [dB]	20,1	7,2	1,5	19,8	7,6	0,7	0,1	0,9406	22,9	10,3	1,2	16,5	8,8	0,9	1,5	0,1218
Głośność [dB]	21,3	72,3	5,9	17,5	68,3	4,0	1,0	0,3329	23,3	74,9	5,5	15,3	66,7	3,3	1,9	0,0531
F1 [Hz]	20,2	690,7	42,2	19,6	682,3	27,9	0,1	0,8934	23,1	669,0	41,3	16,0	625,2	38,7	1,7	0,0882
F2 [Hz]	19,4	1764,1	63,4	21,2	1788,5	70,1	-0,5	0,6442	23,4	1719,1	39,7	15,2	1660,3	42,5	2,0	0,0464
F3 [Hz]	20,3	3012,3	80,2	19,4	2990,7	48,9	0,2	0,8232	20,1	2953,2	59,0	23,1	2992,5	72,8	-0,7	0,4827
F4 [Hz]	20,1	4000,3	75,8	19,8	4000,9	34,6	0,1	0,9406	21,2	4084,7	55,7	20,4	4115,3	66,4	0,2	0,8523

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela VII Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od stanu zdrowia badanych (urazy i zabiegi okolic głowy i szyi)**

Urazy głowy/szyi	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=61)			tak (n=20)			Wartość testu		nie (n=94)			tak (n=30)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	35,0	114,2	13,9	23,6	105,5	5,4	<b>2,0</b>	<b>0,0432</b>	43,0	199,6	14,9	37,6	197,1	13,9	0,9	0,3529
Jitter (local) [%]	31,1	0,4	0,1	35,6	0,4	0,1	-0,8	0,4297	40,6	0,4	0,1	43,7	0,4	0,1	-0,5	0,5986
Shimmer (local) [%]	31,3	3,9	1,6	36,8	4,8	0,9	-1,0	0,3339	41,2	3,2	1,5	42,2	3,9	1,2	-0,2	0,8770
HNR [dB]	34,6	18,9	2,6	25,1	17,4	1,7	1,7	0,0960	43,0	21,2	2,5	37,7	21,0	2,4	0,9	0,3692
Głośność [dB]	34,4	77,3	7,7	25,9	72,0	4,9	1,5	0,1330	40,2	71,9	6,4	44,7	73,9	6,4	-0,8	0,4450
F1 [Hz]	30,9	557,8	45,5	38,4	580,6	226,1	-1,3	0,1857	41,5	598,7	47,9	41,6	591,7	30,5	-0,0	0,9835
F2 [Hz]	31,3	1520,7	153,7	36,8	1655,7	530,0	-1,0	0,3339	41,4	1612,3	108,6	41,7	1626,4	131,6	-0,0	0,9671
F3 [Hz]	31,6	2813,9	123,2	35,6	2797,1	445,6	-0,7	0,4799	43,2	2952,3	113,2	37,2	2867,9	165,1	1,0	0,3118
F4 [Hz]	31,8	3721,8	135,6	34,9	3737,2	942,5	-0,5	0,5864	42,4	4051,6	173,1	39,2	3978,3	182,9	0,5	0,5914

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney'a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney'a



**Tabela VIII Parametry głosu (dla zdania) w zależności od stanu zdrowia badanych (urazy i zabiegi okolic głowy i szyi)**

Urazy głowy/szyi	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=61)			tak (n=20)			Wartość testu		nie (n=94)			tak (n=30)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	33,7	123,1	13,4	26,0	118,2	8,9	1,4	0,1674	41,3	208,2	17,2	42,0	209,3	12,5	-0,1	0,9014
Jitter (local) [%]	31,6	2,6	0,3	33,3	2,7	0,5	-0,3	0,7723	40,6	2,3	0,3	43,8	2,3	0,3	-0,5	0,5843
Shimmer (local) [%]	28,6	11,5	2,6	43,9	14,8	1,5	<b>-2,7</b>	<b>0,0062</b>	41,8	11,2	2,8	40,7	11,5	1,9	0,2	0,8526
HNR [dB]	35,6	8,1	1,4	19,6	6,4	1,1	<b>2,9</b>	<b>0,0041</b>	40,8	10,3	1,8	43,3	10,5	2,1	-0,4	0,6684
Głośność [dB]	33,5	72,9	6,9	26,7	70,6	4,7	1,2	0,2243	40,1	68,7	5,9	45,0	71,8	6,3	-0,8	0,4031
F1 [Hz]	30,0	696,9	53,5	39,0	720,3	127,2	-1,6	0,1070	41,3	681,0	55,0	42,1	679,8	32,4	-0,1	0,8933
F2 [Hz]	30,5	1800,5	107,2	37,1	1833,2	450,2	-1,2	0,2372	41,7	1732,5	85,0	41,0	1731,9	57,3	0,1	0,9178
F3 [Hz]	30,8	3024,2	61,8	36,4	3079,4	487,7	-1,0	0,3172	42,3	2990,4	75,7	39,5	2939,5	54,3	0,5	0,6349
F4 [Hz]	31,5	4035,2	68,2	33,9	4048,1	846,8	-0,4	0,6733	41,4	4112,4	80,3	41,7	4125,8	55,7	-0,1	0,9588

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela IX Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od wady wymowy**

Wada wymowy	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=73)			tak (n=8)			Wartość testu		nie (n=114)			tak (n=10)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	32,6	111,6	9,7	31,8	113,7	9,7	-0,1	0,9357	40,8	198,4	14,3	52,8	197,7	23,8	1,1	0,2778
Jitter (local) [%]	32,0	0,4	0,1	31,8	0,4	0,2	-0,0	0,9907	41,3	0,4	0,1	44,0	0,3	0,2	0,2	0,8161
Shimmer (local) [%]	31,7	4,0	1,4	40,5	5,7	1,8	1,1	0,2739	41,3	3,5	1,3	45,2	2,8	1,9	0,3	0,7272
HNR [dB]	33,7	18,6	2,4	21,3	15,4	1,4	-1,5	0,1256	41,5	21,0	2,3	41,6	21,2	1,6	0,0	1,0000

Głośność [dB]	32,2	74,8	7,4	35,7	76,7	9,3	0,4	0,6700	41,6	72,2	5,2	40,0	73,2	9,0	-0,1	0,8921
F1 [Hz]	31,7	565,8	53,0	40,2	617,2	122,6	1,0	0,2946	41,2	596,1	36,8	46,8	617,7	92,8	0,5	0,6144
F2 [Hz]	32,3	1566,7	168,9	34,3	1623,9	197,0	0,2	0,8089	41,0	1612,3	113,8	49,0	1682,1	519,7	0,7	0,4734
F3 [Hz]	32,8	2807,2	149,9	29,7	2796,7	79,7	-0,4	0,7039	41,3	2930,6	112,7	44,6	2890,3	474,1	0,3	0,7713
F4 [Hz]	32,3	3731,0	133,7	34,3	3745,4	149,6	0,2	0,8089	41,5	4046,7	159,0	41,8	4164,1	850,5	0,0	0,9845

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela X Parametry głosu (dla zdania) w zależności od wady wymowy**

Wada wymowy	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=73)			tak (n=8)			Wartość testu		nie (n=114)			tak (n=10)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	32,1	122,3	13,1	31,5	124,7	8,8	-0,1	0,9533	40,5	206,7	14,0	57,2	227,8	4,8	1,5	0,1307
Jitter (local) [%]	33,8	2,8	0,3	15,0	2,2	0,3	<b>-2,4</b>	<b>0,0175</b>	41,4	2,3	0,3	43,8	2,4	0,4	0,2	0,8312
Shimmer (local) [%]	32,5	12,3	2,3	27,7	10,4	3,4	-0,6	0,5505	41,2	11,2	2,3	46,4	9,4	2,6	0,5	0,6419
HNR [dB]	31,8	7,5	1,2	34,2	8,3	2,1	0,3	0,7698	41,7	10,3	1,8	38,8	10,6	1,7	-0,3	0,8011
Głośność [dB]	32,1	71,9	6,5	31,0	71,5	8,9	-0,1	0,8975	41,4	69,6	5,6	43,8	73,7	8,6	0,2	0,8312
F1 [Hz]	31,8	697,3	65,7	34,3	706,7	34,2	0,3	0,7519	40,7	679,8	47,5	54,0	740,0	134,1	1,2	0,2296
F2 [Hz]	31,9	1806,2	136,4	33,2	1828,6	205,0	0,2	0,8790	41,0	1732,5	68,2	49,0	1730,6	505,4	0,7	0,4734
F3 [Hz]	32,4	3031,8	74,7	28,7	3007,5	49,9	-0,5	0,6480	41,4	2986,9	62,5	42,6	2939,5	727,0	0,1	0,9228
F4 [Hz]	32,0	4026,4	73,7	31,7	4059,9	80,3	-0,0	0,9720	41,6	4119,2	66,2	40,6	4092,4	852,2	-0,1	0,9382

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela XI Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od palenia papierosów**

Palenie	Mężczyźni									Kobiety							
	nie (n=71)			tak (n=10)			Wartość testu			nie (n=100)			tak (n=24)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	
F0 średnia [Hz]	33,2	111,6	9,7	27,9	109,1	9,3	0,7	0,4587	42,3	198,3	12,5	36,0	190,0	21,1	0,8	0,4	
Jitter (local) [%]	31,9	0,4	0,1	32,9	0,4	0,2	-0,1	0,9043	39,7	0,4	0,1	54,7	0,5	0,1	-1,9	0,1	
Shimmer (local) [%]	32,7	4,2	1,6	31,4	3,9	0,9	0,2	0,8630	41,4	3,5	1,3	42,2	3,5	1,4	-0,1	0,9	
HNR [dB]	32,7	18,4	2,6	30,9	18,0	1,7	0,3	0,7997	43,0	21,2	2,4	30,5	20,1	2,1	1,6	0,1	
Głośność [dB]	31,8	74,5	7,7	37,3	78,6	4,9	-0,8	0,4465	40,8	72,1	5,6	46,7	74,4	8,3	-0,7	0,5	
F1 [Hz]	32,7	569,1	56,3	31,4	559,9	78,5	0,2	0,8630	39,7	591,8	42,1	54,7	630,5	9,2	-1,9	0,1	
F2 [Hz]	33,2	1599,7	189,1	27,4	1554,7	118,1	0,8	0,4110	40,5	1610,3	111,9	48,7	1705,0	197,6	-1,0	0,3	
F3 [Hz]	32,9	2807,2	148,0	29,8	2826,7	256,4	0,4	0,6625	40,7	2914,0	125,7	47,1	3018,8	147,9	-0,8	0,4	
F4 [Hz]	32,4	3731,4	154,2	32,9	3719,0	96,5	-0,1	0,9595	41,5	4048,0	177,1	41,5	4048,3	149,5	0,0	1,0	

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela XII Parametry głosu (dla zdania) w zależności od palenia papierosów**

Palenie	Mężczyźni									Kobiety							
	nie (n=71)			tak (n=10)			Wartość testu			nie (n=100)			tak (n=24)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	
F0 średnia [Hz]	32,8	122,3	13,4	26,4	121,3	12,9	0,9	0,3583	42,3	209,8	16,1	35,6	201,3	9,8	0,8	0,4071	
Jitter (local) [%]	31,2	2,6	0,4	37,6	2,8	0,3	-0,9	0,3583	42,1	2,3	0,3	37,2	2,1	0,2	0,6	0,5470	
Shimmer (local) [%]	32,2	12,3	2,8	30,5	11,7	2,0	0,2	0,8124	42,8	11,3	2,6	32,2	9,3	1,6	1,3	0,1899	

HNR [dB]	32,1	7,6	1,5	31,5	7,7	0,7	0,1	0,9424	40,8	10,3	1,8	46,6	10,5	1,3	-0,7	0,4742
Głośność [dB]	31,3	71,6	6,8	36,9	74,9	4,3	-0,8	0,4268	40,6	69,3	5,8	47,9	74,1	6,8	-0,9	0,3682
F1 [Hz]	31,9	697,1	69,0	32,5	708,4	21,3	-0,1	0,9424	40,2	678,9	52,0	51,0	711,5	44,1	-1,3	0,1805
F2 [Hz]	31,5	1802,2	155,0	35,1	1876,5	112,5	-0,5	0,6130	40,0	1725,4	63,4	52,5	1783,4	67,1	-1,6	0,1207
F3 [Hz]	31,7	3031,8	79,8	33,9	3060,4	98,5	-0,3	0,7647	41,5	2979,3	66,5	41,7	2981,5	83,5	-0,0	0,9830
F4 [Hz]	31,8	4035,2	79,6	33,5	4054,5	50,8	-0,2	0,8124	40,9	4112,1	68,5	45,7	4152,3	76,9	-0,6	0,5565

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela XIII Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od wady słuchu**

Wada słuchu	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=68)			tak (n=13)			Wartość testu		nie (n=117)			tak (n=7)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	34,2	112,7	9,7	22,1	103,9	10,1	1,8	0,0725	41,3	198,3	14,6	45,8	197,8	9,0	-0,4	0,7224
Jitter (local) [%]	29,5	0,3	0,1	47,0	0,6	0,1	<b>-2,6</b>	<b>0,0082</b>	42,4	0,4	0,1	24,5	0,3	0,1	1,5	0,1462
Shimmer (local) [%]	31,7	3,9	1,5	37,1	5,0	1,2	-0,8	0,4285	42,7	3,6	1,4	18,0	2,0	1,1	<b>2,0</b>	<b>0,0441</b>
HNR [dB]	34,6	18,5	2,4	19,9	14,3	2,9	<b>2,2</b>	<b>0,0291</b>	40,9	20,9	2,4	52,3	22,1	0,4	-0,9	0,3603
Głośność [dB]	32,6	75,8	7,4	31,7	73,3	8,8	0,1	0,8925	41,3	72,3	5,2	45,3	78,1	27,4	-0,3	0,7549
F1 [Hz]	32,0	566,6	53,0	35,4	572,8	68,2	-0,5	0,6156	41,9	599,1	39,1	34,3	576,2	34,1	0,6	0,5395
F2 [Hz]	31,2	1520,4	162,4	40,4	1651,1	303,8	-1,4	0,1703	41,2	1611,9	119,7	47,5	1653,0	82,0	-0,5	0,6129
F3 [Hz]	31,9	2789,8	123,2	36,0	2817,7	149,8	-0,6	0,5494	41,6	2927,5	117,8	40,3	2921,1	104,3	0,1	0,9228
F4 [Hz]	31,0	3701,3	135,6	41,6	3831,8	73,4	-1,6	0,1178	41,3	4045,5	185,4	45,0	4095,6	96,5	-0,3	0,7714

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela XIV Parametry głosu (dla zdania) w zależności od wady słuchu**

Wada słuchu	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=68)			tak (n=13)			Wartość testu		nie (n=117)			tak (n=7)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	33,6	124,3	11,7	22,1	112,7	7,1	1,7	0,0822	41,4	208,8	15,6	44,3	203,4	11,5	-0,2	0,8212
Jitter (local) [%]	31,3	2,6	0,4	36,4	2,7	0,1	-0,8	0,4378	41,7	2,3	0,3	37,0	2,1	0,4	0,4	0,7064
Shimmer (local) [%]	32,4	12,2	2,6	29,9	12,6	2,2	0,4	0,7163	42,0	11,2	2,3	31,5	9,8	2,8	0,9	0,3952
HNR [dB]	32,3	7,5	1,5	30,4	7,7	0,7	0,3	0,7909	41,7	10,3	1,9	38,0	10,3	0,6	0,3	0,7713
Głośność [dB]	31,8	72,3	6,6	33,4	71,8	6,4	-0,2	0,8061	41,2	69,7	5,6	47,3	75,0	10,9	-0,5	0,6281
F1 [Hz]	32,0	699,4	65,1	32,2	685,6	60,5	-0,0	0,9765	42,4	689,0	46,1	23,8	645,1	21,9	1,5	0,1291
F2 [Hz]	32,3	1813,2	133,5	30,4	1761,3	165,5	0,3	0,7909	41,7	1734,8	69,7	37,5	1725,6	85,1	0,3	0,7386
F3 [Hz]	32,3	3037,3	71,4	30,0	3024,2	113,6	0,3	0,7310	41,6	2969,3	69,5	39,0	2993,1	76,8	0,2	0,8380
F4 [Hz]	31,2	4023,0	70,9	36,6	4110,0	99,8	-0,8	0,4263	42,3	4120,3	69,1	26,5	4066,9	54,2	1,3	0,2003

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela XV Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od spożywania alkoholu w przeddzień badania**

Alkohol	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=70)			tak (n=11)			Wartość testu		nie (n=106)			tak (n=18)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	34,9	113,6	13,9	17,8	103,4	9,8	<b>2,5</b>	<b>0,0108</b>	42,1	198,4	12,7	36,8	187,5	17,9	0,6	0,5333
Jitter (local) [%]	29,7	0,3	0,1	45,8	0,5	0,1	<b>-2,4</b>	<b>0,0153</b>	40,2	0,4	0,1	51,9	0,4	0,1	-1,4	0,1677
Shimmer (local) [%]	31,5	3,9	1,5	38,8	5,0	1,1	-1,1	0,2795	40,8	3,4	1,3	46,8	3,5	1,7	-0,7	0,4857
HNR [dB]	33,7	18,5	2,5	25,2	113,6	13,9	1,3	0,2094	43,4	21,2	2,1	26,2	17,7	1,6	<b>2,0</b>	<b>0,0421</b>
Głośność [dB]	33,0	77,1	7,6	29,3	113,6	13,9	0,5	0,5887	42,2	72,6	6,0	35,6	70,6	3,0	0,8	0,4317
F1 [Hz]	33,5	571,5	70,2	26,3	113,6	13,9	1,1	0,2882	41,7	599,4	40,1	39,8	591,7	26,4	0,2	0,8239
F2 [Hz]	32,5	1520,9	204,2	32,2	113,6	13,9	0,0	0,9692	41,5	1620,8	114,9	41,9	1609,1	107,8	-0,0	0,9645
F3 [Hz]	33,6	2844,4	177,3	25,9	113,6	13,9	1,1	0,2545	41,9	2935,3	127,7	37,9	2869,1	50,8	0,5	0,6350
F4 [Hz]	32,0	3718,4	141,9	35,7	113,6	13,9	-0,5	0,5887	42,3	4058,0	173,1	35,3	3985,6	92,1	0,8	0,4146

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney’a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney’a

**Tabela XVI Parametry głosu (dla zdania) w zależności od spożywania alkoholu w przeddzień badania**

Alkohol	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=70)			tak (n=11)			Wartość testu		nie (n=106)			tak (n=18)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	33,9	125,9	12,0	20,6	113,5	7,1	<b>2,0</b>	<b>0,0441</b>	41,7	209,6	15,6	39,9	201,0	12,2	0,2	0,8355
Jitter (local) [%]	31,2	2,6	0,3	36,9	2,9	0,2	-0,9	0,3929	41,6	2,3	0,3	40,9	2,4	0,3	0,1	0,9409
Shimmer (local) [%]	31,8	12,3	2,8	33,3	12,2	1,4	-0,2	0,8213	41,5	11,2	2,3	41,4	10,7	1,5	0,0	1,0000
HNR [dB]	32,3	7,5	1,5	30,3	7,7	0,8	0,3	0,7758	40,8	10,3	1,7	46,8	11,0	1,3	-0,7	0,4810
Głośność [dB]	32,0	72,3	6,8	32,2	71,8	4,3	-0,0	0,9765	42,2	70,0	5,8	36,2	68,9	3,4	0,7	0,4857
F1 [Hz]	32,9	703,7	68,4	26,7	689,8	24,1	0,9	0,3508	41,5	679,8	45,6	41,6	681,0	51,3	0,0	1,0000
F2 [Hz]	33,7	1821,7	132,0	21,6	1717,8	36,6	1,8	0,0663	42,0	1737,1	71,8	37,6	1713,1	53,6	0,5	0,6036

F3 [Hz]	33,9	3046,2	79,3	20,6	2990,7	81,4	<b>2,0</b>	<b>0,0441</b>	41,9	2986,9	71,5	38,4	2958,5	64,5	0,4	0,6888
F4 [Hz]	33,1	4050,7	66,7	25,2	3966,6	70,2	1,2	0,2347	42,1	4121,4	69,1	36,9	4098,1	44,1	0,6	0,5430

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney'a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney'a

**Tabela XVII Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od nadużywania głosu**

Nadużywanie głosu	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=56)			tak (n=25)			Wartość testu		nie (n=69)			tak (n=55)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	32,7	113,6	13,9	32,0	103,4	9,8	0,1	0,8906	42,6	198,4	12,7	39,2	187,5	17,9	0,6	0,5407
Jitter (local) [%]	32,6	0,3	0,1	30,6	0,5	0,1	0,4	0,7025	41,8	0,4	0,1	41,0	0,4	0,1	0,1	0,8901
Shimmer (local) [%]	31,3	3,9	1,5	35,2	5,0	1,1	-0,8	0,4470	40,0	3,4	1,3	44,6	3,5	1,7	-0,8	0,4185
HNR [dB]	33,3	18,5	2,5	30,7	17,0	2,3	0,5	0,6071	43,9	21,2	2,1	36,7	17,7	1,6	1,3	0,1996
Głośność [dB]	33,8	77,1	7,6	29,8	71,5	2,4	0,8	0,4299	42,0	72,6	6,0	40,5	70,6	3,0	0,3	0,7899
F1 [Hz]	32,6	571,5	70,2	32,3	555,0	46,5	0,1	0,9480	39,0	599,4	40,1	46,7	591,7	26,4	-1,4	0,1702
F2 [Hz]	34,0	1520,9	204,2	29,3	1612,6	86,0	0,9	0,3502	41,1	1620,8	114,9	42,3	1609,1	107,8	-0,2	0,8358
F3 [Hz]	31,5	2844,4	177,3	34,8	2748,9	59,6	-0,6	0,5192	39,4	2935,3	127,7	45,9	2869,1	50,8	-1,2	0,2483
F4 [Hz]	30,6	3718,4	141,9	36,7	3798,1	56,3	-1,2	0,2321	43,1	4058,0	173,1	38,3	3985,6	92,1	0,8	0,3961

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney'a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney'a

**Tabela XVIII Parametry głosu (dla zdania) w zależności od nadużywania głosu**

Nadużywanie głosu	Mężczyźni								Kobiety							
	nie (n=56)			tak (n=25)			Wartość testu		nie (n=69)			tak (n=55)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	34,7	125,9	12,0	26,3	113,5	7,1	1,7	0,0909	44,0	209,6	15,6	36,5	201,0	12,2	1,3	0,1828
Jitter (local) [%]	32,7	2,6	0,3	30,6	2,9	0,2	0,4	0,6847	38,5	2,3	0,3	47,6	2,4	0,3	-1,6	0,1046
Shimmer (local) [%]	29,8	12,3	2,8	36,7	12,2	1,4	-1,4	0,1674	37,3	11,2	2,3	50,0	10,7	1,5	<b>-2,3</b>	<b>0,0238</b>
HNR [dB]	33,5	7,5	1,5	28,8	7,7	0,8	0,9	0,3484	45,1	10,3	1,7	34,3	11,0	1,3	1,9	0,0543
Głośność [dB]	34,4	72,3	6,8	26,8	71,8	4,3	1,5	0,1265	42,5	70,0	5,8	39,5	68,9	3,4	0,5	0,6010
F1 [Hz]	29,7	703,7	68,4	37,0	689,8	24,1	-1,5	0,1458	43,8	679,8	45,6	36,9	681,0	51,3	1,2	0,2174
F2 [Hz]	31,3	1821,7	132,0	33,6	1717,8	36,6	-0,5	0,6418	43,4	1737,1	71,8	37,6	1713,1	53,6	1,0	0,3002
F3 [Hz]	28,7	3046,2	79,3	39,1	2990,7	81,4	<b>-2,1</b>	<b>0,0367</b>	41,6	2986,9	71,5	41,3	2958,5	64,5	0,0	0,9607
F4 [Hz]	29,8	4050,7	66,7	36,8	3966,6	70,2	-1,4	0,1629	44,4	4121,4	69,1	35,5	4098,1	44,1	1,6	0,1122

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney'a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney'a

**Tabela XIX Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od regularności cyklu menstruacyjnego**

Regularność cyklu	nieregularny (n=39)			regularny (n=85)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	35,2	194,7	10,4	44,4	200,6	16,4	-1,6	0,1033
Jitter (local) [%]	41,0	0,4	0,1	41,8	0,4	0,1	-0,1	0,8930



Shimmer (local) [%]	37,9	3,0	1,2	43,2	3,7	1,4	-0,9	0,3567
HNR [dB]	43,7	21,7	2,2	40,5	20,9	2,4	0,6	0,5734
Głośność [dB]	42,5	72,1	4,2	41,1	72,5	7,2	0,2	0,8071
F1 [Hz]	39,8	585,8	42,6	42,3	600,8	38,3	-0,4	0,6575
F2 [Hz]	44,0	1641,4	154,9	40,3	1598,0	112,6	0,7	0,5140
F3 [Hz]	43,7	2977,9	165,7	40,5	2895,1	104,2	0,6	0,5667
F4 [Hz]	43,9	4095,1	203,8	40,4	4033,7	152,6	0,6	0,5334

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , Z – wartości testu Manna-Whitney'a, p – poziom istotności testu Manna-Whitney'a

**Tabela XX Parametry głosu (dla zdania) w zależności od regularności cyklu menstruacyjnego**

Regularność cyklu	nieregularny (n=39)			regularny (n=85)			Wartość testu	
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Z	p
F0 średnia [Hz]	38,8	201,4	12,3	42,7	209,8	17,3	0,7	0,4949
Jitter (local) [%]	40,3	2,3	0,2	42,1	2,3	0,3	0,3	0,7536
Shimmer (local) [%]	38,8	11,2	2,0	42,8	11,0	2,7	0,7	0,4886
HNR [dB]	42,5	10,5	1,2	41,0	10,2	1,9	-0,3	0,7917
Głośność [dB]	44,7	69,9	5,1	40,0	68,8	6,6	-0,8	0,4110
F1 [Hz]	37,7	670,8	38,1	43,3	699,6	45,9	1,0	0,3313
F2 [Hz]	44,4	1735,2	97,0	40,1	1719,7	63,4	-0,8	0,4518
F3 [Hz]	43,6	3006,6	67,9	40,5	2962,7	62,7	-0,5	0,5871
F4 [Hz]	37,3	4095,0	95,8	43,5	4124,9	53,0	1,1	0,2752

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe  $((Q3-Q1)/2)$ , H – wartości testu Kruskala-Wallisa, p – poziom istotności testu Kruskala-Wallisa

**Tabela XXI Parametry głosu (dla samogłosek) w zależności od fazy cyklu menstruacyjnego**

	Faza cyklu menstruacyjnego												Wartość testu	
	Menstruacyjna (n=25)			Folikularna (n=27)			Owulacyjna (n=10)			Lutealna (n=42)			H	p
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q		
F0 średnia [Hz]	21,5	192,9	16,8	33,0	210,2	13,8	28,6	200,9	17,3	27,2	201,1	11,4	3,6	0,3055
Jitter (local) [%]	22,2	0,4	0,1	30,4	0,4	0,2	28,7	0,4	0,1	28,5	0,4	0,1	2,11	0,5501
Shimmer (local) [%]	22,6	2,3	1,4	23,9	3,0	1,4	31,3	4,0	1,6	31,9	3,8	0,7	3,97	0,2643
HNR [dB]	32,1	22,9	1,7	26,3	20,7	2,8	25,3	20,4	2,3	26,2	21,1	1,7	1,47	0,6893
Głośność [dB]	28,5	76,2	5,0	31,1	78,0	7,4	19,7	68,6	10,1	27,1	74,4	3,6	2,51	0,4734
F1 [Hz]	21,2	571,5	18,5	33,5	611,9	45,4	24,7	576,7	46,9	28,4	608,3	37,7	4,44	0,2180
F2 [Hz]	25,2	1546,8	69,2	30,6	1633,3	123,4	22,1	1526,0	109,3	28,7	1581,0	75,7	1,73	0,6298
F3 [Hz]	27,1	2857,6	58,5	28,8	2879,1	119,1	21,9	2811,4	113,8	28,9	2895,1	82,1	1,15	0,7648
F4 [Hz]	27,5	3929,1	136,8	28,8	3995,8	124,0	29,7	4046,7	175,2	25,9	3964,6	169,2	0,45	0,9292

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe ((Q3-Q1)/2), H – wartości testu Kruskala-Wallisa, p – poziom istotności testu Kruskala-Wallisa

**Tabela XXII Parametry głosu (dla zdania) w zależności od fazy cyklu menstruacyjnego**

	Faza cyklu menstruacyjnego												Wartość testu	
	Menstruacyjna (n=25)			Folikularna (n=27)			Owulacyjna (n=10)			Lutealna (n=42)			H	p
	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q	Śr. R	Me	Q		
F0 średnia [Hz]	24,5	206,7	10,7	29,6	215,4	20,8	18,7	196,6	15,4	31,1	218,3	11,7	3,95	0,2673
Jitter (local) [%]	24,5	2,1	0,3	27,9	2,3	0,3	34,3	2,6	0,5	26,8	2,3	0,2	1,81	0,6128
Shimmer (local) [%]	26,8	11,2	2,4	27,8	9,9	1,9	26,0	10,7	1,0	28,3	10,7	1,9	0,15	0,9858
HNR [dB]	29,0	10,8	1,9	26,9	10,0	1,7	22,9	9,2	1,5	28,5	10,6	1,7	0,81	0,8464
Głośność [dB]	28,6	72,4	5,9	31,1	76,1	8,6	15,4	65,2	3,6	28,5	75,3	4,5	4,99	0,1726
F1 [Hz]	32,3	714,6	38,6	29,5	689,6	47,5	18,9	658,1	40,8	26,0	679,2	31,5	3,74	0,2916
F2 [Hz]	28,1	1731,9	51,4	27,7	1710,6	69,4	24,1	1685,1	51,5	28,2	1723,1	42,4	0,37	0,9458
F3 [Hz]	30,2	2937,8	40,5	26,1	2926,2	45,0	30,7	2996,1	71,1	25,6	2919,8	57,3	1,06	0,7872
F4 [Hz]	27,1	4107,2	25,6	29,7	4117,6	47,0	29,6	4134,5	71,2	25,5	4093,4	56,8	0,73	0,8658

Śr. R – średnia ranga, Me – mediana, Q – odchylenie ćwiartkowe ((Q3-Q1)/2), H – wartości testu Kruskala-Wallisa, p – poziom istotności testu Kruskala-Wallisa