

## BADANIE PROGU POBUDLIWOŚCI UCHA LUDZKIEGO

### Cel ćwiczenia

Celem tego ćwiczenia jest zbadanie ubytku słuchu przy różnych częstotliwościach dla przewodnictwa powietrznego i kostnego.

### Aparatura

Audiometr, słuchawki powietrzne, słuchawka kostna.



1. Włącznik zasilania.
2. Ekran wyświetlający rezultat testu dla prawego (czerwony wykres) i lewego ucha (niebieski wykres).
3. W tym miejscu ekranu wyświetla się aktualny poziom natężenia dźwięku dla prawego ucha. W tym miejscu wyświetla się również ikona , gdy osobie badanej prezentowany jest dźwięk.
4. W tym miejscu ekranu wyświetla się aktualna częstotliwość tonu. Dodatkowo, zapala się zielony wskaźnik  70 dBHL 2000Hz, gdy osoba badana naciśnie przycisk sygnalizując usłyszany dźwięk.
5. Przełącznik skoku poziomu natężenia dźwięku. Powinien być ustawiony na wartość 5dB.
6. Zmiana częstotliwości prezentowanego tonu: zmniejszenie (6a) lub zwiększenie (6b).
7. Wybór prawego ucha.
8. Wybór lewego ucha.
9. Włączenie testu przewodzenia kostnego. Lampka powyżej wskazuje ucho aktualnie badane (R – prawe; L – lewe).
10. Zapisanie na wykresie określonego punktu podczas wykonywania badania.
11. Pokrętko zmiany poziomu natężenia dźwięku.
12. Przycisk manualnego włączenia pojedynczej prezentacji określonego tonu.
13. Usunięcie aktualnego punktu z wykresu. Naciśnięcie wraz z przyciskiem shift kasuje cały wykres.
14. Włączenie szumu podawanego do przeciwnego ucha.
15. Przycisk raportowania – osoba badana sygnalizuje nim usłyszany dźwięk.
16. Słuchawka służąca do badania przewodnictwa kostnego.
17. Słuchawka służąca do badania przewodnictwa powietrznego. **Kolor czerwony - ucho prawe, kolor niebieski - ucho lewe.**
18. Przycisk shift.

19. Przycisk zmiany prezentacji tonu (Man – manualnie za pomocą szarego przycisku; lub Rev - automatycznie)
20. Pokrętko zmiany poziomu natężenia szumu.

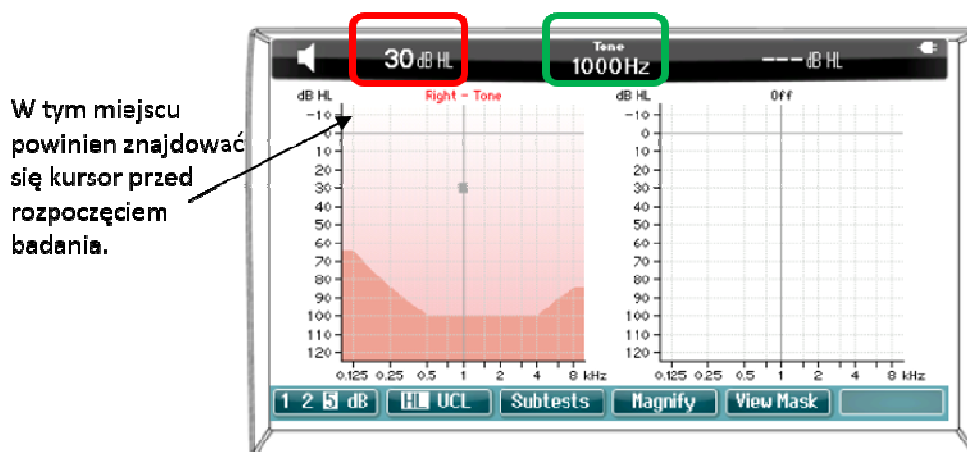
W ramach ćwiczenia dla każdej osoby z grupy zostaną przeprowadzone następujące badania:

- A. Rejestrowanie krzywych ubytku słuchu na drodze przewodnictwa powietrznego.
- B. Badanie tonem jednego ucha przy jednoczesnym zagłuszaniu szumem drugiego ucha.
- C. Rejestrowanie krzywych ubytku słuchu na drodze przewodnictwa kostnego.

#### A. Rejestrowanie krzywych ubytku słuchu na drodze przewodnictwa powietrznego.

##### Przebieg ćwiczenia:

1. Włącznikiem (1) uruchamiamy aparat.
2. Przed przystąpieniem do badania należy:
  - ustawić przyciskiem (5) skok zmiany poziomu natężenia tonu na 5dB (wartość widoczna jest na ekranie powyżej przycisku);
  - włączyć badanie ucha prawego czerwonym przyciskiem (7); powinna świecić się lampka **Right**;
  - włączyć tryb ciągłej prezentacji tonu przyciskiem (19); powinna świecić się lampka **Rev**;
3. Na ekranie w lewym górnym rogu widoczna jest aktualnie nastawiona wartość natężenia dźwięku (czerwona ramka na rysunku poniżej), natomiast na środku w górnej części ekranu widnieje wartość ustawionej częstotliwości prezentowanego tonu (zielona ramka na rysunku). Dodatkowo na ekranie widoczny jest wykres z wartościami częstotliwości i natężenia dźwięku, oraz szary kwadratowy kursor wskazujący na wykresie określoną intensywność i częstotliwość prezentowanego tonu. Gdy badane jest ucho prawe widoczny jest wykres czerwony, natomiast, gdy badane będzie ucho lewe podświetli się wykres niebieski. Należy za pomocą przycisków **Frequency (6a, 6b)** ustawić kursor na ekranie w punkcie: częstotliwość równa 0.125 kHz. Następnie za pomocą pokrętła (11) należy ustawić poziom natężenia tonu na najniższą możliwą wartość, czyli -10 dB HL.



4. Osoba badana zakłada słuchawki powietrzne (17) tak, aby małżowiny uszne znajdowały się wewnątrz pierścieni uszczelniających. Na lewym uchu powinna znaleźć się słuchawka oznaczona kolorem niebieskim.
5. Potwierdzeniem prezentacji tonu osobie badanej jest znak  widoczny w lewym górnym rogu wyświetlacza. Osoba badająca, za pomocą pokrętła zmiany amplitudy sygnału (11), co kilka sekund zwiększa poziom natężenia dźwięku (jeden skok pokrętła powoduje wzrost tej wielkości o 5 dB). Jeśli osoba badana usłyszy dźwięk, naciska przycisk sygnalizujący, a osoba badająca informowana jest o tym poprzez pojawienie się zielonego prostokąta w górnej części ekranu  **70 dB HL** **Tone 2000Hz**. Wartość progu słyszalności dla danej częstotliwości należy zaznaczyć na wykresie naciskając żółty przycisk **Store (10)**. Ważne, aby osoba badana nie spoglądała na aparat i nie widziała parametrów prezentowanego tonu.

6. Po naciśnięciu przycisku **Store (10)** w poprzednim punkcie instrukcji, poziom prezentowanego natężenia dźwięku powinien zmniejszyć się do  $-10$  dB, a częstotliwość powinna zwiększyć się na kolejną dostępną wartość. Powtarzamy pomiar dla kolejnych częstotliwości: 125Hz, 250Hz, 500Hz, 750Hz, 1kHz, 1.5kHz, 2kHz, 3kHz, 4kHz, 6kHz, 8kHz. Każdorazowo zapisując uzyskany punkt poprzez naciśnięcie żółtego przycisku **Store (10)**.
7. Po zbadaniu wszystkich dostępnych częstotliwości należy przepisać uzyskane wartości do tabeli formularza oraz nanieść punkty krzywej ubytku słuchu na wykres kolorem czerwonym łącząc je ciągłą linią. Zaleca się wykorzystanie standardowych oznaczeń dla punktów stosowanych w audiometrii.

|              | przewodnictwo    | niemaskowane szumem | maskowane szumem |
|--------------|------------------|---------------------|------------------|
| prawe ucho   | powietrzne —     | ○                   | △                |
|              | kostne - - - - - | <                   | ⌈                |
| lewe ucho    | powietrzne —     | ×                   | □                |
|              | kostne - - - - - | >                   | ⌋                |
| brak reakcji |                  | ↓                   | ↓                |

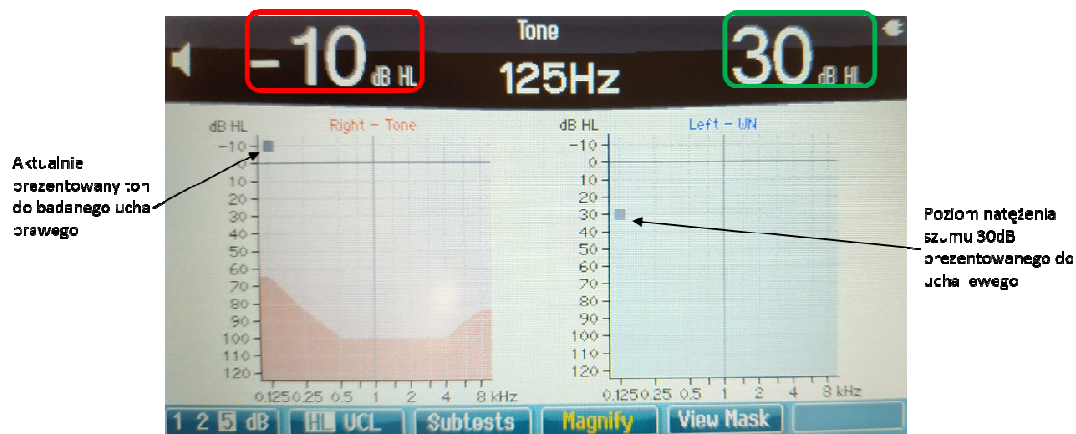
8. Procedurę opisaną w punktach 2-7 należy powtórzyć dla ucha lewego. Niebieski przycisk **(8)** służy przełączeniu prezentacji tonów na ucho lewe; powinna zaświecić się lampka **Left**, a na ekranie widoczny będzie niebieski wykres. Nie zmieniać położenia słuchawek nausznych!
9. Przed przystąpieniem do dalszych pomiarów, należy wykasować krzywe, w tym celu należy naciśnąć razem przyciski **Shift (18)** oraz **Del Point (13)**.

## **B. Badanie tonem jednego ucha przy jednoczesnym zagłuszeniu szumem drugiego ucha**

Cel: badanie ubytku słuchu, gdy równolegle do przeciwnego ucha prezentowany jest szum o intensywności 30dB. W tym trybie można zbadać, czy ubytek słuchu w danym uchu nie jest maskowany przez słyszenie tonu za pomocą ucha przeciwnego.

### **Przebieg ćwiczenia:**

10. Przed przystąpieniem do badania należy:
  - ustawić przyciskiem **(5)** skok zmiany poziomu natężenia tonu na 5dB (wartość widoczna jest na ekranie powyżej przycisku);
  - włączyć badanie ucha prawego czerwonym przyciskiem **(7)**; powinna świecić się lampka **Right**;
  - włączyć tryb ciągłej prezentacji tonu przyciskiem **(19)**; powinna świecić się lampka **Rev**;
  - włączyć prezentowanie szumu do przeciwnego ucha za pomocą przycisku **Mask on/off (14)**, powinna zapalić się lampka nad przyciskiem.
11. Na ekranie widoczne są dwa wykresy. Czerwony „Prawy – Ton”, na którym widoczne będą parametry tonu prezentowanego do badanego ucha prawego. Niebieski „Lewy – WN” z wartością częstotliwości i natężenia szumu prezentowanego do ucha lewego. Prezentowany jest biały szum, stąd w nazwie WN od *white noise*. Ustaw za pomocą prawego pokrętki **(20)** poziom natężenia szumu na wartość **30dB** (ustawiona wartość widoczna jest nad niebieskim wykresem, zielona ramka na rysunku poniżej).
12. Za pomocą przycisków **Frequency (6a, 6b)** i pokrętki **(11)** należy ponownie ustawić częstotliwość tonu prezentowanego do badanego prawego ucha na 0.125 kHz, a poziom natężenia tonu na najniższą możliwą wartość, czyli  $-10$  dB HL (czerwona ramka na rysunku poniżej).



11. Osoba badana zakłada słuchawki powietrzne (17) tak, aby małżowiny uszne znajdowały się wewnątrz pierścieni uszczelniających. Na lewym uchu powinna znaleźć się słuchawka oznaczona kolorem niebieskim.
12. Oba badająca, za pomocą pokrętki (11) zmiany amplitudy sygnału, co kilka sekund zwiększa poziom natężenia dźwięku (jeden skok pokrętki powoduje wzrost tej wielkości o 5 dB) aż do momentu, gdy osoba badana naciśnie przycisk raportowania (na ekranie pojawi się zielony prostokąt). Wartość progu słyszalności dla danej częstotliwości należy zaznaczyć na wykresie naciskając żółty przycisk **Store (10)**.
13. Po naciśnięciu przycisku **Store (10)** w poprzednim punkcie instrukcji, poziom prezentowanego natężenia dźwięku powinien zmniejszyć się do -10 dB, a częstotliwość powinna zwiększyć się na kolejną dostępną wartość. Powtarzamy pomiar dla kolejnych częstotliwości: 125Hz, 250Hz, 500Hz, 750Hz, 1kHz, 1.5kHz, 2kHz, 3kHz, 4kHz, 6kHz, 8kHz, każdorazowo zapisując uzyskany punkt poprzez naciśnięcie żółtego przycisku **Store (10)**.
14. Po zbadaniu wszystkich dostępnych częstotliwości należy przepisać uzyskane wartości do tabeli formularza oraz nanieść punkty krzywej ubytku słuchu na wykres kolorem czerwonym łącząc je ciągłą linią.
15. Za pomocą analogicznej procedury należy zbadać ucho lewe. Niebieski przycisk (8) służy przełączeniu prezentacji tonów na ucho lewe; powinna zaświecić się lampka **Left**. Po jej naciśnięciu zmieniają się podpisy wykresów na ekranie. Prawy czerwony wykres będzie zatytułowany „Prawy – WN” i na tym wykresie widoczny będzie poziom natężenia szumu, który należy ponownie ustawić na wartość 30dB za pomocą pokrętki (20). Lewy niebieski wykres będzie zatytułowany „Lewy – Ton” i na tym wykresie widoczne jest natężenie i częstotliwość tonu prezentowanego do badanego ucha lewego. Za pomocą przycisków **Frequency (6a, 6b)** i pokrętki (11) należy ponownie ustawić częstotliwość tonu prezentowanego do badanego ucha na 0.125 kHz, a poziom natężenia tonu na najniższą możliwą wartość, czyli -10 dB HL. Powtarzamy pomiar dla kolejnych częstotliwości: 125Hz, 250Hz, 500Hz, 750Hz, 1kHz, 1.5kHz, 2kHz, 3kHz, 4kHz, 6kHz, 8kHz, każdorazowo zapisując uzyskany punkt poprzez naciśnięcie żółtego przycisku **Store (10)**.
16. Przepisz uzyskane punkty do tabeli, oraz nanieś je odpowiednim kolorem na wykres łącząc je ciągłą linią.
17. Przed przystąpieniem do badania kolejnej osoby, należy wykasować krzywe, w tym celu należy nacisnąć razem przyciski **Shift (18)** oraz **Del Point (13)**.

### C. Rejestrowanie krzywych ubytku słyszenia na drodze przewodnictwa kostnego.

Cel: badamy przewodzenie kostne, w którym ton akustyczny przewodzony jest poprzez ciało stałe – kości czaszki i bezpośrednio pobudza ślimak z pominięciem ucha zewnętrznego i środkowego.

W tym badaniu słuchawki powietrzne zastąpione są słuchawką kostną przyłożoną do wyrostka sutkowatego po stronie ucha badanego. Słuchawkę kostną ustawiamy w pozycji takiej, aby uzyskać jak najlepszą transmisję dźwięku, lecz tak by nie dotykała ona małżowiny usznej. Sposób wykonania pomiarów jest analogiczny do procedury opisaną w punkcie A. Uzyskane wyniki przedstawić na odpowiednim audiogramie.

### **Przebieg ćwiczenia:**

18. Przed kontynuowaniem badania należy wykasować krzywe, w tym celu należy nacisnąć razem przyciski **Shift (18)** oraz **Del Point (13)**
19. Osoba badana zakłada słuchawkę kostną (**16**) tak, aby część, z której wychodzi przewód naciskała krążkiem na wyrostek sutkowaty prawej kości skroniowej (tuż za uchem). Drugi koniec słuchawki należy umieścić przeciwnie na kości czołowej (służy on wyłącznie do stabilizacji słuchawki kostnej).
20. Zielonym przyciskiem audiometru (**9**) należy włączyć pomiar przewodzenia kostnego i ustawić pomiar na ucho prawe (powinna zaświecić się lampka **R** nad przyciskiem).
21. Dalszy pomiar wygląda tak samo jak w przypadku przewodnictwa powietrznego (część A), z tym, że zakres częstotliwości mieści się w przedziale od 250 do 8000Hz.
22. Aby zmienić ucho badane na lewe należy ponownie nacisnąć zielony przycisk (**9**), tak by zapaliła się lampka z napisem **L**, analogicznie zmienić położenie słuchawki kostnej na lewy wyrostek sutkowaty.
23. Przepisz uzyskane punkty do tabeli, oraz nanieś je innym kolorem na wykres używając odpowiednich symboli i łącząc je ciągłą linią.

### **Wymagane wiadomości teoretyczne**

1. Ogólne wiadomości o ruchu falowym, fala mechaniczna, równanie fali płaskiej.
2. Ciśnienie akustyczne, natężenie dźwięku, poziom natężenia dźwięku, głośność - jednostki dla tych parametrów. Wysokość i barwa dźwięku. Zakres częstotliwości słyszalnych dla ucha ludzkiego.
3. Krzywe izofoniczne. Próg słyszalności i próg bólu w zależności od częstotliwości. Obszar słyszalności dla ucha ludzkiego.
4. Prawo Webera-Fechnera.
5. Mechanizm odbioru dźwięków przez ucho ludzkie. Zamiana drgań mechanicznych na sygnały elektryczne w narządzie Cortiego.
6. Przewodnictwo powietrzne i kostne.
7. Audiometria.

### **Literatura**

1. S. Mięgisz, A. Hendrich, „Wybrane zagadnienia z biofizyki”, Volumed, Wrocław 1998 (rozdział 10).
2. K. Michalak, A. Hendrich, „Ćwiczenia laboratoryjne z biofizyki”, Wydawnictwo AM Wrocław, 2002 (rozdział 2).
3. F. Jaroszyk, „Biofizyka”, PZWL, Warszawa 2014.
4. Cz. Bobrowski, „Fizyka-krótki kurs”, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1993.

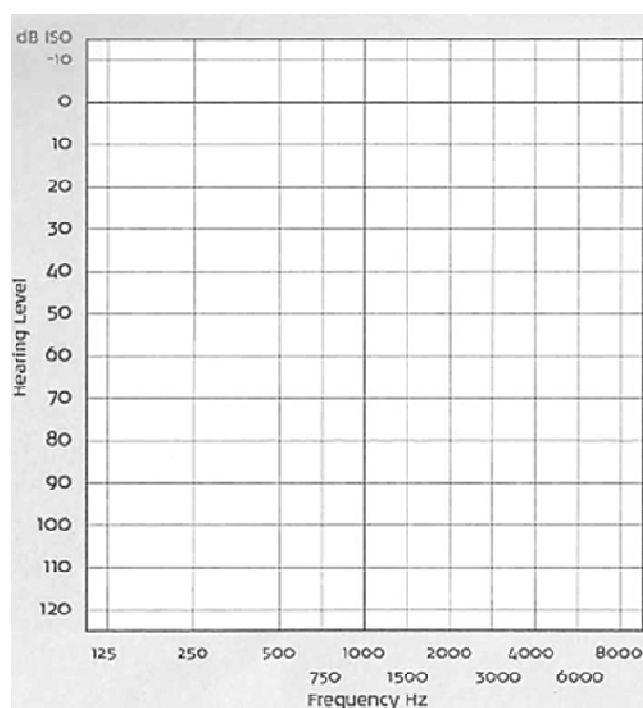
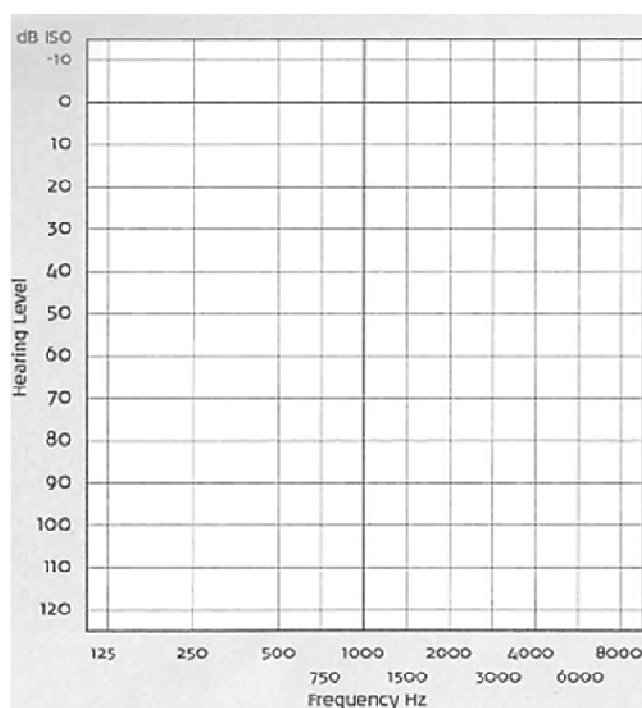
|                                                                                                 |                                                                             |                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Uniwersytet Medyczny<br/>we Wrocławiu<br/>Katedra i Zakład<br/>Biofizyki i Neurobiologii</b> | <b>Ćwiczenie 17</b><br><br><b>Badanie progu pobudliwości ucha ludzkiego</b> |                                                  |
|                                                                                                 | .....<br>.....<br>.....<br>Imiona i nazwiska studentów                      | Wydział: .....<br>nr grupy: .....<br>Data: ..... |
| Ocena:                                                                                          | Podpis prowadzącego ćwiczenia                                               |                                                  |

### Student 1.

|                                 | Ubytek słuchu dla ucha prawego        |                                                   |                                     | Ubytek słuchu dla ucha lewego         |                                                   |                                   |
|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Czę-<br>stotli-<br>wość<br>[Hz] | Przewodzenie<br>powietrzne<br>[dB HL] | Przewodzenie<br>powietrzne z<br>szumem<br>[dB HL] | Przewodzenie<br>kostnego<br>[dB HL] | Przewodzenie<br>powietrzne<br>[dB HL] | Przewodzenie<br>powietrzne z<br>szumem<br>[dB HL] | Przewodzenie<br>kostne<br>[dB HL] |
| 125                             |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 250                             |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 500                             |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 750                             |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 1000                            |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 1500                            |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 2000                            |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 3000                            |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 4000                            |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 6000                            |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |
| 8000                            |                                       |                                                   |                                     |                                       |                                                   |                                   |

### Prawe ucho

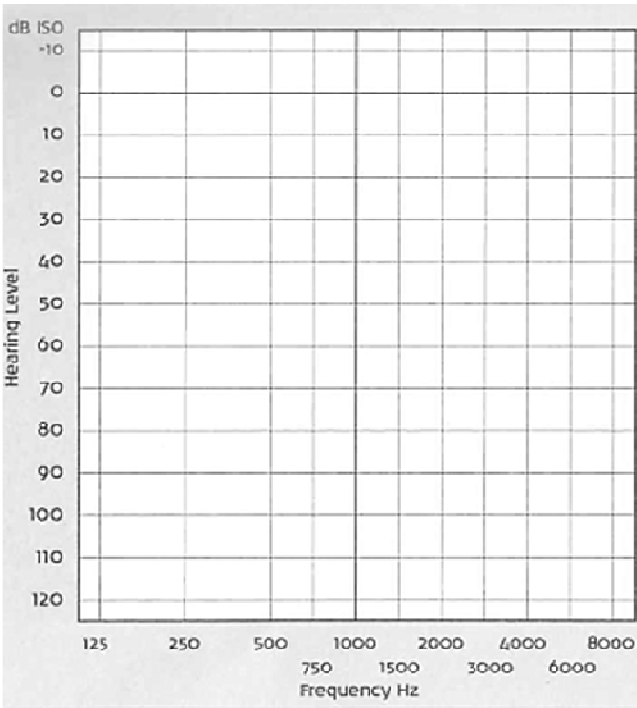
### Lewe ucho



Student 2.

|                    | Ubytek słuchu dla ucha prawego  |                                          |                               | Ubytek słuchu dla ucha lewego   |                                          |                             |
|--------------------|---------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|
| Częstotliwość [Hz] | Przewodzenie powietrzne [dB HL] | Przewodzenie powietrzne z szumem [dB HL] | Przewodzenie kostnego [dB HL] | Przewodzenie powietrzne [dB HL] | Przewodzenie powietrzne z szumem [dB HL] | Przewodzenie kostne [dB HL] |
| 125                |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 250                |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 500                |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 750                |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 1000               |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 1500               |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 2000               |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 3000               |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 4000               |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 6000               |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |
| 8000               |                                 |                                          |                               |                                 |                                          |                             |

Prawe ucho



Lewe ucho

