

Zależność między niedosłuchem a cukrzycą typu II

Relation of The Hearing Loss with Type 2 Diabetes

Piotr Błaszczuk¹, Anna Cierpicka-Świtkowska¹, Krzysztof Świtkowski²

- 1) Strefa Słuchu Anna Cierpicka-Świtkowska, Cezary Kozub Sp.j., ul. Poborzańska 37 lok. 5U, 03-368 Warszawa
- 2) Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska,

STRESZCZENIE

Od wielu lat obserwuje się wpływ cukrzycy typu II na proces słyszenia u pacjentów. Zaawansowanie procesu chorobowego w cukrzycy bardzo często powoduje zwiększenie ubytku słuchu. Artykuł przeglądowy przedstawia wyniki badań nad związkiem cukrzycy typu II z utratą słuchu.

Słowa kluczowe: niedosłuch odbiorczy, choroby metaboliczne, cukrzyca.

ABSTRACT

For many years we have observed the connection between hearing loss and type 2 diabetes. There is the evidence of the impact of diabetes progression with the hearing loss increase. The article is a review of the research results confirming the relation.

Key words: sensorineural hearing loss, metabolic diseases, diabetes.

1. Wstęp

Utrata słuchu to powszechny problem zdrowia publicznego, który wpływa na wydajność pracy, interakcje społeczne, bezpieczeństwo osobiste i dobre samopoczucie oraz jakość życia pacjenta. Ubytek słuchu najpowszechniej występuje wśród osób starszych (presbycusis) oraz wśród osób narażonych na długotrwały hałas. Problemy ze słuchem występują także na skutek ekspozycji na substancje ototoksyczne. Wyżej wymienione to dotychczas dobrze znane czynniki ryzyka utraty słuchu. Prowadzone w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, badania naukowe zwróciły uwagę na niedosłuch odbiorczy u osób z innymi towarzyszącymi problemami zdrowotnymi, między innymi cukrzycą. Ponad 8% populacji w Stanach Zjednoczonych Ameryki choruje na cukrzycę, a wskaźnik zachorowalności rośnie w bezprecedensowym tempie. Amerykańska instytucja – Centra ds. Zapobiegania i Kontroli Chorób (Centers for Disease Control and Prevention) szacuje, że do 2050 roku co trzeci Amerykanin będzie cierpieł na tę chorobę.

Od 1997 roku cukrzyca jest klasyfikowana jako typ 1 lub typ 2. Typ 1 to najczęściej autoimmunologiczne zniszczenie komórek β trzustki i wynikająca z tego konieczność stosowania insulinoterapii [1]. Cukrzyca typu 2 jest chorobą charakteryzującą się poprzedzającą ją insulinoopornością, spadkiem funkcji komórek β trzustki oraz upośledzoną tolerancją glukozy prowadzącą do stanu hiperglikemii. Czynniki ryzyka wystąpienia choroby typu 2 są złożone i obejmują predyspozycje genetyczne, styl życia, zwłaszcza dietę, ruch, palenie tytoniu, a także czynniki środowiskowe [2].

Cukrzyca typu 2 stanowi 90% wszystkich przypadków cukrzycy i tradycyjnie była to choroba osób w średnim wieku lub starszych [3]. Jednak od lat 90 XX wieku obserwujemy liczne zachorowania wśród młodszych dorosłych, a nawet dzieci [4]. Tendencja ta jest poważnym zagrożeniem dla zdrowia społecznego, ponieważ cukrzyca wiąże się z poważnymi powikłaniami oraz chorobami współistniejącymi, takimi jak choroby układu krążenia, choroby nerek, zaburzenia widzenia, neuropatie czy powikłania zakaźne [5].

2. Związek między cukrzycą a utratą słuchu

Liczne badania przeprowadzone w ciągu ostatnich dziesięcioleci zwróciły uwagę na czuciowo-nerwowy ubytek słuchu u osób z cukrzycą [6–14]. Układ słuchowy potrzebuje glukozy i wysokiego wykorzystania energii dla swojego złożonego procesu przetwarzania. Ubytek słuchu występujący przy cukrzycy typu 2 może wynikać z procesu mikroangiopatii [7, 8, 15, 16], który następuje po odkładaniu się glukoпротеiny w wyniku hiperglikemii w mikroskopijnych naczyniach krwionośnych, zaburzając funkcje neurologiczne. Neuropatia obwodowa, nefropatia i retinopatia u pacjentów z cukrzycą jest wynikiem tego samego procesu mikroangiopatycznego. Choroba wieńcowa, choroby naczyń mózgowych i choroby naczyń obwodowych lub makronaczyń wywołanych cukrzycą mogą również wynikać z tego procesu [17].

Cukrzyca typu 2 jest epidemią wśród weteranów wojennych w Stanach Zjednoczonych. Z badań przeprowadzonych przez Nancy Vaughan i wsp. wynikała bezpośrednia korelacja między utratą słuchu i cukrzycą. Występowanie choroby w tej grupie osób jest trzykrotnie wyższe niż w całej populacji. Zapobieganie utracie

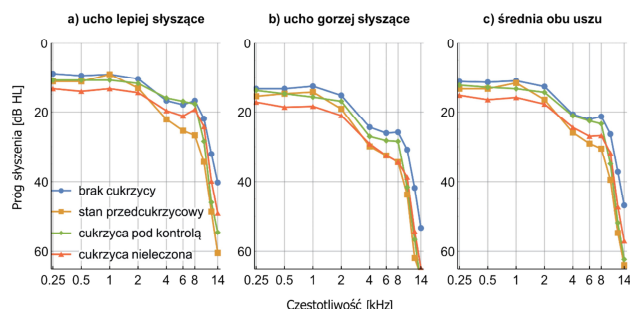
¹e-mail: biuro@strefasluchu.pl

²e-mail: krzysztof.switkowski@pw.edu.pl

Zależność między niedosłuchem a cukrzycą typu II

słuchu jest jednym z głównych celów amerykańskiej organizacji Veterans Health Administration, która zleciła przeprowadzenie badań mających na celu zidentyfikowanie i zmierzenie różnic w słyszeniu i rozumieniu mowy. Ponadto, organizacja zleciła zmierzenie wpływu ubytków słuchu powiązanych z cukrzycą na jakość życia pacjentów oraz określenie, czy dobra kontrola cukrzycy zmniejsza te różnice. Przeanalizowano dane od 130 weteranów w wieku od 24 do 73 lat (średnio 48) z dobrze kontrolowaną cukrzycą, źle kontrolowaną cukrzycą, stanem przedcukrzycowym i brakiem cukrzycy [18]. W wynikach uwzględniono potencjalne czynniki zakłócające, identyfikując różnice między badanymi grupami, takie jak wiek, narażenie na hałas i inne czynniki socjodemograficzne. Wyniki oceniano w odniesieniu do czasu trwania cukrzycy, stosowania insuliny oraz obecności wybranych powikłań cukrzycy (neuropatia i retinopatia). Uważa się, że słaba kontrola glikemii jest odpowiedzialna za większość powikłań związanych z cukrzycą, w tym poważne niewydolności naczyniowe i neurologiczne, takie jak choroby serca i nerek, udar, ślepotę, neuropatię i amputacje kończyn. Zgromadzone dowody sugerują, że utrata słuchu jest kolejnym powikłaniem powodującym niepełnosprawność związaną z cukrzycą, z potencjalnym niekorzystnym wpływem na jakość życia, w tym na zdolność rozumienia mowy oraz samopoczucie emocjonalne. Monitorowanie stanu słuchu może być bardzo ważne w opiece nad pacjentami z cukrzycą, a ponadto, jeśli ubytek słuchu spowodowany cukrzycą zależy od odpowiedniej kontroli metabolicznej, można mu zapobiec. Niemniej jednak charakterystyka ubytku słuchu związanego z cukrzycą i jej różnic w stosunku do ubytku słuchu towarzyszącego normalnemu starzeniu się wymaga dalszych badań. Podobnie jak stan wiedzy, czy i w jakim stopniu pogorszenie słuchu zależy od zaawansowania cukrzycy lub kontroli metabolicznej [18]. W przypadku badań dotyczących weteranów, oprócz ograniczeń wiekowych, wykluczenia obejmowały zaburzenia neurologiczne lub psychiatryczne, raka, chorobę Meniere'a oraz duży do głębokiego ubytek słuchu (przewodzeniowy lub mieszany). Osoby, które nie zostały wykluczone z wyżej wymienionych powodów, zostały przebadane pod kątem istnienia czynnej choroby ucha. Weteranów z cukrzycą typu 1 usunięto z analizy, aby skupić się wyłącznie na cukrzycy typu 2, najpowszechniejszej postaci cukrzycy w populacji ogólnej (WHO 1999) i wśród weteranów. Spośród 130 uczestników badania, 21 to osoby bez cukrzycy (28,8%) i 19 z cukrzycą (33,3%) objęte co najmniej jednym wcześniejszym badaniem w ramach prac prowadzonych przez Center for Rehabilitative Auditory Research (NCRAR). Większość badanych (63,8%) stanowiły osoby powyżej 50 roku życia.

Uczestnicy zostali podzieleni na cztery grupy nasilenia choroby na podstawie aktualnych wartości badania poziomu hemoglobiny glikowanej HbA1c. Na podstawie wyniku HbA1c osoby podzielono następująco: (1) brak cukrzycy (brak diagnozy i HbA1c <5,7%); (2) stan przedcukrzycowy (brak diagnozy i HbA1c ≥ 5,7%); (3) kontrolowana cukrzyca (rozpoznanie i HbA1c <7%); i (4) niekontrolowana cukrzyca (rozpoznanie i HbA1c ≥ 7%).



Rys. 1. Uśrednione audiogramy dla ucha lepiej słyszącego a) oraz dla ucha gorzej słyszącego b). Wykresy c) przedstawiają audiogramy gdzie uśredniono wartości progu słyszenia z obu uszu. Na każdej z grup wykresów przedstawiono krzywe reprezentujące grupy osób o różnym stopniu zaawansowania cukrzycy. Kwalifikację oparto o wynik badania poziomu hemoglobiny glikowanej (HbA1c) [18]

Rysunek 1 przedstawia średni audiogram dla każdej z czterech grup z różniącym się nasileniem cukrzycy. Oddzielnie pokazano dane dla lepiej i gorzej słyszącego ucha, a także przedstawiono wykres wyników średniej obu uszu. W każdej grupie średnie progi rosły wraz ze wzrostem częstotliwości, zgodnie z oczekiwanym profilem opartym na rozkładzie wieku uczestników. Dokładniej, średnie progi mieściły się w normalnym zakresie do około 8 kHz w uchu lepiej słyszącym i do około 2 kHz w uchu gorzej słyszącym. Uczestnicy bez cukrzycy mieli ogólnie najlepszy słuch, podczas gdy uczestnicy z niekontrolowaną cukrzycą mieli słabszy słuch niż osoby kontrolne dla wszystkich badanych częstotliwości. Głównym celem badania było wykazanie związku między nasileniem cukrzycy a utratą słuchu. Okazało się, że podwyższenie progu tonalnego było skoncentrowane wśród pacjentów ze słabo kontrolowaną chorobą - co stwierdzono na podstawie aktualnego zmierzonego poziomu HbA1c [18].

Stwierdzono, że uczestnicy z niekontrolowaną cukrzycą mieli znacznie gorsze progi słyszenia przy 250 Hz i gorszą kliniczną średnią audiometryczną PTA w porównaniu z uczestnikami bez cukrzycy. Różnice wynosiły odpowiednio 3,1 dB i 3,46 dB. Żadne inne różnice nie okazały się znaczące [18]. Osoby z niekontrolowaną cukrzycą również znacznie częściej zgłaszały, że ich słuch niekorzystnie wpłynął na jakość ich życia w jednej z trzech badanych podskali - zdolności adaptacji. Różnice w wynikach dla rozumienia mowy w danym badaniu nie osiągnęły istotności statystycznej. W porównaniu z weteranami z kontrolowaną cukrzycą, osoby z niekontrolowaną chorobą zwykle cierpiały na cukrzycę dłużej, były insulinozależne i częściej zapadały na retinopatię cukrzycową. Wyniki te są generalnie porównywalne z literaturą w odniesieniu do wielkości różnic w badaniu progowym, jak i częstości występowania upośledzenia słuchu. Te dodatkowe badania poszerzają wcześniejsze prace, podając różnice progowe i mierząc występowanie utraty słuchu według kategorii kontroli cukrzycy oraz uwzględniają dodatkowe pomiary czynnościowe.

Wyniki dostarczają dowodów na to, że obserwowanej dysfunkcji słuchu, towarzyszącej cukrzycy typu 2, można zapobiec lub opóź-

nić ją poprzez ścisłą kontrolę metaboliczną. Wyniki te ukazują, że raz zdiagnozowana i kontrolowana cukrzyca nie wydaje się przyspieszać tempa pogarszania się ubytku słuchu związanego z wiekiem. Sugerują raczej, że osoby z cukrzycą mają słabszy słuch dla pewnych zakresów częstotliwości niż osoby bez cukrzycy, w każdym badanym przedziale wiekowym.

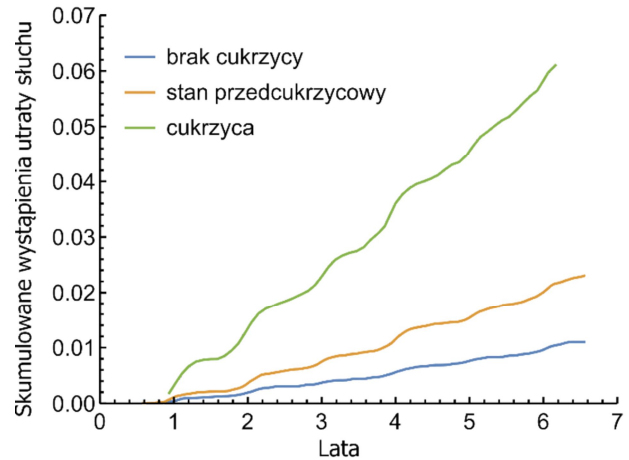
Konrad Martin i wsp., korzystając z otrzymanego modelu odniesienia szacują, że 43-letni pacjent z niekontrolowaną cukrzycą będzie miał słuch podobny do 59-letniego pacjenta bez cukrzycy przy częstotliwości 250 Hz, co jest potencjalnym średnio 16-letnim przedwczesnym starzeniem słuchu wśród pacjentów z niekontrolowaną chorobą. Podobne wyniki uzyskano dla klinicznej audiometrii tonalnej PTA. Pacjenci z niekontrolowaną cukrzycą "wyprzedzili" uczestników badania bez cukrzycy pod względem obniżenia progu PTA o około 23 lata [18].

Wyniki te wskazują, że ubytek słuchu związany z cukrzycą jest powiązany z nasileniem choroby i można mu zapobiec dzięki lepszemu leczeniu. Gdyby można było znaleźć sposoby, aby zapobiec cukrzycy u osób ze stanem przedcukrzycowym lub przynajmniej dobrze kontrolować cukrzycę, lepszy słuch mógłby zostać zachowany do późnej dorosłości. W toku są badania długoterminowe, które mogą potwierdzić wyniki uzyskane w tej grupie [18].

Utrata słuchu w zakresie niskich częstotliwości jest stosunkowo rzadka u dorosłych. Jeśli wykluczona jest choroba otologiczna, ubytek taki wskazywać może na zmiany w ukrwieniu ślimaka. Wyniki wskazujące na wpływ cukrzycy na słyszenie tych zakresów częstotliwości są zatem ważne i mogą dostarczyć wglądu w co najmniej jeden proces cukrzycowy w układzie słuchowym. Zwyrodnienie bocznej ściany ślimaka, a zwłaszcza prążkowiec naczyniowy, jest uważane za główną przyczynę presbycusis, czasami określanego jako „metaboliczny presbycusis” i uważa się, że może wystąpić przedwcześnie u osób z cukrzycą [18].

Pacjent z cukrzycą zwykle boryka się z podwójną dysfunkcją zmysłową. Pogorszenie progu słuchu w połączeniu z centralnym osłabieniem funkcji systemu słuchowego lub funkcji poznawczych oraz towarzysząca cukrzycy retinopatia (dotyka ponad 21% pacjentów z cukrzycą typu 2 w momencie rozpoznania i 40% pacjentów z cukrzycą w wieku powyżej 40 lat), poważnie wpływa na jakość życia pacjenta, upośledzając jego zdolności komunikacji i interakcji społecznej.

Dlatego stan słuchu i zdolność rozumienia mowy są ważnymi czynnikami zdrowotnymi, które należy wziąć pod uwagę u pacjentów z cukrzycą. Wreszcie, jeśli można wykazać, że zmiany w funkcjonowaniu narządu słuchu rozwijają się z upływem czasu preferencyjnie u osób z niekontrolowaną cukrzycą, to istnieje profilaktyka. Ze względu na ogromną liczbę osób dotkniętych cukrzycą, jeśli zostaną znalezione sposoby na nawet umiarkowane zmniejszenie czynników ryzyka uszkodzenia układu słuchowego związanego z cukrzycą, wpływ na zdrowie publiczne może być znaczący. Jednak dysfunkcja słuchu nie jest ani powszechnie znanym, ani dobrze rozumianym skutkiem zdrowotnym związanym z tą chorobą. Wyniki badań dostarczają dowodów na to, że obserwowanej dysfunkcji słuchu w cukrzycy typu 2 można zapobiec lub opóźnić ją poprzez ścisłą kontrolę zaburzeń metabolicznych [18].



Rys. 2. Skumulowana częstość występowania utraty słuchu w odniesieniu do grupy osób z normalnym poziomem glukozy [10]

Prawdopodobieństwo utraty słuchu w przebiegu choroby cukrzycy rośnie znacznie szybciej niż u osób z prawidłowym poziomem glukozy we krwi. Potwierdzają to wyniki badania na licznej grupie (253 301) pacjentów wykonanych między 2001 a 2014 roku i przedstawione na rys. 2 [10]. Różnica w liczbie osób z utratą słuchu, które chorując na cukrzycę i utraciła słuch jest wyraźna względem grupy kontrolnej z prawidłowym poziomem glukozy we krwi. Jako utratę słuchu uznano w tym badaniu próg 23 dB dla tonów o częstotliwościach 125 Hz, 500 Hz i 2 kHz.

W większości badań prowadzonych na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci stwierdzono występowanie ubytku słuchu wśród osób z cukrzycą lub stwierdzono gorszy słuch u osób z cukrzycą w porównaniu z grupą kontrolną [4, 9-10, 12-13, 19-23].

3. Utrata słuchu w cukrzycy– przypuszczalne powody

Cukrzyca jest poważnym zaburzeniem metabolizmu energetycznego, które dotyczy dysfunkcji mitochondriów, stresu oksydacyjnego i odkładania się produktów glikacji w tkankach organizmu, co prowadzi do zaburzenia w funkcjonowaniu metabolicznym. Zakłócony metabolizm cukrzycowy może prowadzić do uszkodzenia fizjologii systemu słuchowego. Jest kilka fizjologicznie wiarygodnych teorii na temat podstawowego mechanizmu odpowiedzialnego za utratę słuchu związanego z cukrzycą, w tym najważniejsze to mikroangiopatia (zmiany w naczyniach włosowatych), produkty końcowe zaawansowanej glikacji oraz reaktywne formy tlenu [23].

Mikroangiopatia

Ślimak jest silnie mikronaczyniowy i uważany za podatny na skutki mikroangiopatii, będącej końcowym skutkiem hiperglikemii. Utrata słuchu związana z cukrzycą może być wynikiem mikroangiopatii. Większe zagrożenie wystąpieniem ubytków słuchu stwierdzono u osób z cukrzycą typu I i z nefropatią niż u osób z cukrzycą typu I bez nefropatii [24]. Pogorszenie poziomu kreatyniny jako markera mikroangiopatii było zaobserwowane wraz z pogorszeniem się słuchu w bardzo dużej grupie badanych (grupa 12575 osób) [7].

Końcowe produkty zaawansowanej glikacji tzw. AGEs (ang. Advanced glycation endproducts).

Produkty te powstają na skutek nieenzymatycznej reakcji w organizmie, w której następujące po sobie etapy ostatecznie prowadzą do powstania dużych cząsteczek związków, stanowiących trwałe agregaty, kumulujące się w organizmie. Glikacja zachodzi pomiędzy grupami cukrów redukujących i niskocząsteczkowych aldehydów a grupami zasadowymi białek, lipidów, i kwasów nukleinowych. AGEs stanowią heterogenną grupę związków, z których jak dotąd niewiele zostało poznanych. Glikacja jest procesem, który ulega nasileniu w stanach zaburzeń metabolicznych.

Powtarzająca się hiperglikemia może prowadzić do chronicznego uszkodzenia ślimaka lub upośledzenia homeostazy endolimfy [21]. Jako mechanizm prowadzący do uszkodzenia ślimaka sugeruje się uszkodzenie śródbłonna naczyniowego [9], co w efekcie prowadzi do ubytku słuchu związanego z cukrzycą.

Reaktywne formy tlenu RFT / stres oksydacyjny

Reaktywne formy tlenu (RFT) czyli tzw. stres oksydacyjny uznano za czynnik wpływający na układ słuchowy badając pacjentów z cukrzycą typu 2 bez mikroangiopatii lub neuropatii obwodowej. Występowanie produktów utleniania białek surowicy, tlenu azotu i enzymatycznej aktywności przeciwutleniającej w grupie pacjentów z cukrzycą typu 2 sugeruje rolę stresu oksydacyjnego w utracie słuchu przy cukrzycy [18].

Najprawdopodobniej proces utraty słuchu związany z cukrzycą jest wieloczynnikowy. Potrzebne są dalsze badania, aby określić, która teoria lub teorie odzwierciedlają prawdziwą przyczynę. Szereg mechanizmów fizjologicznych, wyjaśnia powiązania między ubytkiem słuchu i cukrzycą typu 2. Należą do nich naczyniowe, neurologiczne etiologie, w tym wpływ cukrzycy na ośrodkowy układ nerwowy, nieprawidłowości mitochondrialne, i czynniki genetyczne. Cukrzyca typu 2 może być również niezależnym czynnikiem ryzyka utraty słuchu, ponieważ skutki hiperglikemii mogą uszkodzić ślimak zarówno anatomicznie, jak i fizjologicznie.

4. Podsumowanie

Ponieważ ucho wewnętrzne jest podatne na stres metaboliczny i krążeniowy, powikłania mikronaczyniowe często związane z cukrzycą typu 2 mogą wpływać niszcząco na układ słuchowy. Chociaż od dawna badano związek między cukrzycą a utratą słuchu, większość badań wykorzystywała ograniczone pomiary audiometryczne do oceny ubytku słuchu. Dlatego rozpowszechnienie i skala związku cukrzycy typu 2 z obwodowym i ośrodkowym układem słuchowym nie jest jeszcze do końca poznana. Ostateczna ocena utraty słuchu związanego z cukrzycą typu 2 wymaga zastosowania testów oceniających cały system słuchowy, od ślimaka do wyższych dróg słuchowych [23]. W związku z tym poszerzenie diagnostyki w kierunku wykrycia cukrzycy u pacjentów z niedosłuchem wydaje się być ważne. Ponadto, istnieją badania potwierdzających związek występowania hiperinsulinemii, z występowaniem szumów usznych [25]. Protetyk słuchu, w uzasadnionych przypadkach, powinien rozważyć zalecenie

wykonania dalszej diagnostyki w kierunku insulinooporności i cukrzycy typu II. Podejście holistycznie do problemów ze słyszeniem może ułatwić wczesne wykrycie hiperinsulinemii, czy stanu przedcukrzycowego i znacznie przyczynić się do poprawy przyszłego stanu słyszenia pacjenta.

Bibliografia

1. Epstein F.H., Atkinson M.A., Maclaren N.K., The Pathogenesis of Insulin-Dependent Diabetes Mellitus, *N. Engl. J. Med.*, 1994, 331, s. 1428–1436
2. Simpson R.W., Shaw J.E., Zimmet P.Z., The prevention of type 2 diabetes - Lifestyle change or pharmacotherapy? A challenge for the 21st century, *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 2003, 59, s. 165–180
3. Chatterjee S., Khunti K., Davies M.J., Type 2 diabetes, *Lancet*, 2017, 389, s. 2239–2251
4. Pinhas-Hamiel O., Dolan L.M., Daniels S.R., Standiford D., Khoury P.R., Zeitler P., Increased incidence of non-insulin-dependent diabetes mellitus among adolescents, *J. Pediatr.*, 1996, 128, s. 608–615
5. Litwak L., Goh S.Y., Hussein Z., Malek R., Prusty V., Khamseh M.E., Prevalence of diabetes complications in people with type 2 diabetes mellitus and its association with baseline characteristics in the multinational A1chieve study, *Diabetol. Metab. Syndr.*, 2013, 5, s. 1–10
6. De Espana R., Biurrun O., Lorente J., Traserra J., Hearing and diabetes, *ORL*, 1995, 57, s. 325–327
7. Kakarlapudi V., Sawyer R., Staecker H., The Effect of Diabetes on Sensorineural Hearing Loss, *Otol. Neurotol.*, 2003, 24
8. Frisina S.T., Mapes F., Kim S.H., Frisina D.R., Frisina R.D., Characterization of hearing loss in aged type II diabetics, *Hear. Res.*, 2006, 211, s. 103–113
9. Ren J., Zhao P., Chen L., Xu A., Brown S.N., Xiao X., Hearing Loss in Middle-aged Subjects with Type 2 Diabetes Mellitus, *Arch. Med. Res.*, 2009, 40, s. 18–23
10. Kim M.B., Zhang Y., Chang Y., Ryu S., Choi Y., Kwon M.J., et al., Diabetes mellitus and the incidence of hearing loss: A cohort study, *Int. J. Epidemiol.*, 2017, 46, s. 717–726
11. Lerman-Garber I., Cuevas-Ramos D., Valdés S., Enríquez L., Lobato M., Osornio M., et al., Sensorineural hearing loss-a common finding in early-onset type 2 diabetes mellitus, *Endocr. Pract.*, 2012, 18, s. 549–557
12. Pemmaiah K.D., Srinivas D.R., Hearing loss in Diabetes Mellitus, *Int. J. Collab. Res. Intern. Med. Public Heal.*, 2011, 3, s. 725–731
13. Arudkumaran D., Chang A., Umadat D., Eschler D.C., Acute Sensorineural Hearing Loss - an Unusual Presentation of Uncontrolled DM, *J. Endocr. Soc.*, 2021, 5, s. A363–A364
14. Al-Rubeaan K., AlMomani M., AlGethami A.K., Darandari J., Alsalthi A., AlNaqeeb D., et al., Hearing loss among patients with type 2 diabetes mellitus: a cross-sectional study, *Ann. Saudi Med.*, 2021, 41, s. 171–178

15. Kurt E., Öztürk F., Günen A., Sadikoglu Y., Sari R.A., Yoldas T.K., et al., Relationship of retinopathy and hearing loss in type 2 diabetes mellitus, *Ann. Ophthalmol.*, 2002, 34, s. 216–222
16. Loader B., Stokic D., Riedl M., Hickmann S., Katzinger M., Willinger U., et al., Combined analysis of audiologic performance and the plasma biomarker stromal cell-derived factor 1a in type 2 diabetic patients, *Otol. Neurotol.*, 2008, 29, s. 739–744
17. Cheng Y.J., Gregg E.W., Saaddine J.B., Imperatore G., Zhang X., Albright A.L., Three decade change in the prevalence of hearing impairment and its association with diabetes in the United States, *Prev. Med. (Baltim)*, 2009, 49, s. 360–364
18. Konrad-Martin D., Reavis K.M., Austin D., Reed N., Gordon J., McDermott D., et al., Hearing impairment in relation to severity of diabetes in a veteran cohort, *Ear Hear.*, 2015, 36, s. 381–394
19. Cinnamond M.J., Cullen J.R., Hearing loss in diabetics, *J. Laryngol. Otol.*, 1993, 107, s. 179–182
20. S V, D R., S N., Audiometric evaluation of type 2 diabetes mellitus patients according to their metabolic control, *Natl. J. Physiol. Pharm. Pharmacol.*, 2020, s. 1
21. Austin D.F., Konrad-Martin D., Griest S., McMillan G.P., McDermott D., Fausti S., Diabetes-related changes in hearing, *Laryngoscope*, 2009, 119, s. 1788–1796
22. Vaughan N., James K., McDermott D., Griest S., Fausti S., A 5-year prospective study of diabetes and hearing loss in a veteran population, *Otol. Neurotol.*, 2006, 27, s. 37–43
23. Hong O.S., Buss J., Thomas E., Type 2 diabetes and hearing loss, *Disease-a-Month*, 2013, 59, s. 139–146
24. Dalton D.S., Cruickshanks K.J., Klein R., Klein B.E.K., Wiley T.L., Association of NIDDM and hearing loss, *Diabetes Care*, 1998, 21, s. 1540–1544
25. Lavinsky L., Oliveira M., Bassanesi H., D'Avila C., Lavinsky M., Hyperinsulinemia and tinnitus: a historical cohort, *Int. Tinnitus J.*, 2004, 10, s. 24–30