

# ***WPŁYW ZABURZEŃ SŁUCHU NA JAKOŚĆ GŁOSU U DZIECI***

**Agata Szkiełkowska**

Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu

Warszawa 2002

## Spis treści

1. Wprowadzenie .....	3
2. Podstawy fizjologii głosu .....	5
3. Wpływ zaburzeń słuchu na głos dziecka .....	8
4. Obraz krtani dziecka z wadą słuchu. ....	11
5. Głos dziecka niesłyszącego w ocenie subiektywnej .....	13
6. Wykorzystanie analizy akustycznej do oceny głosu dzieci z wadą słuchu ....	16
7. Podsumowanie .....	25
8. Piśmiennictwo .....	26

# 1. Wprowadzenie

Uszkodzenie narządu słuchu w wieku rozwojowym powoduje dużego stopnia, często nieodwracalne, zaburzenia uniemożliwiające prawidłowy, szeroko rozumiany rozwój dziecka i jego kontakt ze światem zewnętrznym [10, 12, 15, 16, 19, 28, 38, 39, 45, 47, 54, 63, 79, 81, 82, 98, 100, 101]. Komunikowanie się za pomocą przekazów ustnych jest najważniejszą i najbardziej zróżnicowaną czynnością człowieka [70]. Komunikacja werbalna zachodząca pomiędzy osobą mówiącą i odbierającą dźwięki jest zjawiskiem kompleksowym, wymagającym precyzji uczestniczących w nim systemów. Doskonałość naturalnego systemu artykulacyjnego i fonacyjnego człowieka powoduje powszechne wrażenie, że proces ten jest prosty, łatwy, naturalny. Tymczasem jest to mechanizm niezwykle skomplikowany, wymagający współdziałania ze sobą wielu systemów – przede wszystkim narządu słuchu, głosu i mowy oraz koordynującej roli ośrodkowego układu nerwowego. Efektem tego procesu jest powstający zespół dźwięków niosących w sobie bogactwo informacji osobniczych, związanych z treścią wypowiedzi, czy emocjonalnych.

Głos stanowi ważny element w patofizjologii procesu komunikatywnego. Jak wskazują źródła historyczne sięgające początków ludzkości, głos istot człękkształtnych w formie nieartykułowanych dźwięków już wówczas stanowił sposób wyrażania potrzeb i stanów emocjonalnych. Podobnie odruchowy krzyk noworodka pojawiający się bezpośrednio po porodzie jest emocjonalną odpowiedzią na zmianę warunków otoczenia, w szczególności temperatury. Głos jest cechą osobniczą zależną od płci, wieku i innych uwarunkowań indywidualnych [8, 10, 19, 21, 35, 70].

Proces generowania głosu i mowy jest uwarunkowany wieloma czynnikami, które nadają mu indywidualny, osobniczy charakter. Bardzo ważną rolę w tym procesie odgrywa prawidłowo funkcjonujący narząd słuchu. Uszkodzenie jego czynności powoduje, szczególnie u dzieci, szereg zaburzeń uniemożliwiających fizjologiczny rozwój procesu komunikatywnego. Tym samym pozbawia dziecko lub w znacznym stopniu ogranicza możliwości jego zaistnienia wśród zdrowych rówieśników. Wrażenia słuchowe mają szczególne znaczenie w okresie naśladownictwa dźwięków i początków rozumienia mowy, kiedy dochodzi do łączenia zasłyszanych elementów mowy otoczenia z odpowiednimi przedmiotami i osobami oraz do rozwoju czynników muzycznych w głosie. Jest to ponadto okres osobliwych uwarunkowań filogenetycznych i ontogenetycznych powodujących największą podatność ośrodkowego układu nerwowego na tworzenie odpowiednich połączeń strukturalno-czynnościowych, niezbędnych do rozwoju prawidłowego procesu komunikowania się z otoczeniem [10, 54, 70, 99]. Dlatego tak ważne wydaje się wykrycie niedosłuchu właśnie do tego okresu, bowiem tylko tak wczesne i właściwe postępowanie terapeutyczne umożliwi dziecku rozwój mowy w okresie fizjologicznym lub w niewielkim tylko stopniu opóźnionym [10, 13]. Wykluczenie czy ograniczenie funkcjonowania analizatora słuchowego uniemożliwia dziecku kontrolę własnego głosu i mowy oraz jego konfrontację z otoczeniem.

Głuchota wrodzona lub nabyta we wczesnym dzieciństwie ma ewidentny wpływ na rozwój krtani i kształtowanie się głosu. Upośledzenie słuchu prowadzi do zaburzeń głosu zwanych dysfonią audiogenną. Dysfonia jest określeniem wielopostaciowych zaburzeń głosu, dotyczących jego wszystkich składowych akustycznych, tj. częstotliwości, natężenia, czasu trwania, barwy [46, 48, 63]. Zmianie ulega sposób emisji głosu, charakter oraz średnie położenie i czas fonacji. Brak kontroli słuchowej powoduje zaburzenia fonacji o typie zmian czynnościowych, które są konsekwencją nieprawidłowych mechanizmów fonacyjnych, spowodowanych wadliwym działaniem mięśni wewnątrz- i zewnątrzkraniowych, zakłóceniem stosunków pomiędzy napinaniem i rozluźnianiem mięśni antagonistycznych oraz zaburzeniem ich współpracy [48]. Narząd głosu jest w pierwszych latach życia dziecka zupełnie prawidłowy pod względem anatomicznym, pod warunkiem, że czynnik, który spowodował uszkodzenie słuchu, nie uszkodził jednocześnie krtani. Zdaniem wielu autorów, uszkodzenie narządu głosu dziecka jest zjawiskiem wtórnym, spowodowanym nie tylko brakiem kontroli słuchowej, lecz również nieodpowiednią rehabilitacją słuchu, głosu, mowy od najmłodszych lat lub też całkowitym zaniechaniem postępowania terapeutyczno-rehabilitacyjnego [54, 55, 70]. Badania nad fizjopatologią głosu i mowy u dzieci niesłyszących dowiodły, że niewykształcenie fizjologicznych czynności krtani ma wpływ na kształtowanie się fonacji i artykulacji [54, 55].

Podkreśla się więc celowość podjęcia jak najwcześniej rehabilitacji głosu i wykształcenia artykulacji głosek, która przyczyni się do wykształcenia prawidłowej funkcji krtani [11, 42, 54, 70]. Zmiany w krtani

ni dziecka niesłyszącego od urodzenia i zmiany w jego głosie powstają w pierwszych latach życia. Charakter tych zaburzeń uwarunkowany jest wieloma czynnikami, do których należy zaliczyć: stopień ubytku słuchu, rodzaj niedosłuchu i czas jego trwania, moment wystąpienia oraz sposób leczenia i osiągnięte po jego zastosowaniu korzyści słuchowe, jak również efektywność prowadzonej szeroko pojętej rehabilitacji i czynniki środowiskowe.

Postęp w zakresie diagnostyki narządu słuchu, który dokonał się w ostatnich latach, daje możliwość wczesnego wykrywania zaburzeń słuchu u noworodków i niemowląt i tym samym pozwala na wczesne podjęcie leczenia i właściwej rehabilitacji. Jednocześnie nastąpił rozwój obiektywnych metod badania głosu i czynności fonacyjnej krtani, które są cennym uzupełnieniem podstawowego badania laryngologiczno-foniatrycznego.

## 2. Podstawy fizjologii głosu

Fonacja jest najmłodszą filogenetycznie funkcją krtani. Czynność głosotwórcza krtani jest niezwykle skomplikowanym mechanizmem. Prace nad nią jako narządem głosowym sięgają XVIII wieku, kiedy to Ferrein po raz pierwszy wypreparował krtani wraz z tchawicą ze zwłok ludzkich i wdmuchując przez tchawicę powietrze pod zwiększonym ciśnieniem, uzyskał efekt wydobywania się głosu [54, 70]. Nieco później Hedon ustalił, że głos powstaje podczas drgania fałdów głosowych w trakcie fazy wydechowej.

W ciągu lat funkcjonowały w zasadzie dwie teorie powstawania głosu:

1. Teoria neurochronakcyjna (Hussona) – według której wysokość tonu krtaniowego zależy od bezpośredniej kontroli ośrodkowego układu nerwowego. Tak więc każde drganie fałdu głosowego jest wywołane impulsem z ośrodkowego układu nerwowego i jest następstwem aktywnego skurczu mięśnia głosowego.
2. Teoria mięśniowo-elastyczna – według której otwarcie i zamknięcie głośni jest biernym następstwem wzmożonego ciśnienia podgłośniowego i tonicznie obkurczonych mięśni właściwych krtani, które podtrzymują przyleganie do siebie fałdów głosowych, a w szczególności ich masy, napięcia i długości. Napierający słup powietrza podgłośniowego, dzielony przez drgające fałdy głosowe na serię rytmicznych podmuchów powodujących rozrzedzenie i zagęszczenie powietrza, tworzy dźwięk krtaniowy. Teoria ta nie neguje roli ośrodkowego układu nerwowego. Bogate unerwienie czuciowe i proprioceptywne błony śluzowej, mięśni, więzadeł i stawów krtani tworzy podstawę nerwową dla czuciowego mechanizmu sprzężenia zwrotnego, którego zadaniem jest kierowanie przez korę ruchową skurczami mięśni krtani. W okresie fonacji skurcze mięśni zmieniają się pod względem siły, czasu trwania i kolejności [54, 70].

Obecnie panuje pogląd, że ton krtaniowy jest tworzony w krtani w wyniku drgań fałdów głosowych pod wpływem przepływu powietrza, a następnie modyfikowany w jamach rezonacyjnych górnych dróg oddechowych. Wibracje fałdów głosowych są zjawiskiem pasywnym, natomiast kształt i pozycja fałdów są kontrolowane przez układ nerwowy. Pomimo intensywnych badań, nie do końca wyjaśnione są mechanizmy regulacyjne wszystkich struktur, które uczestniczą w procesie tworzenia głosu [103].

Dzięki integracyjnej czynności ośrodkowego układu nerwowego głos występuje w ścisłym związku i zależnościach z narządem słuchu i mowy. Mechanizm wytwarzania głosu wymaga współdziałania ze sobą wielu systemów, które z punktu widzenia foniatrycznego można podzielić na trzy grupy:

- 1) układ oddechowy (płuca, oskrzela, tchawica), który wytwarza niezbędny dla fonacji strumień powietrza wydechowego o wysokim ciśnieniu,
- 2) generator dźwięku (krtani), gdzie dochodzi do powstania tonu podstawowego,
- 3) przestrzenie rezonacyjne (jama ustna, jama nosowa, gardło), które formują barwę głosu i tworzą głoski mowy. Rolę generatora dźwięku przypisuje się krtani. Ta wyjątkowa czynność uwarunkowana jest znacznym zróżnicowaniem w ośrodkowym układzie nerwowym, a nie jej budową, która w niewielkim tylko stopniu odbiega od krtani innych ssaków.

Krtani jest złożonym narządem chrzęstno-włóknisto-mięśniowym, który rozwija się z układu skrzelowego (IV–VI łuk skrzelowy). W przeciwieństwie do innych ssaków, wejście do krtani położone jest u człowieka nisko, na skutek czego powietrze wydychane przechodzi swobodnie przez jamę ustną, a powstający w krtani głos ulega modyfikacjom pod wpływem skomplikowanych ruchów narządów jamy ustnej, które umożliwiają powstawanie artykułowanych dźwięków mowy. W trakcie rozwoju osobniczego warunki anatomiczne w obrębie samej krtani, jak i w stosunku do sąsiadujących narządów ulegają zmianie. U noworodka i niemowlęcia krtani leży na poziomie trzonu III kręgu szyjnego, po czym stopniowo obniża się, osiagając w wieku dorosłym poziom VI kręgu szyjnego. Różnice w budowie i kształcie krtani u noworodka i niemowlęcia w stosunku do krtani dziecka starszego występują przede wszystkim w przedsiönku krtani oraz w jej odcinku podgłośniowym, co tłumaczy się ustawieniem chrząstki pierścieniowatej, której płytki jest w tym okresie odchylona bardziej ku tyłowi, powodując lejkowaty kształt tego odcinka drogi oddechowej. W pierwszych latach życia dziecka obserwuje się stosunkowo szybki wzrost narządu fonacyjnego. U noworodka długość szpary głośni wynosi około 6 mm, a szerokość około 3 mm, nato-

miast stosunek pomiędzy częścią więzadłową a międzynaławkową wynosi 1:1. Wydłużenie się szpary głośni najszybciej postępuje w ciągu trzech pierwszych lat życia. Około 5-go roku życia stopniowo następuje zahamowanie wzrostu krtani aż do okresu pokwitania, kiedy rozpoczyna się drugi okres jej intensywnego wzrostu. Do okresu dojrzewania, który przypada na 12–13 rok życia, nie stwierdza się istotnych różnic w budowie krtani u obu płci [36, 54, 70, 103].

Omawiając podstawy fizjologii narządu fonacyjnego, koncentrujemy się zwykle na jego funkcji tworzenia głosu (fonacji). Tymczasem nie należy zapominać o oddechowej funkcji krtani, gdzie krtani tworzy najwęższą część drogi oddechowej i reguluje pasaż powietrza z płuc i z powrotem oraz funkcji ochronnej dla dolnych dróg oddechowych. Powyższe trzy funkcje krtani mają zasadnicze znaczenie dla prawidłowego przebiegu procesu komunikatywnego.

Czynność wydawania głosu przez człowieka składa się z szeregu odruchów, częściowo warunkowych. W rozwoju osobniczym od niemowlęctwa do starości głos przechodzi szereg zmian związanych bezpośrednio z wpływami fizjologicznymi, jak również z warunkami środowiska, w których człowiek przebywa i rozwija się [54].

Głos dziecka ulega wielokrotnym zmianom w miarę jego wzrostu, rozwoju narządu fonacyjnego i całego organizmu. Krzyk noworodka jest dźwiękiem głosowym pozbawionym elementów melodycznych. Jest tworzony po bardzo krótkim głębokim wdechu przez otwarte usta. Charakteryzuje się twardym nastawieniem głosowym. Jest przenikliwy, o wysokości w granicach od 400 do 600 Hz i natężeniu od 82 do 110 dB. Jego skala jest mała, obejmuje dwa lub trzy tony oktawy trzykreślnej. Prosty krzyk niemowlęcia trwa od 1,1 do 2,8 sek. i jest krótszy w czasie spokoju, natomiast w okresie pobudzenia dłuższy [54, 70].

W okresie gaworzenia rozwija się fonacja samogłosek, a więc rozpoczyna się wokalizacja. Gaworzenie pojawia się w drugim miesiącu życia, jest odruchem bezwarunkowym, odziedziczonym i występuje również u dzieci głuchych. Jest jednakowe u dzieci różnych ras i grup językowych [48]. Według niektórych autorów gaworzenie poprzedzone jest okresem głuzenia, który polega na przypadkowym tworzeniu dźwięków gardłowych, wybuchowych [99]. Tak więc dziecko głuche nie gaworzy, lecz głuży. W gaworzeniu możemy rozróżnić wysokość, czas trwania oraz natężenie dźwięków (głos cieńszy lub grubszy; wydawanie dźwięków: krótkie lub długie; ciche lub głośne).

Brak korelacji narządu głosowego ma miejsce przede wszystkim w torze oddechowym. Dziecko oddycha torem brzuszno-przeponowym, a podczas gaworzenia dołącza się oddychanie klatką piersiową. Przy silnym krzyku ujawnia się znowu przewaga toru brzuszno-przeponowego. Zakres głosu w okresie gaworzenia wynosi od 330 Hz do 392 Hz.

W szóstym miesiącu życia dziecka rozpoczyna się okres naśladowania dźwięków, który trwa do dziewiątego miesiąca. W tym okresie w głosie dziecka rozwijają się czynniki muzyczne, a więc rytm, dynamika i melodia, dochodzi też do redukcji dźwięków do typowych dla mowy ojczystej. Ten okres nie występuje u dzieci głuchych. Następuje również rozszerzenie zakresu głosu od 247 do 392 Hz. Badania Gutzmanna i Flataua oraz Sedlackowej dowiodły, że głos niemowlęcia zawarty jest w zakresie tonu al [24, 54, 70]. W tym zakresie powstają najlepsze warunki wytwarzania się i utrwalania dynamicznych mechanizmów słuchowo-fonacyjnych i artykulacyjnych.

Do pierwszego roku życia zakres głosu poszerza się do pięciu, sześciu półtonów i wykształcają się dwa główne formanty samogłosek. Skala głosu dziecka jest mała i stopniowo rozszerza się ku górze i ku dołowi. Do ósmego roku życia głos dziecka obejmuje jedną oktawę, a przed okresem dojrzewania, tj. ok. 13–15 roku życia, poszerza się do 1,5 oktawy. Zakres głosu wynosi od 240 do 527 Hz. Pojawia się różnica w górnym rejestrze między chłopcami a dziewczynkami [42, 70]. Dochodzi też do stopniowego obniżenia średniego położenia głosu i zwiększenia jego możliwości modulacyjnych. W okresie dojrzewania głos obniża się u chłopców o jedną oktawę, a u dziewczynek o 1/3 oktawy. Okres dojrzewania płciowego niesie za sobą zmianę struktury krtani u obu płci. Fałdy głosowe u dziewcząt wydłużają się o 3–4 mm, a u chłopców o 6–10 mm. Dochodzi do wydłużenia szyi z przemieszczeniem puszki krtaniowej ku dołowi, powiększenia rezonatorów nasady oraz zwiększenia pojemności życiowej płuc.

Badacze zajmujący się wyłącznie analizą głosów dziecięcych stwierdzili, że nie ma różnic pod względem wysokości głosu pomiędzy dziewczynkami a chłopcami aż do wieku 8–10 lat [32, 42]. Kent (1976) uważa, że rozróżnienie płci jest możliwe na podstawie analizy akustycznej głosu dopiero powyżej 11 roku życia. Wyraźne zróżnicowanie głosu w zależności od płci występuje około 13 roku życia. W tym okresie przeciętne wartości częstotliwości podstawowej  $F_0$  chłopców wynoszą 225 Hz, a dziewczynek 260 Hz.

Według autorów francuskich częstotliwość podstawowa głosu chłopców i dziewcząt w trzynastym roku życia jest taka sama i wynosi 260 Hz. Dopiero między 15–16 rokiem życia dochodzi do różnicowania wartości  $F_0$  u obu płci [42, 60].

Największe zmiany w wartościach  $F_0$  zachodzą w okresie pierwszych czterech miesięcy życia dziecka, następnie w wieku od 1 do 3 lat oraz w okresie dojrzewania między 13 a 17 rokiem życia.

Mechanizm tworzenia głosu przez krtani, zwaną przez niektórych autorów generatorem akustycznym, jest ściśle związany z jej odrębnościami i uwarunkowaniami anatomicznymi [88]. Głos powstający w krtani dziecka ulega wraz z jej wzrostem i rozwojem – modyfikacjom i modulacjom pod wpływem zmieniającego się aparatu mięśniowego narządu głosu, mowy (wargi, język, podniebienie) oraz jam rezonacyjnych i zmian toru oddechowego. Według Handzla wraz z wiekiem i rozwojem aparatu fonacyjno-artykulacyjnego mechanizmy doskonalą się, przy równoczesnym poszerzeniu się skali głosu, obniżeniu go i ustaleniu w granicach dolnego rejestru głosowego. Pod wpływem słyszenia i naśladowania głosu własnego i otoczenia doskonalą się prawidłowa fonacja i artykulacja [24].

Prawidłowy rozwój głosu i mowy u dziecka warunkują następujące czynniki [70]:

- 1) Prawidłowa czynność analizatora wzrokowego i słuchowego.
- 2) Dostateczna sprawność systemu motoryczno-kinetycznego.
- 3) Sprawność centralnych ośrodków głosu i mowy.
- 4) Motywacja do mówienia.
- 5) Prawidłowy rozwój psychosomatyczny.

Mózgowy układ strukturalno-czynnościowy związany z wydawaniem głosu składa się z wielu specyficznych obszarów. Nadrzędną, całościową kontrolę nad procesami wokalizacji dowolnej i komponentem emocjonalnym głosu pełni kora mózgowa zakrętu obręczy w jego części przedniej – pole 24 i 33 oraz kora dodatkowego pola ruchowego – pole 6. Obszary te utrzymują stan gotowości do dowolnego wydawania dźwięków i zarazem modelują brzmienie mowy w zakresie dynamiki, rytmu i intonacji emocjonalnej. Śródmózgowiowy obszar emocjonalnej intonacji, który jest właściwym ośrodkiem dźwiękorodnym, znajduje się w śródmózgowiu, w istocie szarej środkowej i w przylegających do niej z boku strukturach nakrywki. Aktywność tego obszaru jest uzależniona od wpływów z wtórnych obszarów wokalizacji, np. ciała migdałowatego, podwzgórza, jąder przyśrodkowych wzgórza. Uszkodzenie tego obszaru śródmózgowia prowadzi do bezgłosu. Najniższy poziom kontroli emocjonalnej intonacji znajduje się w opuszcze w sąsiedztwie jąder nerwów czaszkowych sterujących mową. Tutaj dochodzi do scalania odpowiednich wzorów intonacji z czynnością wydawania dźwięków głosu i ich artykulacją [70]. Neurofizjologiczne podstawy mechanizmów czynności mowy i głosu zostały opisane w drugiej połowie XIX wieku i nierozdzielnie łączą się z nazwiskami Broca, Wernickego, Trousseau, Jacksona, Lichtheima i innych.

### 3. Wpływ zaburzeń słuchu na głos dziecka

Wpływ słuchu na rozwój mowy i głosu dziecka w świetle aktualnej wiedzy na ten temat jest oczywisty i niepodważalny. W literaturze więcej uwagi poświęca się jednak problemom związanym z mową dziecka niż z głosem. Rozwój mowy fonicznej u dzieci niesłyszących jest przedmiotem zainteresowania wielu autorów [10, 38, 39, 43, 79, 84, 89, 94, 100]. Zaleski przeanalizował zależności między stopniem rozwoju mowy fonicznej a stopniem upośledzenia słuchu, wiekiem dziecka w momencie wykrycia wady słuchu i latami przebytej rehabilitacji słuchu i mowy. Nie stwierdzono statystycznie znamiennych zależności pomiędzy tymi czynnikami [101]. Wszyscy autorzy są zgodni co do tego, że wada słuchu powinna być rozpoznana możliwie jak najwcześniej. Rozpoczęcie rehabilitacji u dziecka z wrodzoną głuchotą powyżej trzeciego roku życia powoduje straty, których odrobić nie można [10]. Niezbędnym warunkiem wczesnego wykrywania uszkodzeń słuchu są prowadzone na całym świecie, w tym również w Polsce, badania przesiewowe słuchu noworodków, które dają możliwość postawienia diagnozy, następnie właściwego zaopatrzenia słuchowego i rehabilitacji już w pierwszych miesiącach życia dziecka [59, 75].

We współczesnej audiologii przyjmuje się, że upośledzenie słuchu stanowi objaw, który jest następstwem działania czynnika uszkodzającego. Według Parvinga (1985) diagnoza powinna obejmować wszystkie czynniki związane z powstaniem danej wady słuchu [66].

Największe zastosowanie w praktyce klinicznej mają następujące kryteria:

- 1) moment ujawnienia się choroby,
- 2) lokalizacja patologii,
- 3) przyczyna wady słuchu,
- 4) głębokość i zakres ubytku słuchu.

Fundamentalne znaczenie dla rozwoju głosu i mowy dziecka ma moment ujawnienia się niedosłuchu. Uwzględniając to kryterium, zastosowano następujący podział [74].

1. niedosłuch prelingwalny
  - wrodzony, powstały w okresie prenatalnym i obecny w chwili urodzenia,
  - nabyty, powstały w okresie perinatalnym lub później – do pierwszego roku życia,
2. niedosłuch perilingwalny, nabyty w czasie rozwoju mowy (2–7 r.ż.),
3. niedosłuch postlingwalny, nabyty po okresie rozwoju mowy.

Lokalizacja miejsca uszkodzenia ma duże znaczenie dla postępowania klinicznego, wiążącego się ściśle z wyborem metody leczenia i rehabilitacji. Ze względu na lokalizację, według Bystrzanowskiej (1978) wyróżnia się [4]:

1. niedosłuch przewodzeniowy,
2. niedosłuch odbiorczy: ślimakowy, pozaślimakowy, centralny (pień mózgu, ośrodki korowe),
3. niedosłuch mieszany.

Próba określenia etiologii wady słuchu jest bardzo ważnym, ale zarazem bardzo trudnym zadaniem współczesnej audiologii. Pruszewicz dzieli zaburzenia słuchu pod względem etiologicznym na trzy grupy:

1. głuchotę dziedziczną i wady rozwojowe (genetycznie uwarunkowane),
2. głuchotę wrodzoną,
3. głuchotę nabytą [70].

Głuchota dziedziczna może występować jako cecha dominująca lub recesywna, dziedziczenie może być autosomalne lub związane z chromosomem X. Zespoły chorobowe, w których zaburzenia słuchu dziedziczą się w sposób dominujący, występują znacznie częściej niż głuchota dziedzicząca się recesywnie. W głuchocie dominującej zaburzenia słuchu występują u jednego z rodziców oraz często spotyka się je wśród rodzeństwa lub dalszej rodziny. Niedosłuch jest postępujący, a dynamika pogarszania się słuchu nie jest jednakowa (Colletti i Stephens) [70]. Do zespołów, w których występuje dominujące dzie-

dziczenie zaburzeń słuchu współistniejących z innymi zmianami organicznymi ustrojowymi, należą na przykład: zespół Alporta i Hennanna (niedosłuch połączony z nefropatią), zespół Tietza (niedosłuch połączony z zaburzeniami metabolicznymi), zespół Goldenhara (niedosłuch i niedorozwój płodowy twarzy), zespół Robina (niedosłuch i rozszczep podniebienia), zespół Moebiusa (niedosłuch i porażenie nerwu twarzonego, odwodzącego, okoruchowego), zespół Fourmann-Fourmann (upośledzenie słuchu i przetoki przeduszne).

Zaburzenia słuchu dziedziczące się recesywnie występują bardzo rzadko. Upośledzenie słuchu jest w tym wypadku bardzo duże, a w bardzo wczesnym okresie może występować nawet głuchota. Do tej kategorii głuchot współistniejących z innymi nieprawidłowościami zalicza się między innymi zespół Ushera (niedosłuch odbiorczy i retinitis pigmentosa), zespół Heffilanna (padaczka rodzinna, nefropatia, cukrzyca), zespół Cogana (niedosłuch odbiorczy i keratitis parenchymatosa), zespół Pendreta (niedosłuch połączony z wolem, eutyreozą, dodatnią próbą nadchloranową).

Przyczyną głuchoty wrodzonej mogą być:

- Choroby matki w czasie ciąży, np. różyczka, opryszczka, herpes zoster, grypa, ospa wieczna, odra, świnka, hepatitis.

Najczęściej i najpoważniej narząd słuchu dziecka uszkadza różyczka. Według niektórych autorów przebyta przez matkę w pierwszym trymestrze ciąży różyczka stanowi najczęstszą przyczynę obustronnego niedosłuchu [61]. Na podstawie własnych badań w Klinice Otolaryngologii Dziecięcej, Foniatrii i Audiologii Akademii Medycznej w Lublinie stwierdzono niedosłuch u 50% dzieci, których matki przeszły pełnoobjawową różyczkę. Etiologia różyczkowa zaburzeń słuchu powinna być potwierdzona również badaniami serologicznymi. Wprowadzenie obowiązkowych szczepień przeciwko różyczce wydaje się więc niezwykle cenne.

- Czynniki toksyczne działające w czasie ciąży, np. streptomycyna, neomycyna, gentamycyna, chinina, sole metali ciężkich, a także nikotyna, narkotyki i alkohol.
- Zaburzenia hormonalne (np. upośledzona czynność tarczycy).

W głuchotach nabytych główną rolę odgrywają takie czynniki, jak: nagminne zapalenie opon mózgowych (ok. 17,5%), świnka, odra, uszkodzenia wywołane działaniem leków, choroby zapalne i stany zrostowe ucha środkowego, choroby przewlekłe (cukrzyca, zapalenie nerek, gościec, niedoczynność tarczycy), urazy.

Według Obrębowskiego najczęstszą przyczyną nagłej głuchoty w wieku dziecięcym są infekcje wirusowe, które w materiale własnym stanowiły 71%. W latach 1990–1995 zaobserwowano wzrost ilości niedosłuchów po leczeniu antybiotykami aminoglikozydowymi [62].

Uwzględniając głębokość i zakres ubytku słuchu, wyróżnia się następujące rodzaje niedosłuchów [74]:

1. niedosłuch lekkiego stopnia 21–40 dB

Dziecko zaczyna tracić zdolność selektywnego słyszenia w hałasie, pojawiają się problemy z wystęchiwaniem głosek wysokich. Zachowana jest prawidłowa artykulacja, rytm, intonacja mowy.

2. niedosłuch średniego stopnia 41–70 dB

Głos staje się mniej dźwięczny, często ma zabarwienie nosowe.

3. niedosłuch znacznego stopnia 71–90 dB

Mowa u dzieci z tego typu niedosłuchem nie rozwinię się, jeżeli nie zostaną zaaparatowane. Występują liczne nieprawidłowości w głosie, również w jego strukturze akustycznej.

4. niedosłuch głębokiego stopnia – powyżej 91 dB

W przypadku głębokiej utraty słuchu nie jest możliwe słyszenie cichszych elementów rozmowy również przy zastosowaniu aparatu słuchowego. Pole dynamiki, które określa różnicę między progiem percepcji a progiem dyskomfortu w aparacie wzmacniającym, wynosi często tylko kilka dB. To powoduje trudności w zaakceptowaniu aparatu i wymaga ograniczenia wzmocnienia. W ubytkach słuchu powyżej 91 dB wyodrębnia się dodatkowe trzy stopnie głębokości ubytków słuchu:

I. stopień – ubytek 90–100 dB, pole dynamiki 20–30 dB.

Odbierane jest 50 % samogłosek i spółgłosek bez odczytywania z ust.

II. stopień – ubytek 100–110 dB, pole dynamiki 10–20 dB.

W aparatach odbierane jest 50% samogłosek i 25% spółgłosek.

III. stopień – ubytek przekracza 110 dB, pole dynamiki 5–10 dB.

W aparatach odbierane jest ok. 20% samogłosek i 5% spółgłosek.

Przy utracie słuchu powyżej 120 dB pacjenci są prawdopodobnie głusi i w aparatach reagują tylko na vibracje. Zakres dynamiki wynosi tylko 0–5 dB. Jednakże w takich przypadkach również stosuje się aparaty słuchowe, które pozwalają na zachowanie funkcji nerwu słuchowego, co potwierdzono wielokrotnie w badaniu testem elektrostymulacji [17, 74].

Problem uszkodzeń narządu słuchu u dzieci stanowi w Polsce, jak również na świecie, wyzwanie dla wielu lekarzy i specjalistów uczestniczących w diagnozowaniu, leczeniu i rehabilitacji [10, 25, 33, 38, 39, 40, 41, 52, 58, 73, 79, 81, 82, 100]. Powszechnie bowiem wiadomo, że sprawność narządu słuchu u dziecka jest szczególnie ważna nie tylko ze względu na rozwój głosu i mowy, ale również ze względu na wpływ, jaki ma na rozwój odpowiedniej postawy psychicznej, intelektualnej i poznawczej. Według danych Pruszewicza i wsp. w Polsce obserwuje się zaburzenia słuchu u ok. 10% dzieci w wieku szkolnym [70].

Potwierdzają to również badania przeprowadzone w szkołach łódzkich. Wśród przebadanych dzieci w wieku od 7 do 12 roku życia u 9% stwierdzono upośledzenie słuchu. Nie zaobserwowano istotnych różnic w występowaniu niedosłuchów w poszczególnych grupach wiekowych. Nieco częściej niedosłuch występował u dziewczynek [93].

Niedosłuchy przewodzeniowe przeważają nad zaburzeniami typu odbiorczego. Zauważono ponadto, że przewaga niedosłuchów przewodzeniowych nad odbiorczymi maleje wraz z wiekiem.

U części dzieci w wieku szkolnym z niedosłuchem przewodzeniowym powrót słuchu do normy można uzyskać dzięki stosunkowo prostym zabiegom otolaryngologicznym (adenotomia, drenaż uszu itd.). W przypadkach niedosłuchów przewodzeniowych, gdzie skutki bywają zazwyczaj odwracalne, występują bardzo charakterystyczne i ewidentne konsekwencje niedyspozycji słuchowej w postaci zaburzeń mowy i głosu, jak również gorszych wyników w nauce, zaburzeń koncentracji i zachowania.

Dzieci z niedosłuchem odbiorczym wymagają wielospecjalistycznej opieki, która koncentruje się na zastosowaniu odpowiednich aparatów słuchowych i następowej, szeroko pojętej rehabilitacji logopedycznej, foniatrycznej, psychologicznej i pedagogicznej.

Liczne podziały zaburzeń głosu pojawiające się na przestrzeni lat nie zakwalifikowały głosu osób z uszkodzonym narządem słuchu do wyodrębnionych, samodzielnych grup [2, 48, 54]. Według dostępnej mi literatury „głos głuchych” jako odrębna jednostka pojawia się w 1984 roku w podręczniku francuskich autorów „La Voix humaine et ses troubles” [14].

Taki podział nie wydaje się w pełni satysfakcjonujący, jako że zaburzeń głosu osób głuchych nie możemy porównywać z cechami głosu osób niedosłyszących. Dopiero klasyfikacja głosu według Pruszewicza z 1992 roku wyszczególnia XIII grupę – głos dziecka z uszkodzonym słuchem, uogólniając i poszerzając problem i istotę zagadnienia [70].

## 4. Obraz krtani dziecka z wadą słuchu

Krtani jest w pierwszych latach życia dziecka zupełnie prawidłowa pod względem anatomicznym pod warunkiem, że czynnik, który spowodował uszkodzenie słuchu, nie uszkodził jednocześnie krtani.

Jak twierdzą różni autorzy, uszkodzenie narządu głosu dziecka jest zjawiskiem wtórnym, spowodowanym nie tylko brakiem kontroli słuchowej, lecz również nieodpowiednią rehabilitacją słuchu, głosu, mowy od najmłodszych lat. Według Mitrinowicz-Modrzejewskiej głuchota wrodzona lub nabyta w pierwszych miesiącach życia prowadzi do zaburzeń głosu, które się będą pogłębiały, jeśli nie będzie rozpoczęta rehabilitacja głosu [45, 54, 68, 70].

U dzieci z uszkodzonym narządem słuchu można spodziewać się następujących zmian w obrębie narządu głosu [54, 70, 81, 82, 83]:

- a. zmiana napięcia fałdów głosowych (obniżone lub podwyższone),
- b. niedomykalność głośni,
- c. hiperfunkcjonalne lub hypofunkcjonalne zwieranie się fałdów głosowych,
- d. asymetrie struktur krtani,
- e. guzki głosowe lub tendencja do ich tworzenia.

Handzel badając dzieci głuche w wieku szkolnym, wykorzystał do oceny krtani rentgenotomogramy wykonane przy fonacji samogłosek „i”, „u”, wskazując na odchylenia od fizjologicznego obrazu krtani [23]. Podczas analizy tomogramów stwierdzono: niesymetryczność i brak pneumatyzacji zachyłków gruszkowatych, płytkość i nierównomierne wykształcenie kieszonek Morgagniego, przerost fałdów rzekomych, zanikanie fałdów prawdziwych, nierównomierne wykształcenie fałdów głosowych, poszerzenie szpary głośni. Powyższe badania nad fizjopatologią głosu i mowy w przypadku głuchoty dowodzą, że niewykształcenie fizjologiczne czynności krtani ma wpływ na kształtowanie się fonacji i artykulacji. Autor podkreśla celowość podjęcia jak najwcześniejszej rehabilitacji głosu i wykształcenia artykulacji głosek, która przyczyni się do wykształcenia prawidłowej funkcji krtani.

W obrębie obwodowego narządu mowy u dzieci z wadą słuchu można zauważyć:

- a. nieprecyzyjne ruchy warg, żuchwy,
- b. obniżoną sprawność języka,
- c. nieprawidłową czynność zwieracza pierścienno-gardłowego, powodującą nosowanie,
- d. asymetryczne ruchy prawej i lewej połowy podniebienia.

Sopko i wsp. tłumaczą te zmiany znacznym obniżeniem wrażliwości proprioceptywnej podniebienia miękkiego [54, 63, 70].

W badaniach własnych zauważono, że dzieci korzystające z różnych form zaopatrzenia słuchowego i odnoszące z nich dobrą korzyść prezentują hiperfunkcjonalny sposób fonacji.

W diagnostyce zaburzeń narządu głosu u dzieci do oceny sposobu fonacji chętnie wykorzystywane są – wideolaryngoskopia i wideostroboskopia [5, 83, 103]. Badania krtani przeprowadzone u dzieci z zaburzeniami słuchu za pomocą fiberoskopu miękkiego potwierdziły, że napięcie fałdów głosowych jest wzmożone, fałdy nadmiernie zwierają się przy fonacji w przedniej ich części, pozostawiając szparę fonacyjną w tylnym odcinku głośni. U dzieci starszych powyższe obserwacje potwierdzono badaniem stroboskopowym, w którym zauważono zmniejszoną amplitudę drgań, o przebiegu niesymetrycznym w niektórych przypadkach, słabo zaznaczonym przesunięciu brzeżnym. Ruchomość fałdów głosowych była prawidłowa, poziom fałdów równy, charakter zamykania głośni był niepełny i obejmował tylny odcinek głośni. Często w trakcie fonacji można było zauważyć u tych dzieci nadmierne napięcie mięśni szyi. Głos był tworzony w sposób party.

W badaniach własnych prowadzonych wśród dzieci głuchych, które nie były aparatowane, zauważono osłabione napięcie fałdów głosowych, które leniwie przechodziły z pozycji oddechowej do fonacyjnej, pozostawiając w obrębie głośni szparę fonacyjną, obejmującą 1/2 tylnej długości fałdów lub odcinek środkowy głośni.

U dzieci z uszkodzonym narządem słuchu, a w szczególności u dzieci głuchych, mutacja jest zwykle opóźniona i często zaburzona. Istniejące już zaburzenia głosu nasilają się. Mutacja przeciąga się, a pozostałością po niej nierzadko może być głos fistułowy [22].

Narząd głosu dziecka niedosłyszącego i głuchego wymaga ćwiczeń przez długie lata – co najmniej do okresu mutacji, całkowitego rozwoju krtani i przestrzeni rezonacyjnych.

Badania prowadzone wśród młodzieży warszawskiej z głębokim niedosłuchem odbiorczym wykazały, że po okresie mutacji istnieją pewne odmienności w obrębie krtani w zależności od tego, czy dana osoba korzysta z aparatów słuchowych, czy też nigdy nie była aparatowana. U młodzieży, która nie była aparatowana i posługiwała się wyłącznie językiem migowym, stwierdza się asymetrie struktur krtani, najczęściej chrząstek nalewkowatych, a także obserwuje cechy nieukończonej mutacji w postaci trójkąta mutacyjnego. Tak więc sposób wyuczonego sposobu komunikowania się ma również wpływ na przebieg procesu mutacji.

## 5. Głos dziecka niesłyszącego w ocenie subiektywnej

Zaburzenie słuchu uniemożliwia samoregulację wysokości, natężenia, rytmu, barwy tworzonego głosu. Według Mitrinowicz-Modrzejewskiej u dzieci z uszkodzonym narządem słuchu melodia głosu pozostaje stale na niskim poziomie jako wyraz odruchów wrodzonych, pierwotnych, dziedzicznych, nie ulegając dalszemu kształtowaniu [54, 55]. Handzel uważa, że u dzieci z upośledzonym słuchem rozwój struktury akustycznej głosu zostaje zahamowany na tym etapie, na którym doszło do upośledzenia słuchu [23, 24]. U osób głuchych skala głosu poszerza się wraz z wiekiem i rozwojem aparatu fonacyjno-artykulacyjnego, głos ulega obniżeniu, jednakże brak kontroli słuchowej uniemożliwia formowanie się prawidłowej wysokości głosu i fonacji [24].

Cechą dysfonii audiogennej poza monotonią są wahania wysokości tonalnej. Głos wyraźnie zmienia swoje zabarwienie. Czas trwania wypowiedzi wydłuża się wraz ze stopniem ubytku słuchu, a u dzieci głuchych wydłuża się nawet o 30% w porównaniu z dziećmi słyszącymi normalnie [63]. Skala głosu dziecka z uszkodzonym narządem słuchu nie ulega rozszerzeniu i pozostaje w zakresie głosu niemowlęcia, obejmując 3–4 tony. Czas fonacji znacznie skraca się.

Zdaniem wielu autorów dzieci z upośledzonym słuchem demonstrują bardzo duże zaburzenia koordynacji oddechowo-fonacyjnej [48, 54, 63, 68]. Według Mitrinowicz-Modrzejewskiej zaburzenia te charakteryzują się skróceniem fazy wydechowej, częstymi i zbyt głębokimi wdechami oraz brakiem synchronizowania fazy wydechowej z fonacją i artykulacją. Przeprowadzone przez autorkę wnikliwe badania rentgenologiczne i pneumatograficzne wykazały brak koordynacji ruchów przepony, ruchy te były nieprawidłowe i nierytmiczne. Autorka zaobserwowała asymetryczne i paradoksalne ruchy przepony. Badania pneumograficzne wykonane u dzieci głuchych wykazały brak fizjologicznego asynchronizmu pomiędzy krzywą oddechową piersiową i brzusznią na początku mowy oraz częste przerwy w krzywej wydechowej [22, 54].

O natężeniu głosu i jego pojemności decyduje ciśnienie podgłośniowe, które wpływa również na zwiększenie wysokości głosu. Zatem wzrost głośności musi być kompensowany zmniejszeniem napięcia fałdów głosowych po to, by utrzymać tę samą wysokość głosu [70]. U dzieci pozbawionych całkowitej kontroli słuchowej taka zdolność kompensacyjna zostaje zaburzona, w związku z tym dzieci te nie są w stanie utrzymać głosu na jednym poziomie podczas fonacji, głos ma więc charakter falujący.

Nastawienie głosowe, sposób tworzenia głosu są różne w zależności od wtórnych zmian czynnościowych w obrębie krtani, powstałych na podłożu zaburzeń słuchu u dzieci. Głos może więc reprezentować cechy dysfonii hyperfunkcjonalnej lub hypofunkcjonalnej. Rodzaj wystąpienia danego typu zaburzeń reguluje głębokość ubytku słuchu.

U dzieci niedosłyszących spotyka się najczęściej obraz hyperfunkcyjnej czynności krtani z widoczną czasem nadmierną spastyką mięśni twarzy i szyi [36, 54, 68, 70]. Głos tych dzieci jest obłożony, matowy, ochrypnięty, falujący, krzykliwy, z przydźwiękiem nosowym, party, o twardym nastawieniu i dużym natężeniu. Natomiast kształtujące się cechy głosu dzieci głuchych są konsekwencją czynnościowych zaburzeń w obrębie krtani typu hypofunkcjonalnego. Głos jest bezbarwny, cichy, monotony, o nastawieniu chuchającym, zupełnie pozbawiony elementów melodycznych. Głos dzieci głuchych jest ograniczony do kilku tonów, brak mu częstotliwości tworzących, powstających dzięki odbioremu jam rezonacyjnych. Według niektórych autorów przeprowadzenie głosu do jam rezonacyjnych nie jest łatwym zadaniem. Zwierający pierścień gardłowy jest zbyt słaby, aby oddzielić gardło średnie od górnego i jamy nosowej [19, 54, 70, 80]. Wskutek powyższych zależności powietrze podczas mówienia dostaje się do nosa, co nadaje dźwiękom nosowe zabarwienie.

Badania niektórych autorów dowiodły, że u osób głuchych występuje podwyższenie rezonansu nosowego oraz obniżenie aktywności zastawkowej zwieracza podniebienia-gardłowego, mimo że w badaniu EMG rejestruje się prawidłową aktywność mięśniową podniebienia [97].

Higgins i wsp. wykorzystując kompleksowe metody elektrofizjologiczne, wykazali, że osoby z upośledzonym słuchem odznaczały się wyższym ciśnieniem wewnątrz jamy ustnej, w okolicy podgłośniowej, oraz większymi oporami krtani, zwiększeniem częstotliwości podstawowej, a więc wyższym głosem.

Doświadczenia własne wskazują, że sposób tworzenia głosu przez dzieci z upośledzonym słuchem bywa zróżnicowany i jest uzależniony od wieku dziecka, efektów rehabilitacji oraz sposobu zaopatrzenia słuchowego. Dzieci małe z głębokim niedosłuchem trwającym od urodzenia, które nigdy nie były aparatuwane, jak również nigdy nie podjęły rehabilitacji, prezentowały chuchające nastawienie głosowe. Ich głos był słaby, o małym natężeniu.

Obserwowano również u tych dzieci obniżenie sprawności zwieracza podniebieno-gardłowego na skutek obniżenia napięcia mięśniowego w obrębie obwodowego narządu mowy.

Ysunza ze wsp. badając czynność zwieracza podniebieno-gardłowego u pacjentów z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, stwierdził, że pacjenci pozbawieni regulacji słuchowej podczas fonacji prezentują zaburzenia zwarcia podniebieno-gardłowego, podwyższenie rezonansu nosowego, mimo normalnej aktywności mięśni rejestrowanej elektromiografem [97]. Konsekwencją niewydolności podniebieno-gardłowej jest nosowe zabarwienie głosu i mowy.

Zaopatrzenie dziecka niesłyszącego w aparaty słuchowe lub implant ślimakowy powoduje zmianę charakteru nastawienia głosowego. Dzieje się tak dlatego, że przy dobrej korzyści z wybranej formy zaopatrzenia słuchowego dziecko częściowo odzyskuje zdolność słyszenia. To sprawia, że staje się dzieckiem niedosłyszącym. Pozyskanie kontroli słuchowej, w mniejszym lub większym stopniu, wpływa na zmianę mechanizmu fonacji. Tworzony głos ma nastawienie twarde, jest bezdźwięczny i o stosunkowo dużym natężeniu. Do dziecka dobiegają dźwięki z otoczenia, w tym własny głos, lecz wskutek pozyskania tylko częściowej kontroli słuchowej spostrzegane są przez dziecko jako „słabe” wrażenia akustyczne. W odpowiedzi na to dzieci mówią głośnie. Powszechnie wiadomo, że wzrost natężenia głosu związany jest ze wzrostem ciśnienia podgłośniowego, które może być związane z mobilizacją i wzrostem napięcia mięśni oddechowych. Fonacja zaś jest wynikiem wzajemnego oddziaływania na siebie oporu, jaki stawia głośnia, i ciśnienia podgłośniowego [30, 55, 70].

W pracach prowadzonych na materiale własnym zaobserwowano, że głos dzieci niesłyszących zmienia się również w zależności od wieku dziecka. W młodszych grupach wiekowych jest stosunkowo dźwięczny, lecz wysoki, okresowo piskliwy i falujący. Zwraca uwagę małe natężenie głosu. Głos jest słaby, a u wielu dzieci obserwowano chuchające nastawienie głosu. Głos dzieci starszych jest całkowicie bezdźwięczny, matowy. Subiektywna ocena głosu u dzieci zastosowana między innymi w tej pracy pozwala stwierdzić, że głos niesłyszących niemowląt nie różni się szczególnie od głosu dzieci słyszących. Zauważono jedynie mniejsze natężenie i monotonię głosu u niesłyszących. U małych dzieci niesłyszących w wieku 1–3 r.ż. głos był wysoki i nadal pozostawał dźwięczny. Uwagę zwracało jednak skrócenie czasu fonacji w stosunku do dzieci słyszących oraz u wielu zmiana charakteru tworzenia głosu i nastawienia podczas fonacji. W zasadzie istotne różnice w ocenie odsłuchowej pomiędzy słyszącymi i niesłyszącymi pojawiły się u dzieci powyżej 3 roku życia. Wyraźnie zmieniał się charakter głosu i był różny w zależności od tego, czy dziecko było zaopatrzone lub implantowane (niedosłyszące), czy też nie korzystało z żadnej formy zaopatrzenia słuchowego (niedosłyszące). Ciekawą rzeczą okazało się, że głosy dzieci korzystających z implantów i aparatów słuchowych są bardzo podobne. Podstawowe, subiektywne badania głosu u dzieci z implantami, które podzielono na dwie grupy wiekowe – 3–6 r.ż. i 7–12 r.ż., nie wykazywały różnic w stosunku do głosów dzieci w tym samym wieku, które posiadały klasyczne aparaty słuchowe. Natomiast badania akustyczne wykazują pewne cechy istotnie różnicujące głosy dzieci aparatuowanych i implantowanych, jednak dotyczy to wyłącznie dzieci w wieku szkolnym, tj. pomiędzy 7 a 12 rokiem życia. Różnice w głosach tych dzieci ujawniające się w badaniach akustycznych potwierdzają zasadność stosowania tych metod do oceny głosu i jego różnic wynikających z zastosowania wybranej formy zaopatrzenia słuchowego.

Widoczny jest więc wpływ czasu i momentu zaopatrzenia dziecka niesłyszącego w aparat słuchowy czy implant ślimakowy na proces kształtowania się jego głosu.

Inni autorzy opisują, że głos dziecka głuche (niedosłyszącego) jest szorstki, tworzony z twardym nastawieniem [47, 63]. Twarde nastawienie głosowe oznacza zbyt silne zwieranie fałdów głosowych przy przechodzeniu z ustawienia oddechowego do fonacji. U tych dzieci obserwuje się podczas ćwiczeń nadmierną mobilizację całego aparatu mięśniowego, w tym mięśni oddechowych oraz w obrębie aparatu głosu i mowy. W związku z tym najważniejsze wydaje się wczesne zaopatrzenie dziecka w wybrany rodzaj protezy słuchowej, która umożliwi mu wykorzystanie kanału słuchowego w następnej rehabilitacji i procesie kształtowania głosu i mowy.

Głos dzieci głuchych, które nie odnoszą korzyści z aparatów słuchowych, a zostały jednak poddane rehabilitacji mowy, posiada również swoje cechy charakterystyczne. Dzieci te tworzą głos z mniejszym lub większym wysiłkiem, co powoduje zmianę charakteru i barwy głosu. Potwierdza to fakt, że przebieg rehabilitacji ma duży wpływ na kierunek kształtowania się głosu i mowy. Zapewne związane jest to z tym, że w rehabilitacji dzieci niesłyszących wykorzystuje się wyłącznie kanał wzrokowy i czuciowy. Dzieci te wykonują ćwiczenia na drodze obserwacji, naśladownictwa, wielokrotnego powtarzania. Są one całkowicie pozbawione możliwości weryfikacji własnego głosu i mowy z otoczenia, tak więc wskutek braku sprzężenia zwrotnego słuch-głos-mowa niemożliwe jest wykształcenie prawidłowych czy prawie prawidłowych wzorców fonacyjnych. Prowadzący ćwiczenia logopedyczne i foniatryczne muszą mieć świadomość, że niedostateczna kontrola słuchowa dziecka czy niewłaściwe wykorzystanie jej podczas rehabilitacji może doprowadzić do wytworzenia, a następnie do utrwalania błędnych nawyków fonacyjnych, co znajduje odzwierciedlenie w jakości tworzonego głosu.

Czułym wskaźnikiem zaburzeń głosu jest pomiar czasu fonacji. Hirano (1963) podaje normę dla kobiet – 25,7 sek. i dla mężczyzn – 34,5 sekund [26]. Pruszewicz (1992) podaje, że czas fonacji u osób za sprawnym narządem głosu wynosi 20–25 sekund [70]. Dobinson (1993) w swych badaniach pokazał, że czas fonacji dla kobiet wynosi 18,4 sek., a dla mężczyzn 22 sekundy [9]. Halama obliczył, że średni czas fonacji dla kobiet wynosi 16,5 sekund, a dla mężczyzn 21,8 sek. Pomiary wykonywał za pomocą chronometru [21]. Według definicji podanej przez Nicolasi i wsp. (1988) maksymalny czas fonacji mierzony w sekundach to najdłuższy czas, podczas którego dźwięk (najczęściej samogłoska „a”) jest emitowany przy maksymalnym wdechu [21]. W piśmiennictwie zaznacza się, że na czas fonacji może wpływać szereg czynników, takich jak płeć i wiek badanego (Finnegan, 1986), liczba powtarzanych prób (Neiman, 1981), rodzaj użytej samogłoski (Harden, 1984), wysokość i natężenie tonu (Ptacek, 1963). Podkreśla się więc, że porównywalne mogą być jedynie wyniki przy takich samych kryteriach i metodyce badania [21]. Obniżenie czasu fonacji poniżej 10 sekund u dorosłych może przemawiać za istnieniem dużej patologii głosu [12, 63, 70].

Badania własne wykazały, że wartości zmierzonych czasów fonacji dla dzieci zdrowych wynosiły 14–20 sekund (średnio 17 sek.) i wydłużały się wraz z wiekiem dziecka. U wszystkich dzieci z głębokim niedosłuchem, bez względu na rodzaj zaopatrzenia słuchowego, czas fonacji jest znacznie obniżony i wynosi 5–9 sekund. Najniższe wartości mają dzieci niesłyszące (głuche) – ok. 5–6 sekund. Długość czasu fonacji wiąże się przede wszystkim z koordynacją oddechowo-fonacyjną oraz zdolnością wibracyjną fałdów głosowych. Wśród badanych dzieci niedosłyszących i niesłyszących, u których wykonano badanie stroboskopowe, stwierdzono zaburzenia amplitudy drgań, które były zwiększone lub zmniejszone czy niesymetryczne. Współtowarzyszące zaburzenia oddychania charakteryzują się skróceniem fazy wydechowej, częstymi i zbyt głębokimi wdechami, brakiem synchronizowania fazy oddechowej z fonacją i artykulacją [12, 45, 54, 55, 70].

Wydaje się, że w dobie współczesnych osiągnięć medycyny, nowych metod diagnostycznych, leczniczych oraz rehabilitacyjnych sytuacja dzieci z upośledzonym słuchem zmienia się w dość szybkim tempie. Jest to cenne szczególnie w przypadku dzieci głuchych, u których właściwy sposób zaprotezowania w aparat słuchowy czy implant ślimakowy, jak również właściwie dobrany schemat szeroko pojętej rehabilitacji powoduje, że dzieci te stają się niedosłyszące. Tak więc pozyskują możliwość kontroli własnego głosu, a co za tym idzie zdolność likwidacji czy poprawy pewnych jego nieprawidłowości w kolejnych etapach rehabilitacji foniatrycznej. Na uwagę zasługuje niewątpliwie fakt wprowadzenia w Polsce w 1992 roku programu implantów ślimakowych przez profesora Skarżyńskiego. Implant ślimakowy stał się kolejną szansą wyjścia ze świata ciszy dla dzieci głuchych, którym klasyczne aparaty słuchowe nie dały oczekiwanej korzyści [18, 76, 77, 78].

## 6. Wykorzystanie analizy akustycznej do oceny głosu dzieci z wadą słuchu

Niektórzy autorzy podają, że poprzez badanie zjawiska tworzenia głosu, czyli akustycznych właściwości fali głosowej, można uzyskać informacje dotyczące jakości wytwarzanego głosu i czynności fonacyjnej krtani [46, 70, 87, 88, 102]. Głos jest zjawiskiem akustycznym i wszelkie jego zaburzenia charakteryzują się nieprawidłowym rozkładem jego wszystkich składowych, tj. częstotliwości, amplitudy, natężenia, czasu trwania i barwy.

Najprostszym przedstawieniem wszelkiego rodzaju zjawisk akustycznych fali głosowej jest określenie sygnału jako zmian wielkości amplitudy  $A$  w funkcji czasu –  $A=f(t)$ . Drgania akustyczne przetworzone za pomocą mikrofonu na ściśle im odpowiadające drgania elektryczne mogą być zapisane w formie oscylogramu przedstawiającego graficzny zapis funkcji  $A=f(t)$ .

Odległości pomiędzy sąsiednimi drganiami odpowiadają jednemu okresowi tonu krtaniowego. W głosie normalnym, przy ustalonym tonie krtaniowym, czas trwania jego poszczególnych okresów jest podobny. Zmiany w zakresie jiter i shimmer powinny występować płynnie, a różnice między kolejnymi powinny być niewielkie. Do zapisu oscylograficznego stosuje się urządzenia zwane oscylogramami. Do niedawna były to wyłącznie urządzenia analogowe, obecnie coraz powszechniej stosowane są urządzenia cyfrowe. Nowoczesne komputery umożliwiają zapis cyfrowy w postaci wykresu o znacznie większej dokładności niż urządzenia analogowe, dysponują bowiem możliwością doboru bardzo małych różnic w amplitudzie w bardzo małych odstępach czasu. Bezpośrednio z czynnością fonacyjną krtani związana jest wartość częstotliwości podstawowej  $F_0$  i rozkład jej przebiegu w czasie. Analizę taką umożliwia intonometria. Analiza rozkładów statystycznych  $F_0$  może służyć do ilościowej oceny stanu źródła głosu. Maniecka-Aleksandrowicz zastosowała w tym celu metodę intonometrii komputerowej, uzyskując wyniki analizy w postaci intonogramów. Intonogram przedstawia histogramy rozkładu wartości okresu tonu krtaniowego i jego względnych zmian w czasie oraz parametry statystyczne opisujące ten rozkład [49]. Na wartości zmian częstotliwości tonu krtaniowego istotnie wpływają cechy osobnicze mówiącego, które można jednak wyeliminować, stosując skomplikowane metody matematyczne lub zobrazować dokładnie do celów identyfikacyjnych [20, 29].

Sygnał akustyczny głosu można również przedstawić jako rozkład energii względem częstotliwości, czyli jako moduł widma. Pomiaru oraz wizualizacji widma można dokonać za pomocą urządzeń analogowych lub cyfrowych zwanych ogólnie spektografami, które umożliwiają wykonywanie zapisów sygnału w wersji wąkopasmowej i szerokopasmowej. W rezultacie analizy powstaje obraz, w którym oś czasu występuje na osi poziomej, częstotliwość na osi pionowej, a zmiana poziomu (amplitudy) sygnału jest przedstawiona poprzez zmiany stopnia zaczerwienia powierzchni zapisu [7, 29, 30, 70, 88].

Zalaska-Kręcicka opracowała akustyczną metodę badania głosu, w której posługuje się sześcioma testami. Pierwszy test to test okresowości, drugi – test nachylenia, trzeci – test amplitudy, czwarty – test sumy szczytów, piąty – test tonu podstawowego i szósty – test stosunku sumy wysokości trójkątów niskich do sumy wysokości trójkątów wysokich. Według autorki jest to obiektywna metoda oceny głosu i może mieć dużą wartość diagnostyczną

w różnych stanach patologicznych [102].

Coraz częściej na świecie i w Polsce do analizy akustycznej głosu i mowy wykorzystuje się analizator cyfrowy KAY Elemetrics model 4300B, który w połączeniu z komputerem oraz odpowiednim oprogramowaniem (Computerized Speech Lab) umożliwia przeprowadzenie bardzo dokładnego badania struktury akustycznej głosu i mowy [37, 71, 86, 87, 96]. Zastosowanie powyższego systemu umożliwia [87]:

- akwizycję danych: zarejestrowanie odpowiedniej próbki głosu (izolowana samogłoska, wyraz, zdanie),
- archiwizację uzyskanych wyników analiz,
- zapis przebiegów czasowych analizowanej próbki głosu,
- analizę spektrograficzną,
- analizę tonu krtaniowego (widmo, histogramy  $P_0$ ),
- analizę formantową, intonograficzną i częstotliwościową,
- analizę wieloparametryczną tonu krtaniowego (MDVP).

Szczególnie interesujące wydaje się zastosowanie dla potrzeb klinicznych programu MDVP (Multi Dimensional Voice Program), który umożliwia analizę 33 parametrów akustycznych głosu. Wynik przedstawia graficzny rozkład parametrów w postaci rozgwieżdżonej oraz liczbowe zestawienie wartości poszczególnych 33 parametrów akustycznych.

Wynik wieloparametrycznej analizy izolowanej samogłoski „A” 3-letniego dziecka z głębokim niedostęchem odbiorczym, nieposiadającego aparatów słuchowych

Poniżej wymienione są wszystkie badane parametry akustyczne w kolejności alfabetycznej:

1. APQ (Amplitude Perturbation Quotient %) – względna zmiana amplitudy.
2. ATRI (Amplitude Tremor Intensity Index %) – współczynnik intensywności modulacji amplitudy.
3. DSH (Degree of Sub-Harmonics %) – stopień składników wyższych harmonicznym.
4. DUV (Degree of Voiceless %) – stopień bezgłosu.
5. DVB (Degree of Breaks %) – stopień przerw w głosie.
6. Fatr (Amplitude Tremor Frequency Hz) – częstotliwość modulacji amplitudy.
7. Fftr (Fo Tremor Frequency HZ) – częstotliwość modulacji Fo.
8. Fhi (Highest Fundamental Frequency Hz) – najwyższa częstotliwość podstawowa.
9. Flo (Lowest Fundamental Frequency Hz) – najniższa częstotliwość podstawowa.
10. Fo (Average Fundamental Frequency HZ) – średnia częstotliwość podstawowa.
11. FTRI (Fo Tremor Intensity Index %) – wskaźnik intensywności drżenia częstotliwości.
12. Jita (Absolute Jitter) – bezwzględna zmiana z okresu na okres Fo.
13. Jitt (Jitter Percent %) – względna zmienność częstotliwości z okresu na okres.
14. NHR (Noise-to-Harmonic Ratio) – stosunek szumu do sygnału.
15. NSH (Number of Sub-Harmonic Segments) – liczba segmentów subharmonicznych.
16. NUV (Number of Unvoiced Segments) – liczba segmentów bezgłosowych.
17. NVB (Number of Voice Breaks) – liczba przerw głosowych.
18. PER (Pitch Periods) – liczba okresów.
19. PFR (Phonatory Fo Range in Semi-Tones) – fonacyjny zakres Fo.
20. PPQ (Pitch Perturbation Quotient %) – iloraz zmiany okresu Fo.
21. RAP (Relative Average Perturbation %) – iloraz średniej zmiany Fo.
22. sAPQ (Smoothed Amplitude Perturbation Quotient) – wygładzony iloraz zmian amplitudy.
23. SEG (Total Number of Segments) – całkowita liczba segmentów.
24. ShdB (Shimmer in dB) – zmiana z okresu na okres amplitudy.
25. Shim (Shimmer Percent %) – modulacja amplitudy.
26. SPI (Soft Phonation Index) – wskaźnik dyskretnej fonacji.
27. sPPQ (Smoothed Pitch Perturbation Quotient %) – wygładzony iloraz zmian Fo.
28. STD (Standard Deviation of the Fundamental Frequency) – odchylenie standardowe Fo.
29. To (Average Pitch Periodms) – średni okres Fo.
30. Tsam (Lengh of Analyzed Data Samples) – długość analizowanej próbki głosu.
31. vAm (Peak Amplitude Variation; %) – wskaźnik zmiany amplitudy.
32. vFo (Fundamental Frequency Variation %) – wskaźnik zmiany częstotliwości podstawowej.
33. VTI (Voice Turbulence Index) – wskaźnik turbulencji głosu.

W literaturze [90, 91] stosuje się podział wszystkich parametrów akustycznych na grupy oceniające cechy fizyczne głosu w następujący sposób:

- 1 grupa – parametry opisujące częstotliwość podstawową (Fo, Fhi, Flo, STD)
- 2 grupa – parametry oceniające zaburzenia częstotliwości (Jitt, Jita, RAP, PPQ, sPPQ, vFo)
- 3 grupa – parametry oceniające zaburzenia amplitudy (Shim, ShdB, APQ, sAPQ, vAm)
- 4 grupa – parametry oceniające nieregularność głosu (DUV, NUV)
- 5 grupa – parametry oceniające drżenie głosu (FTRI, ATRI)
- 6 grupa – parametry oceniające przerwy w fonacji (DVB, NVB)
- 7 grupa – parametry informujące o obecności subharmonicznych (DSH, NSH)
- 8 grupa – parametry informujące o obecności składowych szumowych (NHR, VTI, SPI).

Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX w. pojawiły się doniesienia, których tematem była ocena parametrów akustycznych głosów osób niesłyszących z zastosowaniem metody wieloparametrycznej analizy głosu (MDVP). Skoncentrowano się głównie na materiale osób korzystających z implantów, w tym dzieci [47, 50, 53, 68, 71, 86, 87]. Autorzy podają, że zmiany w akustycznej strukturze głosu są znamienne w grupach parametrów reprezentujących częstotliwość, amplitudę, tremor, oceniających nieregularność głosu, występowanie subharmonicznych i składowych szumowych [47, 71, 86, 87]. Ponowne pomiary wykonane po pewnym czasie użytkowania implantu, a więc jak należy sądzić już w okresie osiągnięcia przez dzieci samokontroli słuchowej, wykazywały tendencję do normalizacji. Przy użyciu systemu wieloparametrycznej analizy głosu uzyskuje się wartości poszczególnych parametrów oraz ich rozkład graficzny. Daje to więc możliwość wizualizacji osiągniętych efektów rehabilitacyjnych [81, 82, 86, 87]. Taka forma obiektywnego badania głosu może być wartościowym sprawdzianem użyteczności implantu ślimakowego jak również aparatu słuchowego. Jest to szybka metoda oceny głosu i stosunkowo prosta do przeprowadzenia. Daje możliwość wizualizacji wyników badania głosu w bardzo przejrzystej i dostępnej formie, co jest bardzo pomocne dla terapeuty i niezmiernie ważne dla samego pacjenta. Możliwość obserwacji osiągniętych wyników na przykład w trakcie toczącej się rehabilitacji jest bardzo motywująca dla pacjenta i jego rodziny uczestniczącej w długotrwałym procesie rehabilitacyjnym.

W literaturze w ostatnich latach pojawiło się wiele doniesień śledzących zmianę głosu, jego cech akustycznych, charakterystyki formantowej i innych zależności ocenianych w miarę postępów rehabilitacji u dzieci korzystających z aparatów słuchowych i implantów ślimakowych [33, 50, 54, 57, 64, 67, 68, 71, 72, 73, 86, 92]. Autorzy są zgodni, że dając dziecku możliwość kontroli słuchowej, w tym własnego głosu, a następnie prowadząc właściwą rehabilitację słuchu, głosu i mowy, można oczekiwać normalizacji pewnych nieprawidłowości w głosie tych dzieci [1, 6, 33, 34, 37, 41, 45, 47, 50, 56, 58, 65, 68, 71, 89].

Głos jest wypadkową wielu zależności i zjawisk akustycznych w obrębie narządu głosu i jam rezonacyjnych. Ujawnienie się pewnych cech głosu dziecka, które możemy scharakteryzować odsłuchowo, jest wykładnikiem rozkładu nie jednego, a wielu parametrów akustycznych. Dlatego nie można kolejnym cechom głosu przypisywać charakteryzujących je izolowanych parametrów akustycznych. Głos, który słyszemy i możemy oceniać, jest produktem finalnym kształtowania się i „obróbki” tonu krtaniowego w obrębie całego kanału głosowego.

Porównywanie metody percepcyjnej z metodą akustyczną i znalezienie korelacji pomiędzy nimi w ocenie cech głosu jest przedmiotem badań od ponad 30 lat. Wendhal podjął się próby wyjaśnienia zjawiska szorstkości głosu poprzez sygnał zmienności amplitudy określany jako shimmer [64]. Imaizumi, Kane, Wellon opierając się na metodzie percepcyjnej i akustycznej w ocenie chrypki, obliczyli współczynniki korelacji między wynikami obu metod [27, 87]. Autorzy ci wysunęli hipotezę, że szorstkość głosu jest spowodowana głównie zróżnicowaniami i modulacjami w zakresie wysokości głosu (zmian w amplitudzie), natomiast głos oddechowy (breathiness) jest spowodowany obecnością dodatkowych komponentów szumowych. Martin i wsp. skoncentrowali się na czterech głosach – breathless (zadyszany), breathy (oddechowy), rough (szorstki), hoarse (ochrypły) z różnymi typami patologii krtani [51]. Autorzy mierząc średnią wartość Fo, jitter, shimmer i stosunek sygnału do szumu usiłują znaleźć kombinację parametrów, która posłużyłaby ocenie percepcyjnej badanych głosów. Autorzy uzyskali najwyższe współczynniki korelacji w głosach szorstkich dla H\N (stosunek szumu do sygnału) i shimmera. W głosach odde-

chowych mniejszą wartość miał jitter. Nie określono natomiast kombinacji parametrów akustycznych do oceny głosu ochryplego.

Badania mające na celu znalezienie współczynników korelacji dla obu metod były dotąd prowadzone na głosach osób dorosłych.

Podjęmowane próby różnicowania stanów patologicznych z głosem fizjologicznym długo nie przynosiły oczekiwanego rezultatu ze względu na brak statystycznie znamiennych różnic kwalifikujących pacjentów do poszczególnych grup.

Świdziński w rozprawie habilitacyjnej podjął próbę opracowania metodyki badań akustycznych głosu ludzkiego, która w sposób ilościowy oceniałaby zaburzenia mowy i głosu [87]. Autor określa zestaw parametrów akustycznych w ocenie głosów normalnych i zaburzonych, różnicuje też zmiany organiczne i czynnościowe w oparciu o analizę akustyczną.

Głos dzieci niesłyszących charakteryzuje się licznymi odmiennościami w ocenie subiektywnej i zaburzeniami struktury akustycznej potwierdzonymi badaniem obiektywnym. Charakter tych nieprawidłowości zależy od wieku dziecka, jak również od tego, czy dziecko korzysta z aparatu lub implantu ślimakowego i czy odnosi korzyść z tej formy zaopatrzenia słuchowego.

Wytworzenie specyficznych mechanizmów fonacyjnych u dzieci z zaburzeniami słuchu powoduje charakterystyczne zmiany w strukturze akustycznej głosu. Nie dotyczy to tylko parametrów oceniających zaburzenia częstotliwości podstawowej, ale również innych grup parametrów opisujących cechy fizyczne głosu tych dzieci. Według niektórych autorów zastosowanie ścisłych zasad nagrywania i określonego postępowania przy analizie daje stosunkowo wiarygodne, powtarzalne informacje o zaburzeniach częstotliwości, amplitudy, poziomu hałasu, drżenia głosu czy przerw w głosie [29, 87]. Niektórzy autorzy prowadzą rejestracje materiału dźwiękowego przy użyciu laryngofonu, inni używają mikrofonów pojemnościowych.

Świdziński uważa, że rejestracja głosu przez laryngofon może dawać bardziej powtarzalne wyniki analiz wyekstrahowanych cech tonu krtaniowego niż rejestracja za pomocą mikrofonu [87]. Klinholtz i Arndt podają, że najbardziej obiektywnym sposobem oceny akustycznej głosu jest analiza pierwotnego tonu krtaniowego, ze względu na zmienne oddziaływanie całego traktu głosowego na generator dźwięku, czyli głośnię [87].

Badania własne nad głosem dzieci pozwalają stwierdzić, że struktura akustyczna głosów dziecięcych różni się od głosów osobników dorosłych. Wykazano również różnice wynikające z odmienności rozwojowych w kolejnych okresach życia dziecka, które mają w konsekwencji wpływ na sposób kształtowania się i emisji głosu [36, 96]. Różnice te wynikają przede wszystkim z innej budowy w obrębie samej krtani (krótkie fałdy głosowe, stosunek długości fałdów do odległości międzynaławkowej, położenie i kształt nagłośni, fizjologiczna szpara fonacyjna w tylnym odcinku głośni, wysokie ustawienie krtani), ograniczenia przestrzeni rezonacyjnych, braku równowagi i koordynacji oddechowo-fonacyjnej, jak również ze specyficznej sylwetki emocjonalnej. W przypadku analizy głosów dziecięcych element emocjonalny jest jednym z ważniejszych czynników osobniczych, który należy uwzględnić [42].

Przeprowadzona analiza akustyczna głosów dziecięcych na materiale własnym pozwoliła określić istotne różnice w strukturze akustycznej głosu dzieci słyszących oraz dzieci z głębokim niedosłuchem odbiorczym. Rozkłady tych parametrów są jednak różne w każdej grupie wiekowej, a ich wartości zmieniają się w zależności od stopnia pozyskanej kontroli słuchowej. Analiza statystyczna pozwoliła na wyodrębnienie tych parametrów akustycznych, których poziom istotności pozwala na znamienne zróżnicowanie cech w obrębie badanych grup.

Zestaw tych parametrów zmieniał się w zależności od wieku badanej grupy. Parametrem znamienne różnicującym badane grupy dzieci był  $F_0$  – częstotliwość podstawowa. Stanowi on zarazem temat licznych doniesień i dlatego zasługuje na oddzielne omówienie [6, 47, 69, 87].

Częstotliwość podstawowa według Carrella jest jednym z trzech parametrów, z którym wiąże się akustyczne cechy indywidualne nadawcy informacji językowej [87]. W 1952 roku Peterson i Barney wyznaczyli zakres głosu dziecięcego od 250 do 275 Hz. Dane Lassa (1976), Ohali (1981), Traunmullera (1983) pozwoliły ustalić przeciętną wartość częstotliwości podstawowej dla głosów dziecięcych – 300–320 Hz, a nawet 400 Hz. Według niektórych autorów największe zmiany w wartościach  $F_0$  zachodzą w czterech pierwszych miesiącach życia, następnie w wieku 1–3 lat i w okresie dojrzewania przypadającym na

13–17 rok życia [42, 54]. Euguchi i Hirsh określili wartość częstotliwości podstawowej u 3-letniego dziecka, która wynosiła 300 Hz [42]. Autorzy ci stwierdzili, że w tym właśnie wieku  $F_0$  obniża się gwałtownie o około 30 Hz i następnie stopniowo, dość wolno obniża się w wieku 3–6 lat. Stwierdzili również, że nie ma różnic wysokości głosu wynikających z płci dziecka aż do 10 roku życia. Podobny przebieg rozkładu tego parametru u dzieci słyszących jest widoczny w obserwacjach własnych. W grupie 3-letnich dzieci słyszących obliczono, że częstotliwość podstawowa ma średnią wartość 283 Hz, następnie obniża się w niewielkim stopniu i osiąga u dzieci słyszących 3–6 letnich wartość 273 Hz. Różnica w wartościach  $F_0$  wynosiła w materiale własnym zaledwie 10 Hz.

Badania akustyczne głosu i mowy osób głuchych prowadzone przez różnych autorów wykazały, że sama częstotliwość podstawowa jest wyższa niż u osób zdrowych, jak również zmienność tego parametru jest większa [11, 47, 69, 70, 71, 86, 87].

Na podstawie wyników własnych szczególnie interesujący wydaje się przebieg parametru  $F_0$  u niemowląt od 2 miesiąca do 1 roku życia. W wyniku przeprowadzonych badań akustycznych nie stwierdzono różnic w rozkładzie tego parametru u dzieci słyszących i niesłyszących. Średnia wartość  $F_0$  u niemowląt zdrowych wynosiła 438 Hz, podczas gdy u dzieci niesłyszących 435 Hz. Zauważono jedynie u dzieci zdrowych, że wartość najwyższej częstotliwości podstawowej  $F_{hi}$  osiąga większe wartości i wynosi 567 Hz, natomiast u dzieci niesłyszących ma średnią wartość  $F_{hi}=528$  Hz. Wartości najniższej częstotliwości  $F_{lo}$  w obu grupach były porównywalne i wynosiły 335 Hz. Tak więc rozróżnienie pomiędzy wartościami  $F_{hi}$  i  $F_{lo}$  był większy u niemowląt zdrowych, słyszących. U niemowląt dźwięki tworzone są początkowo podświadomie, mogą wyrażać zadowolenie, ból, przykrość. W ten sposób tworzone są również u dzieci niesłyszących. Dopiero około 9 miesiąca życia dziecko zaczyna świadomie wykorzystywać analizator słuchowy, gromadząc wrażenia słuchowe z otoczenia, bawiąc się własnym głosem, a później łącząc symbole akustyczne z ich właściwym znaczeniem. Ten fakt może więc tłumaczyć porównywalne wartości częstotliwości podstawowej u niemowląt słyszących i niesłyszących. Głos niemowląt niesłyszących w ocenie subiektywnej wykazywał pewne odmienności. Pomimo że tworzony był jako odpowiedź na podany nieprzyjemny bodziec (szczypanie), pozbawiony był stosownego zabarwienia emocjonalnego, był słaby i monotony.

U wszystkich dzieci niesłyszących powyżej pierwszego roku życia częstotliwość podstawowa  $F_0$  przy fonacji izolowanej samogłoski „A” była znacząco wyższa od częstotliwości podstawowej głosu u dzieci słyszących w obrębie tych samych grup wiekowych. Zaopatrzenie dziecka niesłyszącego w aparat słuchowy czy implant ślimakowy powoduje wzrost częstotliwości podstawowej głosu dziecka. Tak więc pojawia się znacząca różnica w wysokości głosu u dzieci przed zaopatrzeniem i po zaopatrzeniu w aparat słuchowy. Te różnice są wyraźne do 6 roku życia. Powyżej 7 roku życia różnice te zmniejszają się, a częstotliwość podstawowa osiąga porównywalne wartości u dzieci niesłyszących całkowicie i dzieci noszących aparaty. Największe różnice w wartości  $F_0$  stwierdzono w grupie wiekowej pomiędzy pierwszym a trzecim rokiem życia. Częstotliwość podstawowa określana u dzieci zdrowych na podstawie własnego materiału wynosiła średnio 284 Hz, podczas gdy u dzieci niesłyszących w tym samym wieku osiągnęła średnią wartość 417 Hz. Jest to zgodne z doniesieniami w literaturze, gdzie podaje się, że do trzeciego roku życia zauważa się dynamiczne obniżanie się częstotliwości podstawowej głosu u dzieci z prawidłowym słuchem [32, 42].

Jak wiemy, głos dzieci słyszących z wiekiem ulega obniżeniu. Głos dzieci niesłyszących również obniża się, lecz proces ten jest opóźniony. Intensywny okres obniżania się  $F_0$  u dzieci niesłyszących przypada na okres pomiędzy 3 a 6 rokiem życia. To opóźnienie wywołane zapewne zahamowaniem fizjologicznego wzrostu krtani i zaburzeniem mechanizmów na skutek uszkodzenia narządu słuchu tłumaczyć może dużą różnicę w średnich wartościach  $F_0$  w omawianej grupie wiekowej 1–3 r.ż. W grupie wiekowej 3–6 r.ż. średnia wartość  $F_0$  u dzieci słyszących wynosi 273 Hz, podczas gdy u dzieci niesłyszących różni się zaledwie o 27 dB i osiąga średnią wartość 302 Hz. Na skutek intensywnego obniżania się głosu powyżej 6 roku życia w grupie dzieci słyszących i dość stabilnego przebiegu u dzieci niesłyszących, różnica pomiędzy średnimi wartościami  $F_0$  ponownie zwiększa się i wynosi 72 dB przy średnich wartościach dla dzieci słyszących – 217 Hz i dzieci niesłyszących – 289 Hz.

Rysunek 4

Analiza uzyskanych wartości parametrów akustycznych ważnych z klinicznego punktu widzenia wykazuje, że znaczenie w różnicowaniu głosu dzieci słyszących, niesłyszących (głuchych), aparatowanych i implantowanych mogą mieć parametry opisujące zaburzenia częstotliwości podstawowej, amplitudy, obecności szumu, składowych subharmonicznych i drżenia w głosie. Wartości tych parametrów są zmienne w zależności od wieku dziecka i stopnia pozyskanej kontroli słuchowej. Pomimo że widoczne jest duże zróżnicowanie wartości tych parametrów w badanych grupach, tylko niektóre z nich w sposób istotny statystycznie wykazują różnice między dziećmi słyszącymi i niesłyszącymi oraz dziećmi aparatowanymi i implantowanymi.

U małych dzieci niesłyszących w wieku od 1 do 3 roku życia stwierdza się następujące parametry istotne statystycznie, które różnicują je z dziećmi słyszącymi: Fo, Fhi, Flo, STD, Jita, vFo, ShdB, Shim, APQ. Tak więc zaobserwowano wyłącznie zmiany częstotliwościowe i nieprawidłowości rozkładów parametrów oceniających zaburzenia częstotliwości i amplitudy.

Głos dzieci niesłyszących (głuchych) w wieku od 1 do 3 roku życia charakteryzuje się znacząco niższymi wartościami Jita, ShdB, Shim, natomiast istotnie większymi wartościami vFo w porównaniu z wartościami dla dzieci słyszących. Głos dzieci niedosłyszących (aparatowanych) również wykazuje niższe wartości parametrów Jita, ShdB, Shim w porównaniu z dziećmi słyszącymi, lecz większe niż u niesłyszących (głuchych), natomiast wartości vFo są znacznie podwyższone.

W grupie od 3 do 6 roku życia głos dzieci niesłyszących (głuchych) charakteryzuje się znamienne niższymi wartościami parametrów opisujących zaburzenia amplitudy (ShdB, Shim, APQ) i obecność składowych szumowych (NHR). Wartości tych parametrów u dzieci niedosłyszących (aparatowanych i implantowanych) były również mniejsze niż u słyszących, lecz większe w porównaniu z grupą dzieci niesłyszących (głuchych).

W grupie najstarszych dzieci stwierdza się największą różnorodność cech różnicujących głosy dzieci niesłyszących i niedosłyszących z głosem dzieci słyszących, co oznacza największe zaburzenia w strukturze akustycznej głosu tych dzieci odróżniające je w sposób znaczący od głosu dzieci słyszących. Oprócz parametrów częstotliwościowych Fo, Fhi, STD znaczenie mają parametry opisujące zaburzenia częstotliwości (vFo), amplitudy (vAm), parametry informujące o obecności składowych szumowych (NHR) i drżenia głosu (FTRI).

Głos dzieci niesłyszących (głuchych) w wieku od 7 do 12 roku życia charakteryzuje się znamienne wyższymi wartościami parametrów vFo, vAm, FTRI w porównaniu z dziećmi słyszącymi oraz znamienne niższymi wartościami NHR i znacznie rzadszym występowaniem składowych subharmonicznych o dodatnim stopniu DSH>0. Zjawisko to występuje najczęściej u słyszących i jest znamienne częstsze niż u dzieci aparatowanych.

Zaburzenia w strukturze akustycznej głosu u dzieci z głębokim niedosłuchem odbiorczym są uchwytne powyżej 1-go roku życia. W głosie małych dzieci, do 3-go roku życia, możemy się spodziewać wyłącznie zaburzeń i niestabilności przebiegu częstotliwości podstawowej oraz nieprawidłowości w obrębie amplitudy tworzonego głosu. Powyżej 3-go roku życia dołącza się jeszcze jeden parametr różnicujący głosy dzieci z upośledzonym słuchem, a mianowicie parametr szumowy, który może powodować utratę dźwięczności tworzonego głosu u tych dzieci. W głosach dzieci starszych poza zaburzeniami jego częstotliwości podstawowej i amplitudy pojawiają się składowe szumowe, komponenty drżenia głosu. Wartości parametrów określających te cechy głosu dziecka niesłyszącego są niższe w porównaniu z dziećmi słyszącymi.

W literaturze podaje się, że zaburzenia cech akustycznych głosu u dzieci z uszkodzeniem słuchu trwającym od urodzenia mogą dotyczyć następujących parametrów: Jitt, RAP, PPQ, sPPQ, vFo, Shim, APQ, sAPQ, vAm, DUV [71, 81, 82, 86, 87].

Wyniki otrzymane w badaniach własnych są podobne, z tą jednak różnicą, że w opisanym materiale własnym rozkład tych parametrów w stosunku do norm dziecięcych był inny niż w pracach autorów, którzy porównywali swe wyniki z normami dla osób dorosłych. Poza nieprawidłowym rozkładem parametrów oceniających częstotliwość (Jita, vFo, sPPQ), stwierdzono ponadto, że parametrami różnicującymi badane grupy dzieci niesłyszących i niedosłyszących z grupą słyszących były ShdB, Shim, APQ, sAPQ, vAm, FTRI, NHR, SPI. Martin i wsp. badając między innymi głos oddechowy (breathy), stwierdzili, że spośród pomierzonych parametrów akustycznych największe współczynniki istotności w tych głosach mają shimmer i NHR (0,74) [51]. Tak więc oznacza to, że kombinacja tych parametrów może być przydatna

do określenia cech głosów oddechowych w różnych patologiach głosu. Spotykany w piśmiennictwie termin – głos oddechowy wiąże się z przechodzeniem strumienia powietrza wydechowego podczas fonacji przez nadmierną szparę fonacyjną, która może być wynikiem obniżonego napięcia fałdów głosowych. Taki mechanizm tworzenia głosu spotyka się u dzieci niesłyszących, całkowicie pozbawionych kontroli słuchowej.

Badania stroboskopowe u dzieci starszych, w opracowaniach własnych, potwierdziły hypofunkcyjny sposób fonacji w grupie dzieci niesłyszących, a głos, który tworzyły, był słaby o nastawieniu chuchającym (oddechowym). W badaniach akustycznych średnie wartości parametrów akustycznych shimmer i NHR były najmniejsze u dzieci niesłyszących w porównaniu z normą i również niższe, lecz w mniejszym stopniu, w porównaniu z dziećmi niedosłyszącymi (aparutowanymi i implantowanymi). Pozyskanie przez dzieci niesłyszących kontroli słuchowej poprzez zaparowanie lub wszczepienie implantu powoduje wzrost wartości średnich omawianych powyżej parametrów akustycznych, zmienia się również sposób tworzenia i emisji głosu.

Według niektórych autorów, w głosie normalnym przy ustalonym tonie krtaniowym zmiany jego poszczególnych okresów (jitter) powinny być podobne, natomiast różnice nie powinny przekraczać 1%. Hori podaje, że podobnie amplituda tonu krtaniowego (shimmer) nie powinna w warunkach ustalenia wykazywać zmian większych od 0,2 dB [87]. Mitrea stosując analizę akustyczną do oceny stopnia dysfonii funkcjonalnej zwraca uwagę, że shimmer jest bardzo czułym parametrem w przypadku zmian czynnościowych i dobrze koreluje z odsłuchową oceną jakości głosu [53].

Głusi wykazują niestabilność głosu, niestabilność częstotliwości podstawowej w krótkich przedziałach czasowych, zaś jitter i shimmer, czyli średnia zmienność z cyklu na cykl zarówno częstotliwości jak i amplitudy, są często większe niż u osób słyszących [87].

Wartości tych parametrów, w materiale własnym, u dzieci głuchych (niesłyszących) w porównaniu z dziećmi słyszącymi we wszystkich grupach wiekowych były znacznie obniżone.

W grupie dzieci pomiędzy 1 a 3 rokiem życia jedynym parametrem istotnym statystycznie różnicującym dzieci niesłyszące, a więc całkowicie pozbawione kontroli słuchowej, i dzieci niedosłyszące, które zaopatrzone w klasyczne aparaty słuchowe pozyskały ją częściowo, był wygładzony iloraz zmian częstotliwości podstawowej  $F_0$  (sPPQ). Przy porównaniu Post-Hoc testem U wielkości sPPQ pomiędzy dziećmi niesłyszącymi i niedosłyszącymi w tej grupie wiekowej krytyczna wartość poziomu istotności wynosiła 0,021.

W grupie wiekowej 3–6 rok życia parametrami statystycznie istotnymi różnicującymi niesłyszących i aparutowanych są  $F_0$  (znamiennie wyższa wartość w grupie aparutowanych), parametr szumowy NHR (znamiennie mniejsza wartość w grupie aparutowanych).

W grupie wiekowej 7–12 rok życia ilość cech różnicujących jest największa, ale i najbardziej zróżnicowana w zależności od rodzaju zaopatrzenia słuchowego (klasyczny aparat słuchowy czy implant ślimakowy). Jednak nie wszystkie parametry różnicowały dzieci niesłyszące i aparutowane lub implantowane w sposób istotnie statystyczny. Dzieci niesłyszące i niedosłyszące zaopatrzone w klasyczne aparaty słuchowe różnicował jedynie parametr  $vAm$  (wskaźnik zmiany amplitudy), którego wartość była znacząco wyższa u niesłyszących. Pozostałe parametry różnicowały niesłyszących z niedosłyszącymi, którzy korzystali z implantów ślimakowych jako formy zaopatrzenia słuchowego. Różnice te były wyłącznie widoczne w tej właśnie grupie dzieci starszych. Były to sAPQ (znamiennie niższa wartość u niesłyszących), FTRI (znamiennie większa u niesłyszących), NHR (znamiennie niższa wartość u niesłyszących). Parametry opisujące obecność składowych subharmonicznych DSH i NSH (występowały znamiennie rzadziej u niesłyszących).

Porównując wpływ różnych form zaopatrzenia słuchowego (klasyczne aparaty słuchowe i implanty ślimakowe) na zmiany w głosie dzieci, stwierdza się u dzieci w najstarszej grupie wiekowej, tj. 7–12 r. ż, cechy różnicujące głosy dzieci aparutowanych i implantowanych. Stwierdzone nieprawidłowości odnosiły się do takich parametrów, jak PFR,  $vF_0$ , sAPQ, NHR. Głosy dzieci aparutowanych i implantowanych różnicował więc wskaźnik różnego stopnia zaburzeń częstotliwości podstawowej, zakres fonacyjny  $F_0$ , zmiany amplitudowe oraz zawartość szumu. Wartości tych parametrów były znamiennie wyższe u dzieci implantowanych.

Wyniki własne potwierdzają pogląd, że struktura akustyczna głosów dzieci niesłyszących i niedosłyszących różni się w zakresie niektórych parametrów akustycznych i jest odmienna w grupach dzieci niedosłyszących w zależności od rodzaju zaopatrzenia słuchowego. W badaniu subiektywnym oceniającym odsłuchowo jakość głosu nie zaobserwowano istotnych różnic w głosie dzieci aparatuowanych i implanowanych, tymczasem w badaniu obiektywnym głosu w zakresie niektórych parametrów akustycznych różnice te były wyraźnie widoczne. Stanowi to dowód na dużą przydatność metody w różnicowaniu głosów dzieci z uszkodzonym narządem słuchu.

Okres do 3 roku życia u dzieci słyszących charakteryzuje się, jak wspomniano, stosunkowo szybkim wzrostem narządu fonacyjnego i jednocześnie stopniowym obniżaniem się częstotliwości podstawowej. Różnica w jakości głosu u dzieci słyszących i dzieci z głębokim niedosłuchem odbiorczym dotyczy w głównej mierze wartości średniej częstotliwości podstawowej oraz wartości parametrów opisujących zaburzenia częstotliwości (vFo, Jitt, Jita, RAP, PPQ, sPPQ). Analiza statystyczna parametrów vFo, Jitt, Jita, RAP, PPQ, sPPQ pokazała bardzo charakterystyczny przebieg rozkładu ich średnich wartości w zależności od wieku dziecka. Parametrem odzwierciedlającym wszelkie krótko- i długoterminowe zmiany Fo w obrębie analizowanej próbki głosu jest parametr vFo (wskaźnik zmiany Fo). Przebieg i rozkład tego parametru w badanych grupach wiekowych wskazuje, że wszystkie dzieci niesłyszące prezentują dużego stopnia zaburzenia Fo.

Największe zróżnicowanie tych zmian występuje u dzieci między 1 i 3 rokiem życia. Korelacja vFo i wygładzonego współczynnika zmian Fo (sPPQ) może przemawiać za istnieniem w głosie dzieci niesłyszących zmian periodycznych, długookresowych. Powyżej 6 roku życia przebieg rozkładu parametru vFo u dzieci niesłyszących jest stabilny i porównywalny z grupą dzieci słyszących. Pozostałe parametry, tj. Jitt, Jita, RAP, PPQ, prezentują przebiegi zbliżone do siebie we wszystkich grupach wiekowych. Wartości tych parametrów u dzieci niesłyszących są znacznie niższe w porównaniu z wartościami u dzieci słyszących. Pomiędzy 1 a 3 rokiem życia widoczny jest stopniowy wzrost wartości powyższych parametrów w grupie słyszących, a następnie około 5 roku życia wartości te wykazują gwałtowny skok osiągając swe maksimum. Jest to okres, kiedy zostaje zahamowany wzrost krtani, który trwa aż do pokwitania.

W dostępnej literaturze omawiane parametry częstotliwościowe, w tym dotyczące dzieci, przedstawiają wartości podwyższone w stosunku do osób zdrowych [50, 67, 68, 69, 71, 86, 87]. Te różnice wynikają zapewne z faktu, że wyniki uzyskane przez innych autorów odnoszone były zawsze do standaryzowanych wyników podawanych przez producenta urządzenia dla głosów osób dorosłych.

Analiza porównawcza poszczególnych cech głosu dzieci w różnych grupach wiekowych jest przydatna do różnicowania głosu pomiędzy słyszącymi i niesłyszącymi.

U dzieci z głębokim niedosłuchem odbiorczym dochodzi do zahamowania wzrostu i rozwoju krtani na skutek braku kontroli słuchowej. Proces kształtowania się głosu jest opóźniony u tych dzieci o około 2 lata w stosunku do dzieci słyszących. Powyżej 3 roku życia dziecko słyszące wkracza w okres charakteryzujący się niezwykłą potrzebą poznawania otaczającej rzeczywistości i chęcią przekazywania ogromnej ilości wrażeń i doświadczeń za pomocą głośnej mowy będącej naturalną formą komunikowania się z otoczeniem. To sprawia, że dochodzi do pewnej przebudowy w sferze emocjonalnej dziecka. W głosach tych dzieci często pojawia się nadmierne akcentowanie, przesadne stosowanie rytmu i melodii podczas wypowiedzi.

Z przeprowadzonych badań własnych wynika, że w grupie wiekowej pomiędzy 3 a 6 rokiem życia bardzo charakterystyczną w porównaniu z innymi grupami wiekowymi, choć nie różnicującą istotnie, cechą dzieci słyszących jest występowanie największych wartości dodatnich parametrów oceniających nieregularność i przerwy w głosie (DUV, NUV, NVB, DVB).

W literaturze podaje się, że wartość powyższych parametrów nie powinna dla głosów prawidłowych przekraczać zero [87]. Są to jednak dane wyłącznie dla osób dorosłych, tymczasem wyniki uzyskane w pracy odnosiły się do dzieci i, jak wynika z prowadzonych badań, różnią się między sobą w sposób znaczący. Liczba obszarów bezgłośnych w głosach dziecięcych wykazuje tendencję wzrostową proporcjonalnie do stopnia pozyskiwanej kontroli słuchowej.

Grupa dzieci pomiędzy 3 a 6 rokiem życia charakteryzuje się największym zróżnicowaniem pomiędzy głosem dzieci słyszących i dzieci z głębokim niedosłuchem odbiorczym w obrębie następujących parametrów: Fo, vFo, Jitt, Jita, RAP, PPQ, DVB, DSH, DUV, NHR.

Powyżej 6 roku życia obserwuje się zmniejszenie różnicy wartości średniej częstotliwości podstawowej pomiędzy głosem dzieci słyszących i dzieci z zaburzeniami słuchu (różnica ta wynosi 64 dB, podczas gdy u dzieci małych do 3 roku życia wynosiła 175 dB). Obserwuje się również, że w tym przedziale wiekowym najwyższe  $F_0$  prezentują dzieci niesłyszące, a nie jak to miało miejsce u młodszych dzieci – niedosłyszące zaopatrzone w aparat słuchowy czy implant ślimakowy. Wydaje się, że wpływ na to może mieć długotrwała rehabilitacja tych dzieci. W tej grupie znajdowały się bowiem dzieci korzystające przez kilka lat z aparatów słuchowych, które umożliwiły im w toku prowadzonej rehabilitacji obniżenie głosu. Z drugiej zaś strony w tej grupie wiekowej obserwuje się największą ilość parametrów różnicujących badane grupy –  $F_0$ ,  $F_{hi}$ ,  $STD$ ,  $vF_0$ ,  $vAm$ ,  $sAPQ$ ,  $FTRI$ ,  $NHR$ ,  $SPI$ ,  $DSH$ ,  $NSH$ .

Większość parametrów akustycznych wykazywała znamienne różnice pomiędzy dziećmi słyszącymi i dziećmi z głębokim niedosłuchem odbiorczym. Tak więc brak lub ograniczenie kontroli słuchowej trwające przez długie lata doprowadza do zwiększenia się i utrwalenia nieprawidłowych cech w głosie dziecka.

Analizując poszczególne parametry opisujące cechy fizyczne głosu dzieci niesłyszących (głuchych), obserwuje się, że poza cechami częstotliwościowymi ( $F_0$ ,  $F_{hi}$ ,  $F_{lo}$ ,  $STD$ ) nie wykazuje się zależności pozostałych cech od wieku dziecka. Oznacza to, że w przypadku dzieci głuchych nie ma różnic istotnych statystycznie w wartościach parametrów akustycznych pomiędzy niemowlakami, dziećmi małymi i starszymi. Głos dzieci niesłyszących (głuchych) od niemowlęctwa do mutacji ulega obniżeniu, zmienia się jego zakres, natomiast zmiany wraz ze wzrostem dziecka w obrębie jego struktury akustycznej są niewielkie. Ograniczenie kontroli słuchowej trwające od urodzenia uniemożliwia prawidłowy rozwój i kształtowanie się głosu w miarę rozwoju dziecka. Dynamika zmian w głosie dzieci niesłyszących w porównaniu z dziećmi słyszącymi jest znacznie obniżona.

Wczesne zaopatrzenie w odpowiedni aparat słuchowy czy implant ślimakowy i następową właściwą rehabilitacją mogą zmniejszyć istniejące deficyty w głosie dzieci niesłyszących [53, 71, 73, 81, 82]. Obserwacja zmiany rozkładu parametrów różnicujących głos dziecka z upośledzonym słuchem przed zaopatrzeniem go w aparat słuchowy czy implant ślimakowy, następnie po zaopatrzeniu i w kolejnych okresach szeroko pojętej rehabilitacji umożliwi lekarzom i wszystkim innym specjalistom biorącym udział w jego rehabilitacji wymierną ocenę indywidualnych korzyści słuchowych dziecka.

Moment zaopatrzenia słuchowego dziecka wpływa na zmianę jakości jego głosu. Znalezienie korelacji tych zmian w badaniach akustycznych może być cenną metodą pośredniej oceny korzyści dziecka z posiadanych aparatów słuchowych. Wydaje się to szczególnie użyteczne w przypadku dzieci małych, u których badania audiologiczne oceniające korzyść z aparatów słuchowych są często niemiernodajne lub niemożliwe do przeprowadzenia ze względu na brak współpracy z małym pacjentem.

Metody akustyczne są chętnie wykorzystywane do oceny postępów w rehabilitacji dziecka [11, 34, 37, 41, 71, 80, 81, 82, 86, 92]. Podstawową jednak zaletą tych metod jest ilościowa ocena istniejących deficytów w głosie i pośrednio ocena krtani i całego kanału głosowego, gdzie głos jest tworzony i kształtowany w zależności od panujących w obrębie tych struktur warunków strukturalno-czynnościowych.

## 7. Podsumowanie

Badania prowadzone nad głosem dzieci z upośledzonym słuchem pozwoliły wykazać cechy głosu tych dzieci różniące go z głosem dzieci słyszących, ale również dowiodły, że dzieci stanowią odmienną niż dorośli grupę pod względem do sposobu i mechanizmu tworzenia głosu.

Brak lub ograniczenie kontroli słuchowej powoduje zmiany czynności fonacyjnej krtani już od najmłodszych lat. Dzieci niesłyszące (głuche) prezentują cechy dysfonii hypofunkcjonalnej, natomiast dzieci korzystające z aparatów słuchowych lub implantów ślimakowych cechy dysfonii hiperfunkcjonalnej.

Struktura akustyczna głosów dzieci słyszących jest różna w każdej grupie wiekowej, natomiast u dzieci niesłyszących, oprócz zmieniającej się wartości częstotliwości podstawowej  $F_0$ , struktura akustyczna nie zmienia się z wiekiem w sposób istotny.

Powyżej 1-go roku życia głos dzieci z głębokim niedosłuchem odbiorczym w porównaniu z głosem dzieci słyszących wykazuje cechy charakterystyczne w badaniu subiektywnym oraz różnice istotne statystycznie w badaniu akustycznym. Nie stwierdza się różnic istotnych statystycznie w wartościach parametrów akustycznych pomiędzy niemowlętami słyszącymi i niesłyszącymi.

Parametrami akustycznymi różnicującymi w sposób istotny statystycznie głosy dzieci słyszących i niesłyszących (głuchych) są:

- a. W grupie wiekowej 1–3 r.ż. – częstotliwość podstawowa  $F_0$ ,  $F_{hi}$ ,  $F_{lo}$ , STD oraz parametry opisujące zaburzenia częstotliwości ( $J_{ita}$ ,  $vF_0$ ) i amplitudy ( $Shim$ ,  $ShdB$ ,  $APQ$ ).
- b. W grupie wiekowej 3–6 r.ż. – parametry opisujące zaburzenia amplitudy ( $Shim$ ,  $ShdB$ ,  $APQ$ ) i parametr szumowy NHR.
- c. W grupie wiekowej 7–12 r.ż. – częstotliwość podstawowa  $F_0$ ,  $F_{hi}$ , STD oraz parametry opisujące zaburzenia częstotliwości ( $vF_0$ ) i amplitudy ( $vAm$ ), jak również obecność składowych szumowych (NHR) i drżenia (FTRI).

Zaopatrzenie dziecka niesłyszącego w aparat słuchowy powoduje zmianę jego głosu. Parametry akustyczne głosu dzieci niesłyszących (głuchych) różnią go istotnie statystycznie od głosu dzieci aparatowanych.

- a. W grupie wiekowej 1–3 r.ż. znamienne większa u dzieci aparatowanych jest wartość  $sPPQ$  – parametr oceniający zaburzenia częstotliwości.
- b. W grupie wiekowej 3–6 r.ż. różnicująca i znamienne większa u dzieci aparatowanych jest częstotliwość podstawowa  $F_0$  i parametr szumowy NHR.
- c. W grupie wiekowej 7–12 r.ż. różnicujący jest parametr opisujący zaburzenia amplitudy  $vAm$ , a jego wartość jest znamienne mniejsza u aparatowanych.

Struktura akustyczna głosu dzieci korzystających z implantów ślimakowych wykazała zróżnicowanie u dzieci powyżej 7-go roku życia w obrębie niektórych parametrów akustycznych. Parametrami różniącymi głos dzieci implantowanych od głosu dzieci niesłyszących są:  $sAPQ$ , NHR, FTRI.

Głos dzieci aparatowanych i implantowanych nie wykazuje różnic w ocenie subiektywnej, natomiast wykazuje istotne statystycznie różnice w obrębie parametrów akustycznych opisujących zaburzenia częstotliwości ( $vF_0$ ), amplitudy ( $sAPQ$ ) i zawartość szumu (NHR). Wartości tych parametrów są znamienne większe u dzieci implantowanych.

Charakterystyka porównawcza parametrów opisujących cechy fizyczne głosu w badanych grupach wiekowych wykazała największe zróżnicowanie cech głosu pomiędzy dziećmi słyszącymi i niesłyszącymi powyżej 3-go roku życia.

Ocena subiektywna i obiektywna głosu dzieci z głębokim niedosłuchem odbiorczym powinna być przeprowadzana z uwzględnieniem ich wieku i w odniesieniu do stosownej wiekowo grupy dzieci słyszących.

Znajomość jakości głosu dziecka niesłyszącego i niedosłyszącego i istniejących różnic w badaniu subiektywnym i obiektywnym stanowi cenną wskazówkę w określaniu stopnia pozyskanej przez dziecko kontroli słuchowej po zaopatrzeniu go w aparat słuchowy czy implant ślimakowy. Jest to pomocne szczególnie u dzieci małych, u których ocena tych korzyści za pomocą dostępnych metod audiologicznych jest często niemożliwa.

## 8. Piśmiennictwo

- [1] Allen G. D.: Production of sentence-final intonation contours by hearing-impaired children. *J. Speech Lang. Hear Res.*, 2000, 43 (2), 441–455.
- [2] Aronson A. E.: *Clinical voice disorder*. New York 1985.
- [3] Biesalski P. (ed): *Hörstörungen im Kindersalter*. In: *Phoniatrie und Pädoaudiologie*, Stuttgart 1973.
- [4] Bystrzanowska T.: *Audiologia Kliniczna*. PZWL, Warszawa 1978.
- [5] Casiano R. R. i wsp.: Efficacy of videostroboscopy in the diagnosis of voice disorders. *Otolaryng. Head Neck Surg.*, 1992, 107 (1), 95–100.
- [6] Chouard CH.: Changes in the speaking fundamental frequency after cochlear implantation. *Ann. Otolaryng. Chir. Cervicofac.*, 1988, 105 (4), 249–252.
- [7] Cox N. B. i wsp.: Acoustic analysis of voice for computerized larygeal, Pathology assessment. *J. Speech Hear Disord.*, 1984, 49, 202–210.
- [8] Debryne F., Decoster W.: Acoustic differences between sustined vowels perceived as young or old. *Logopedics Phoniatics Vocology*, 1992, 24: 1,1–5.
- [9] Dobison C. H. i wsp.: Normal Values and Predictive Equations for Aerodynamic Function in British Caucation Subjects. *Folia Phoniatica*, 1993, 45, 14–24.
- [10] Eberhardt P.: Przyczyny niepowodzeń w rehabilitacji dzieci z wadą słuchu. *Otolaryng. Pol.*, 1997, tom L, suplement 22, 302–307.
- [11] Eberhardt B. i wsp.: Speech rehabilitation of the deaf children on computer analysis. *Nowa Medycyna*, 7, 35.
- [12] Eberhardt G.: Zaburzenia głosu u dzieci w wieku rozwojowym, W: *Zaburzenia głosu – badanie – diagnozowanie – metody usprawnienia*. Warszawa 1998, 7–21.
- [13] Fort A., Manfredi C.: Acoustic analysis of newborn infant cry signals. *Med. Eng. Phys.*, 1998, 20 (6), 432–442.
- [14] Freche Ch.: *La Voix humaine et ses troubles*. Paris 1984.
- [15] Gałkowski T.: Kilka uwag na temat potrzeb rozwojowych dzieci głuchych. *Audiofonologia*, 1993, tom V, 137–147.
- [16] Geremek A. i wsp.: Efekty wczesnego aparatowania dzieci z głębokim niedosłuchem. *Otolaryng. Pol.*, 1997, suplement 22, tom L, 336.
- [17] Geremek A., Skarżyński H. i wsp.: Ocena postępów rehabilitacji w porównaniu z wynikami przedoperacyjnej elektrostymulacji. *Audiofonologia*, 1996, 8, 125.
- [18] Geremek A.: Aktualne kryteria kwalifikacji do wszczepienia implantów ślimakowych. *Otolaryng. Pol.*, 1999, suplement 30, tom LIII, 110–112.
- [19] Góralówna A.: Dziecko z trwałym kalectwem słuchu. PZWL, 1970.
- [20] Gubrynowicz R.: Acoustical analysis for evolution of laryngeal disfunction in case of vocal cord cord paralysis. *Speech analysis and syntesis*, ed. W. Jasse, vol. V, PAN, Warsaw 1981.
- [21] Halama A. R.: Pomiar maksymalnego czasu fonacji jako prosta próba oceny zaburzenia głosu, w: *Zaburzenia głosu – badanie–diagnozowanie–metody usprawnienia*. Warszawa 1998.
- [22] Handzel L.: Akustyczna analiza samogłosek w mowie głuchoniemych dzieci przy pomocy aparatu „Visible speech”. Wrocław 1959.
- [23] Handzel L.: Pamiętnik Konferencji Naukowej, IV Dni Otolaryngologii Dziecięcej, 1970, 360–363.
- [24] Handzel L.: Zagadnienia kształtowania się czynników muzycznych w mowie dzieci słyszających, niedosłyszających z resztkami słuchu i głuchych. Warszawa 1965.
- [25] Higgins M. B.: Physiological assessment of speech and voice production of adults with hearing loss. *Journal of Speech & Hearing Research*, 1994, 37 (30), 510–512.

- [26] Hirano M. i wsp.: Maximum Phonation Time and Air Usage During Phonation, *Folia Phoniatria*, 1968, 20, 185–201.
- [27] Imaizumis: Acoustic correlates of pathological voice qualities. Proceedings of XXth Congres IALP. Tokyo, August 1986, 406–407.
- [28] Iskra L.: Praktyczne możliwości funkcjonowania dziecka implantowanego w świecie dźwięków. *Otolaryng. Pol.*, 1997, tom L, suplement 22, 192–197.
- [29] Jassem W. i wsp.: Inwarianty w przebiegach parametru Fo. *Biul. Pol. Tow. Jęz.*, 1972, 32, 159–171.
- [30] Jassem W.: *Podstawy fonetyki akustycznej*. PWN, Warszawa 1973.
- [31] Katz J.: *Handbook of Clinical Audiology*. 1985, Ed 3.
- [32] Kent R. D.: The biology of phonological development. *Phonological Development, Models, Research, Implications* (eds. Ferguson C. A., Menn L., Stoel-Gammon C.), Maryland, York Press, 1992, 65–90.
- [33] Kirk K. I.: Speech and language results in children with a cochlear implant. *Ear & Hearing*, 1985, 6 (3 Suppl.), 368–478.
- [34] Kirk Kl. i wsp.: The effects of cochlear implant use on voice parameters. *Otolaryng. Clin. North Am.*, 1983, 16 (1), 281–292.
- [35] Kołtątaj W.: Bezwarunkowy i warunkowy krzyk niemowlęcy. *Audiofonologia*, 1993, tom V, 43–53.
- [36] Kossowska E.: *Otolaryngologia wieku rozwojowego*. PZWL, Warszawa 1979.
- [37] Kotby M. N. i wsp.: Multidimensional analysis of speech of hearing impaired children. *Scand. Audiol. Suppl.*, 1996, 42, 27–33.
- [38] Kurkowski Z. M.: Dynamika rozwoju dziecka z głębokim ubytkiem słuchu. *Audiofonologia*, 1997, tom XI, 51–57.
- [39] Kurkowski Z. M.: Bariery fonetyczne w kształtowaniu mowy dzieci z uszkodzonym narządem słuchu. *Audiofonologia*, 1995, tom VII, 105–116.
- [40] Lamprecht A.: Phoniatic aspects in rehabilitation of patients with cochlear implants. *Laryngol. Rhinol. Otol.*, (Stuttgart) 1986, 65 (8), 445–449.
- [41] Leder S. B.: Immediate effects of cochlear implantation on voice quality. *Arch. Otolaryng.*, 1987, 244 (2), 93–95.
- [42] Łobacz P.: *Polska Fonologia Dziecięca*. Warszawa 1996, 68–83.
- [43] Malesińska M.: Program rehabilitacji całkowitej utraty słuchu u osób po wszczepie implantów ślimakowych. *Otolaryng. Pol.*, 1994, tom XLVIII, suplement 15, 92–104.
- [44] Maniecka-Aleksandrowicz B. i wsp.: Zaburzenia głosu i rehabilitacja osób z uszkodzonym narządem słuchu. Wydawnictwo DiG, Warszawa 1998.
- [45] Maniecka-Aleksandrowicz B. i wsp.: Zastosowanie systemów analizy dźwięku w badaniu głosu. W: *Zaburzenia głosu – badanie–diagnozowanie–metody usprawniania*. Wydawnictwo DiG, Warszawa 1998.
- [46] Maniecka-Aleksandrowicz B., Szkiełkowska A.: Głos dziecka implantowanego. *Audiofonologia*, 1998, tom XII, 127–135.
- [47] Maniecka-Aleksandrowicz B.: Klasyfikacja zaburzeń głosu. 1997, Tom X, 63–65.
- [48] Maniecka-Aleksandrowicz B.: *Badania tonu podstawowego w diagnostyce i rehabilitacji porażenia krtani po operacjach tarczycy*. Praca habilitacyjna, Warszawa 1990.
- [49] Manning W. H. i wsp.: Vowel production in a prelinguistic child following cochlear implantation. *J. of the American Academy of Audiology*, 1992, 3 (1), 16–21.
- [50] Martin D. i wsp.: Pathologic voice type and the acoustic prediction of severity, *J. Speech Hear Res.*, 1995, 38, 4, 765.
- [51] McGarr N. S.: Laryngeal kinematics in voiceless obstruents produced by hearing impaired speakers. *J. Speech Hear Res.*, 1988, 31 (2), 234–239.

- [52] Mitrea P. i wsp.: Computerised expert system for diagnosis in phoniatric disorders. 8 th International IMEKO TC-13 Conference on Measurement in Clinical Medicine, Dubrovnik, Croatia 1998.
- [53] Mitrinowicz-Modrzejewska A.: Fizjologia i patologia głosu, słuchu i mowy. PZWL, Warszawa 1963, 100–101.
- [54] Mitrinowicz-Modrzejewska A.: Głuchota wieku dziecięcego. PZWL, Warszawa 1968, 198–199.
- [55] Miyamoto R. T. i wsp.: The role of cochlear implants in deaf children. *Scan. Audiol. Suppl.*, 1988, 30, 121–126.
- [56] Monini S. i wsp.: Clarion cochlear implant: short-term effects on voice parameters. 1997, 8 (6), 719–725.
- [57] Monsen R. B.: Some effects of deafness on the generation of voice. *J. Acoust. Soc. AM*, 1979, 66 (6), 1680–90.
- [58] Muller-Malesińska M.: Organizacja programu badań przesiewowych noworodków i niemowląt pod kątem uszkodzeń słuchu w Polsce. *Audiofonologia*, 2000, tom XVIII, 27–31.
- [59] Narcy P.: *Le larynx de l'enfant*. 1979, 42–46.
- [60] Niedzielska H.: Etiopatogeneza niedosłuchów odbiorczych. *Otolaryngologia Polska*, 1997, Tom L, Supplement 22, 350.
- [61] Obrębowski A., Kuczkowska-Jeske K.: Analiza czynników ryzyka w etiologii odbiorczych niedosłuchów dziecięcych. *Otolaryngologia Polska*, 1997, Tom L, Supplement 22, 324.
- [62] Obrębowski A.: *Foniatria Kliniczna*. Warszawa 1992, 360.
- [63] Oller D. K.: Prespeech vocalizations of a deaf infant: a comparison with normal metaphonological development. *J. Of Speech & Hearing Research*, 1985, 28 (1), 47–63.
- [64] Öster A. M.: Some effects of cochlear implantation on speech production. *Proceeding X Congress ICPhS, Tallin 1987, Vol. 4*, 177–180.
- [65] Parving H. i wsp.: Hearing disorders in children, some procedures for detection, identification and diagnostic evaluation. *Int. J. Ped. Otorhinolaryngology*, 1985, 9, 1, 31.
- [66] Perrin E. i wsp.: Evaluation of cochlear implanted children's voices. *J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, 1999, 47 (2), 181–186.
- [67] Perrin M. E., Berger-Vachon C., Le Dissez C., Kauffmann J., Morgon A.: The normality of voice of cochlear implant children. *Oto-Rhino-Laryngology*, 1995, (50), 167.
- [68] Pruszewicz A. i wsp.: Variability analysis of Fo parameter in voice of individuals with hearing disturbances. *Acta Otolaryng. (Stockh.)*, 1993, 113, 450–454.
- [69] Pruszewicz A.: *Foniatria Kliniczna*. PZWL, Warszawa 1992.
- [70] Pruszewicz A. i wsp.: Analiza akustyczna głosu u osób, u których zastosowano aparat słuchowy lub implant ślimakowy. *Otolaryngol. Pol.*, 1998, 52 (6), 695–700.
- [71] Samar V. J. i wsp.: Articulatory dimensions of hearing – impaired speakers intelligibility: evidence from a time- related aerodynamic, acoustic and electroglottographic study. *J. Comm. Discor.*, 1989, 22 (4), 243–264.
- [72] Sekula A. i wsp.: Korzyści implantowania i możliwości porozumiewania się i codziennego życia pacjenta z wszczepem ślimakowym, *Otoscop*, 1987, 2 (8), 13–16.
- [73] Skarżyński H. i wsp.: Klasyfikacja zaburzeń słuchu. *Audiofonologia*, 1997, Tom X, 52, 56, 57.
- [74] Skarżyński H.: Badania przesiewowe noworodków i niemowląt pod kątem uszkodzenia słuchu w Polsce – doniesienia wstępne. *Audiofonologia*, 2000, XVIII, 9–213.
- [75] Skarżyński H.: Idea implantu ślimakowego. *Otolaryng. Pol.*, 1994, tom XLVIII, suplement 15, 9–12.
- [76] Skarżyński H.: Kryteria kwalifikacji i wskazania do stosowania implantów ślimakowych. *Otolaryng. Pol.*, 1994, tom XLVIII, suplement 15, 56–62.
- [77] Skarżyński H.: Wszczepy ślimakowe – stan obecny i perspektywy. *Otolaryng. Pol.*, 1999, suplement 30, tom LIII, 45–50.

- [78] Sobieszcańska Ł.: Wyniki rehabilitacji słuchu i mowy młodzieży po szkołach podstawowych dla głuchych. *Otolaryng. Pol.*, 1997, tom L, suplement 22, 299–302.
- [79] Svirsky M. A. i wsp.: The effect of auditory feedback on the control of oral-nasal balance by pediatric cochlear implant users. *Ear Hear*, 1998, 19 (5), 385–393.
- [80] Szkielkowska A.: Rehabilitacja głosu dzieci z implantami ślimakowymi. *Audiofonologia*, 1999, tom XV, 133–141.
- [81] Szkielkowska A.: Rehabilitacja głosu dzieci zaaparowanych. *Audiofonologia*, 1999, tom XV, 167–175.
- [82] Szkielkowska A.: Videolaryngoskopowy obraz krtani dziecka niesłyszącego. *Audiofonologia*, 1999, tom XV, 181–186.
- [83] Szuchnik J.: Wyniki rehabilitacji u dzieci po zastosowaniu różnych typów implantów ślimakowych. *Otolaryng. Pol.*, 1997, tom L, suplement 22, 209–213.
- [84] Szyfter W.: Ocena zachowań słuchowych dzieci posługujących się wszczepem ślimakowym. *Otolaryng. Pol.*, 1997, tom L, suplement 22, 200–204.
- [85] Szyfter W. i wsp.: The acoustic analysis of voice in patients with multi-channel cochlear implant. *Revue de Laryngologie Otologie Rhinologie*, 1996, 117 (3), 225–227.
- [86] Świdziński P.: Przydatność analizy akustycznej w diagnostyce zaburzeń głosu. Praca habilitacyjna, Poznań 1998.
- [87] Tadeusiewicz R.: Sygnał mowy. WKiŁ, Warszawa 1988.
- [88] Tye-Murray N. i wsp.: Relationships between speech production and speech perception skills in young cochlear-implant users. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1995, 98 (5), 2454–60.
- [89] Van Lierde K. i wsp.: An introduction to computerised speech lab. *Acta Otol. Belg.*, 1996, 50, 309.
- [90] Van Lierde K., Moerman M., Cauwenberge: Comment on the results of voice analysis. *Acta Otol. Belg.*, 1996, 50, 349.
- [91] Vieu A. i wsp.: Influence of communication mode on speech intelligibility and syntactic structure of sentences in profoundly hearing impaired French children implanted between 5 and 9 years of age. *J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, 1998, 44 (1), 15–22.
- [92] Welfel L. i wsp.: Stan słuchu u dzieci w wybranych szkołach podstawowych w Łodzi. *Otolaryngologia Polska*, 1997, Tom L, Suplement 22, 319–321.
- [93] Whithead R. I. i wsp.: Airflow characteristics of fricative consonants produced by normally hearing and hearing-impaired speakers. *J. Speech Hear Res.*, 1983, 26 (2), 185–194.
- [94] Whithead R. L.: Spectrographic and perceptual features of vocal tension/harshness in hearing-impaired adults. *J. Comm. Disord.*, 1979, 12 (1), 83–92.
- [95] Whiteside S. P.: Acoustic characteristics in 6–10-year old children's voices: some preliminary findings. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 1999, vol. 24: 1, 6–12.
- [96] Ysunza A., Vazquez M. C.: Velopharyngeal Sphincter Physiology in deaf individuals. *Cleft Palate – Craniofacial Journal*, 30 (2): 141–3, 1993.
- [97] Zaleski T.: Czynniki decydujące o uczęszczaniu do szkół dla słabo słyszących i niesłyszących. *Otolaryng. Pol.*, 2000, 2, tom LIV, 157–159.
- [98] Zaleski T.: Opóźniony rozwój mowy. PZWL, Warszawa 1992.
- [99] Zaleski T.: Potrzeba wczesnego rozpoznawania zaburzeń słuchu. *Audiofonologia*, 1996, tom IX, 103–107.
- [100] Zaleski T.: Wychowankowie szkoły dla dzieci niesłyszących. *Otolaryng. Pol.*, 1998, 52 (6), 719–721.
- [101] Zaleska-Kręcicka M.: Ocena akustyczna stanów patologicznych narządu. Praca habilitacyjna, Wrocław 1988.
- [102] Zaleska-Kręcicka M.: Atlas chorób krtani. Volumed, Wrocław 1995.