

Pojęcia akustyczne w praktyce klinicznej – czy potrafimy się nimi posługiwać na co dzień?

Acoustic terms in clinical practice – can we use them on a daily basis?

Andrzej Wicher¹, Michał Karlik²

1) Katedra Akustyki, Wydział Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań

2) Katedra i Klinika Foniatrii i Audiologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, ul. Przybyszewskiego 49, 60-355 Poznań

STRESZCZENIE

Akustyka i audiologia to obszary wiedzy, które charakteryzują się bardzo dużą interdyscyplinarnością. W artykule przedstawiono wybrane pojęcia akustyczne, stosowane często niewłaściwie w praktyce klinicznej. Opisane zostały definicje ciśnienia akustycznego, poziomu ciśnienia akustycznego, natężenia dźwięku, poziomu natężenia dźwięku, głośności, poziomu głośności, wysokości, poziomu słyszenia. Przedstawiono kilka przykładów błędnych zapisów i właściwego ich zastosowania.

Słowa kluczowe: pojęcia akustyczne, ciśnienie akustyczne, poziom ciśnienia akustycznego, natężenie dźwięku, poziom natężenia dźwięku, głośność, poziom głośności

ABSTRACT

Acoustics and audiology are areas of knowledge with a very high level of interdisciplinarity. The paper presents selected acoustic concepts often used incorrectly in clinical practice. The definitions of sound pressure, sound pressure level, sound intensity, sound intensity level, loudness, loudness level, pitch, and hearing level are described. Some examples of incorrect use and their proper application are presented.

Key words: acoustic terms, sound pressure, sound pressure level, sound intensity, sound intensity level, loudness, loudness level

Zagadnienia przedstawione w niniejszym artykule zaprezentowane zostały podczas wykładu wygłoszonego w trakcie XVII Konferencji z cyklu Akustyka w Audiologii i Foniatrii, która odbyła się w formie on-line w dniach 3-4 czerwca 2022.

Tematyka tego artykułu może dla akustyków stanowić powtórkę, natomiast wielu klinicystów potrzebuje wyjaśnienia pewnych pojęć, ze względu na rozbieżności w ich stosowaniu.

Akustyka i audiologia to obszary wiedzy, które charakteryzują się bardzo dużą interdyscyplinarnością. Konsekwencją tego jest posługiwanie się pewną terminologią

przez każdy z tych obszarów wiedzy. Jeżeli te obszary się przenikają, to aparat pojęciowy może czasem ulegać pewnym zmianom. Istnieje zatem ryzyko powstawania nieścisłości terminologicznych.

Celem tego artykułu jest przypomnienie i usystematyzowanie pojęć, którymi posługujemy się w opisie zjawisk dotyczących przede wszystkim akustyki, i które mają zastosowanie w praktyce klinicznej.

W codziennej praktyce klinicznej posługujemy się różnymi określeniami stosowanymi w opisach wyników badań audiologicznych, takich jak audiometria tonalna z wykorzystaniem słuchawek lub w polu swobodnym, audiome-

¹e-mail: awaku@amu.edu.pl

²e-mail: mkarlik@ump.edu.pl

tria mowy w słuchawkach czy także w polu swobodnym, badania elektrofizjologiczne – potencjały słuchowe z pnia mózgu (*ang. auditory brainstem responses, ABR*) itp. W opisach wyników tych badań stosowane są różnego rodzaju hasła – terminy, jak np. decybele HL, nHL, SL, SPL. Te określenia widoczne są na przykład na kartach informacyjnych z leczenia szpitalnego, w których opisywane są wyniki przeprowadzonych badań diagnostycznych. Czy stosujemy je właściwie?

Obserwujemy dość często niekonsekwencje stosowania tych pojęć, szczególnie w materiałach dotyczących instrukcji obsługi różnego rodzaju urządzeń do badań audiologicznych. Pojawiają się w nich często pewne nieścisłości terminologiczne.

W Tabeli 1 zestawiono wykaz pojęć i wielkości opisujących falę dźwiękową z podziałem na wielkości fizyczne, czyli obiektywne oraz na subiektywne cechy wrażenia dźwiękowego. Najczęściej błędne stosowanie pojęć, wiąże się z łączeniem ich z niewłaściwymi jednostkami.

Tabela 1. Zestawienie pojęć i wielkości opisujących falę dźwiękową.

Fala dźwiękowa (dźwięk)			
Wielkości fizyczne (obiektywne)	Jednostka	Subiektywne cechy wrażenia dźwiękowego	Jednostka
Ciśnienie akustyczne	[Pa]	Głośność	[son]
Poziom ciśnienia akustycznego	[dB SPL]	Poziom głośności	[fon]
Natężenie dźwięku	[W/m ²]	Wysokość	[Hz]
Poziom natężenia dźwięku	[dB]		
Poziom dźwięku	[dB A]		
Poziom słyszenia	[dB HL]		
Poziom wrażenia słuchowego	[dB SL]		

Jedne z najważniejszych pojęć w akustyce to ciśnienie akustyczne oraz poziom ciśnienia akustycznego. Pojęcia mogą się wydawać do siebie podobne, ale jest między nimi zasadnicza różnica. Ciśnienie akustyczne jest dodatkową zmianą ciśnienia na tle ciśnienia atmosferycznego. W przypadku fali sinusoidalnej, czyli fali cyklicznej, obserwujemy cykliczne zmiany ciśnienia na tle ciśnienia atmosferycznego. Uznajemy, że ciśnienie atmosferyczne jest tutaj stałe.

Istnieje także pojęcie ciśnienia skutecznego, czyli wartości średniokwadratowej. To co mierzymy na co dzień, używając chociażby mierników poziomu dźwięku, to pomiar wartości ciśnienia skutecznego. Ale pomiaru nie wyrażamy w jednostkach ciśnienia akustycznego, tylko w wartościach poziomu ciśnienia akustycznego (Lp). Jest to podstawowa miara, którą posługujemy

się w akustyce we wszelkiego rodzaju badaniach i pomiarach. Jest to wartość względna, tzn. iloraz wartości skutecznej ciśnienia akustycznego do ciśnienia odniesienia. Wartość ta jest zlogarytmowana, czyli jest to względna zmiana danej wartości fizycznej wyrażona w skali logarytmicznej [1].

Poziom ciśnienia akustycznego wyrażamy w dB SPL (*ang. Sound Pressure Level*). Tą miarą posługujemy się w akustyce oraz w audiologii. Przykładowo, w badaniu zrozumiałości mowy korzystamy z decybeli SPL. Podsumowując, jednostką ciśnienia akustycznego jest Paskal (Pa), a jednostką poziomu ciśnienia akustycznego – dB SPL.

Kolejne pojęcia to natężenie dźwięku i poziom natężenia dźwięku [1]. Tutaj bardzo często spotykamy się z nieścisłościami pojęciowymi.

Natężenie dźwięku to średni w czasie przepływ energii akustycznej przez powierzchnię jednostkową prostopadłą do kierunku propagacji fali. Natężenie dźwięku I określone jest równaniem (1):

$$I = \frac{p^2}{\rho_0 c r^2} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

gdzie:

ρ_0 – gęstość ośrodka, c – prędkość propagacji, r – odległość od źródła

Jednostką natężenia jest W/m², zatem nie możemy mówić tutaj o dB. Natomiast, jeżeli będziemy chcieli analogicznie, jak w przypadku ciśnienia akustycznego, wyrazić to natężenie w inny sposób, czyli w skali względnej, to oczywiście podobnie, jak w przypadku poziomu ciśnienia akustycznego określamy to jako poziom natężenia dźwięku. Wówczas korzystamy ze skali wyrażonej w decybelach, zdefiniowanej równaniem (2). Zatem natężenie dźwięku wyrażamy w W/m², zaś poziom natężenia dźwięku w decybelach.

$$L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ [dB]}$$

gdzie:

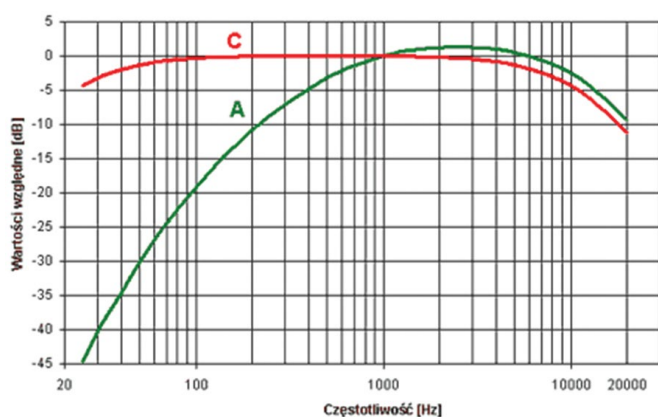
I_0 – natężenie odniesienia 10⁻¹² W/m²

Do subiektywnych cech dźwięku zaliczamy głośność i poziom głośności. Głośność jest atrybutem wrażenia dźwiękowego, które porządkuje dźwięki od cichych do głośnych. Jednostką głośności jest son. Nader często głośności dźwięków przyporządkowana jest skala dB, a jest to poważny błąd terminologiczny. Należy przypomnieć, że dźwięk ma głośność jednego sona, jeżeli jest on równo głośny z dźwiękiem tonalnym o poziomie 40 dB SPL i częstotliwości 1 kHz [1].

Poziom głośności danego dźwięku jest równy liczbowo poziomowi ciśnienia akustycznego tonu o częstotliwości 1 kHz. Jest on tak samo głośny jak oceniany dźwięk. W oparciu o tę definicję otrzymujemy zbiór krzywych, na-

zywanych krzywymi izofonicznymi, które spełniają bardzo ważną rolę, jeżeli chodzi o akustykę. Stanowią bazę do wprowadzenia kolejnej miary, gdzie postawą jest krzywa izofoniczna 40 fonów, tzw. krzywa korekcyjna A. Podsumowując, poziom głośności określamy w fonach, a głośność w sonach.

Kolejnymi ważnymi terminami są: poziom natężenia dźwięku i poziom dźwięku. Poziom dźwięku, to poziom ciśnienia akustycznego ważony krzywą korekcyjną A. Zdefiniowano zatem filtr o charakterystyce przedstawionej na Rys. 1, zaznaczony kolorem zielonym, tzn. krzywą korekcyjną A 40 fonów. Poziom dźwięku to poziom ciśnienia akustycznego ważony krzywą korekcyjną A [1]. Jednostką poziomu dźwięku jest [dB A]. W przypadku opisywania hałasu w środowisku domyślnie stosuje się dB A. Różnią się one od skali dB SPL.



Rys. 1. Krzywe korekcyjne: A – krzywa izofoniczna 40 fonów, C - krzywa izofoniczna 100 fonów (źródło: www.ciop.pl)

Przypomnijmy teraz pojęcie wysokości dźwięku. Wysokość dźwięku jest atrybutem wrażenia dźwiękowego, który porządkuje dźwięki na skali od niskich do wysokich. Jednostką wysokości dźwięku jest Hz.

Najczęstszym błędem, czy to w opisie parametrów sygnałów, czy w opisie wyników badań jest przyporządkowanie subiektywnym cechom wrażenia dźwiękowego jednostek wielkości fizycznych lub też błędne połączenie wielkości fizycznej z daną jednostką. To dwa główne źródła nieścisłości w opracowaniach.

W praktyce klinicznej wprowadzono kolejne miary na potrzeby diagnostyki słuchu. Są to poziom słyszenia i poziom wrażenia słuchowego [2]. Punktem wyjścia jest skala dB SPL. Poziom słyszenia (LHL) to skorygowany poziom ciśnienia akustycznego. Ciśnienie odniesienia jest zdefiniowane oddzielenie dla każdej częstotliwości audiometrycznej. Jest wartością ciśnienia akustycznego (p_{sk}) odniesionego do ciśnienia progowego osoby prawidłowo słyszającej (p_n), w zależności od pasma częstotliwości, wyrażoną w skali logarytmicznej (Równanie (3)).

$$L_{HL} = 20 \log \left(\frac{p_{sk}}{p_n} \right) [db HL]$$

Dla określenia poziomu słyszenia wprowadzamy decybele HL. Jest to podstawowa miara, którą stosujemy w audiometrii tonalnej w celu oznaczenia progów słyszenia. Możemy czasami spotkać się w różnego rodzaju opisach z jeszcze jedną jednostką, tj. dB nHL (ang. normal hearing level). Dlaczego dodano tutaj „n”? Otóż w przypadku audiometrii tonalnej stosujemy dźwięki tonalne o czasie trwania przynajmniej kilkuset milisekund. Jeżeli stosujemy bodźce krótkotrwałe o czasie trwania kilku lub kilkudziesięciu milisekund, co ma miejsce w przypadku badań słuchowych potencjałów wywołanych, np. z pnia mózgu (ang. auditory brainstem responses, ABR), to wówczas wartość zera decybeli nHL jest określana dla każdego rodzaju bodźca na podstawie średniego poziomu „reakcji”, czyli oznaczania poszczególnych fal w zapisie potencjałów [3]. Wzorzec stanowią wartości uzyskane dla grupy osób prawidłowo słyszących. Nie możemy porównywać, czy posługiwać się naprzemiennie skalą dB HL i dB nHL. Można dokonać estymacji wyniku progów słyszenia uzyskanych w badaniach typu ABR do tzw. progów behawioralnych. Wtedy mamy do czynienia z jeszcze inną różnicą, czyli decybelami eHL [3].

Poziom wrażenia słuchowego (L_{SL}) jest wartością ciśnienia akustycznego (p_{sk}) odniesioną do ciśnienia akustycznego progowego (p_{osoby}) badanej osoby, wyrażonego w skali logarytmicznej [2]. Jednostką są decybele SL (ang. sensation level), (Równanie (4)).

$$L_{SL} = 20 \log \left(\frac{p_{sk}}{p_{osoby}} \right) [db SL]$$

Podsumowując, warto przytoczyć kilka przykładów błędnych zapisów. Pierwszy przykład: „Natężenie dźwięku należy zwiększyć o 10 dB”. Co tutaj jest błędem? Natężenia nie wyrażamy w decybelach. Zatem powinniśmy to sformułować następująco: „Poziom natężenia dźwięku należy zwiększyć o 10 dB” albo „Poziom ciśnienia akustycznego należy zwiększyć o 10 dB SPL”, czy „Poziom dźwięku należy zwiększyć o 10 dB A”.

Kolejny przykład to: „Głośność dźwięku wynosi 10 dB”. To bardzo często wykorzystywany skrót myślowy. Pamiętajmy, że jeżeli mówimy o głośności, to posługujemy się sonami, czyli poprawne sformułowanie to: „Głośność dźwięku wynosi 10 sonów.”

I jeszcze przykład innego, błędnego sformułowania: „Poziom głośności wynosi 10 dB”. Powinno ono brzmieć: „Poziom głośności wynosi 10 fonów”.

Reasumując, jeżeli w opisie danej wielkości pojawia się decybel to w nazwie raczej powinien pojawić się poziom. Wtedy z reguły błędu nie popełnimy, chyba że chodzi o poziom głośności. Sformułowanie „poziom” sugeruje, że posługujemy się skalą względną, np. decybelową.

Bibliografia

1. Ozimek, E., Dźwięk i jego percepcja. Aspekty fizyczne i psychoakustyczne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2018.
2. Furmann, A., Metody subiektywne badania słuchu, [w:] E. Hojan (pod redakcją), Protetyka słuchu, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, 2014.
3. Śliwa, L., Kochanek, K., Metody obiektywne badania słuchu, [w:] E. Hojan (pod redakcją), Protetyka słuchu, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, 2014.