



Kierunkowości Acuity Immersion

- opracowanie i wdrożenie

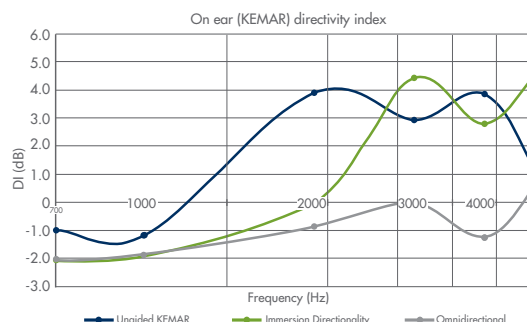
Adriana Goyette, Au.D., Ben Waite
and Eric McCabe, Au.D.

Wprowadzenie

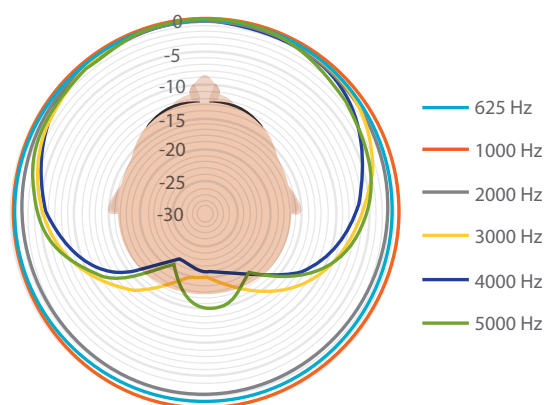
Nadrzędnym celem dopasowania aparatu słuchowego jest przywrócenie pacjentowi zdolności słyszenia. Przywrócenie słyszalności pozwala użytkownikom komunikować się z innymi w bardziej efektywny sposób i aktywnie uczestniczyć w czynnościach życia codziennego. Podczas gdy korzyści płynące z odzyskania możliwości słyszenia są oczywiste, trzeba zauważyć, że tradycyjne aparaty słuchowe w swej budowie nie do końca właściwie uwzględniają naturalną kierunkowość ludzkiego ucha i z tego powodu wytwarzany poziom wyjściowy różni się od poziomu w uchu, które nie jest wspomagane aparatem słuchowym. Kierunkowość Acuity Immersion odtwarza naturalną kierunkowość ułatwiając użytkownikowi aparatu słuchowego kontakt ze światem i immersję w otaczającym środowisku.

Tradycyjne aparaty słuchowe wykorzystują mikrofony wszechkierunkowe, aby umożliwić pacjentom dostęp do dźwięków dochodzących ze wszystkich kierunków, pogłębić znajomość sytuacji i pozwolić pacjentom wybrać dźwięki, na których chcą skupić baczniejszą uwagę. Wspomniane cechy są podstawowymi właściwościami zmysłu słyszenia, które aparat słuchowy powinien zachować (bądź przywrócić), lecz by sprostać temu zadaniu należy zwrócić szczególną uwagę na kierunkowość ucha niewspomagane aparatem – w tym miejscu mikrofony wszechkierunkowe mogą być niewystarczające w aparatach słuchowych RIC (ze słuchawką w uchu) oraz BTE (zauszny).

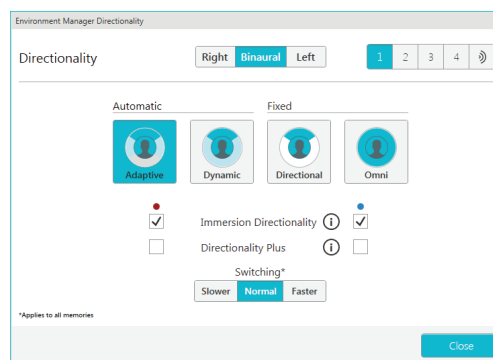
Ucho niewspomagane – a w szczególności fizyczna budowa małżowiny usznej – zapewnia naturalną kierunkowość na wyższych częstotliwościach. Efekt ten można zmierzyć za pomocą indeksu kierunkowości (DI); DI dla systemu kierunkowego opisuje swoją odpowiedź na dźwięki dobiegające z przodu (na osi) względem odpowiedzi na rozproszone pole akustyczne (poza osią).



Rycina 1. Współczynnik kierunkowości dla niewspomagane KEMAR, Kierunkowości Immersion i modelu Wszechkierunkowego.



Rycina 2. Model mikrofonu kierunkowego Immersion jako funkcja częstotliwości.



Rycina 3. Wygląd ekranu przy konfiguracji funkcji Kierunkowości w oprogramowaniu Inspire.

Pozytywne DI wskazuje na to, że dźwięk poza osią jest tłumiony względem dźwięku na osi. Na rycinie 1 można zauważyć, że niewspomagane ucho pełni funkcję systemu kierunkowego, który wytłumia dźwięki poza osią względem dźwięków na osi o częstotliwościach powyżej 2000 Hz. Jako prosty przykład dla ucha niewspomaganego, dźwięk o częstotliwości 2000 Hz dochodzący z przodu będzie głośniejszy niż ten sam dźwięk dochodzący z tyłu; dźwięk o częstotliwości 500 Hz będzie miał mniej więcej taką samą głośność bez względu na to czy dochodzi z przodu czy z tyłu.

Filtrowanie kierunkowe w małżowinie usznej ma dwie zasadnicze korzyści dla osób dobrze słyszających. Po pierwsze, różnica w postrzeganiu dźwięku z przodu względem dźwięku z tyłu dostarcza słuchaczowi wskazówek, które pomagają zdeterminować źródło dźwięku. Po drugie, osłabienie dźwięków spoza osi jest korzystne (w przypadku stosunku sygnału do szumu) w sytuacjach, gdzie słuchacz ma do czynienia ze obiektem ulokowanym z przodu w obecności dźwięków z tyłu, bądź pochodzących ze źródła rozproszonego.

Kiedy pacjent używa aparatu słuchowego zausznego lub ze słuchawką w uchu, dostęp do naturalnej kierunkowości zostaje utracony, ponieważ dochodzący dźwięk nie ulega filtracji w małżowinie usznej przed dotarciem do mikrofonów w aparacie słuchowym (Westermann and Topholm, 1985; Best et al. 2010). Kierunkowość Acuity Immersion odtwarza naturalną kierunkowość w aparatach BTE/RIC poprzez zastosowanie mikrofonu kierunkowego w kanałach o wyższej częstotliwości oraz mikrofonu wszechkierunkowego w kanałach o niższej częstotliwości (Rycina 2). Ta technika w sposób efektywny przywraca niektóre ze wskazówek lokalizacyjnych oraz daje korzystny stosunek sygnału do szumu zapewniany zwykle przez małżowinę uszną w uchu niewspomaganych użytkowników aparatów BTE i RIC (Keidser et al., 2009; Kuk et al., 2013; Weile et al., 2013), dostarczając bardziej naturalnych i angażujących zmysły doświadczenia.

Kierunkowość Acuity Immersion w Inspire

Funkcja Kierunkowości Acuity Immersion może być sterowana za pomocą oprogramowania Inspire (Rycina 3).

Po uruchomieniu, Kierunkowość Acuity Immersion skonfiguruje aparat słuchowy, by ten używał wzorca mikrofonu kierunkowego wysokiej częstotliwości w cichych i/lub wymagających środowiskach zgodnie z wybranym Trybem Kierunkowości. Zastosowanie zostało podsumowane w Tabeli 1.

Tryb kierunkowy	cichy	wymagający
adaptacyjny	Kierunkowy w zakresie wysokich częstotliwości	Szerokopasmowy kierunkowy ze sterowaniem położeniem miejsc zerowych
dynamiczny	Kierunkowy w zakresie wysokich częstotliwości	Szerokopasmowy kierunkowy
stacjonarny kierunkowy	Szerokopasmowy kierunkowy	Szerokopasmowy kierunkowy
stacjonarny wszechkierunkowy	Kierunkowy w zakresie wysokich częstotliwości	Kierunkowy w zakresie wysokich częstotliwości

Tabela 1. Tryby mikrofonu w cichych i wymagających środowiskach dla każdego trybu kierunkowości z aktywną Kierunkowością Immersion.

Należy zauważyć, że tryb kierunkowy stacjonarny jest zarezerwowany dla pacjentów, którzy skorzystają z kierunkowości szerokopasmowej we wszystkich środowiskach; Kierunkowość Acuity Immersion, jako taka, nie znajduje zastosowania w tym trybie kierunkowości.

W automatycznych trybach przetwarzania (adaptacyjnym i dynamicznym), tryb mikrofonu kierunkowego wysokiej częstotliwości będzie używany w cichych środowiskach, gdzie znajomość sytuacji i naturalność dźwięku są priorytetami. W bardziej wymagających środowiskach aparat słuchowy będzie automatycznie przetaczał tryb mikrofonu szerokopasmowego kierunkowego, aby użytkownik mógł skupić się na interesującym go sygnale, podczas gdy aparat słuchowy wytłumi hałas dochodzący z innych kierunków. W trybie wszechkierunkowym stacjonarnym tryb mikrofonu wysokiej częstotliwości zostanie aktywowany dla wszystkich środowisk akustycznych.

Ułatwienie znajomości sytuacji oraz umożliwienie pacjentowi wyboru dźwięków, na których pragnie skupić swą uwagę są krytycznymi funkcjami zmysłu słyszenia, które powinny zostać zachowane (lub przywrócone) za pomocą aparatu słuchowego, lecz by sprostać temu zadaniu należy zwrócić szczególną uwagę na kierunkowość ucha niewspomaganego aparatem.

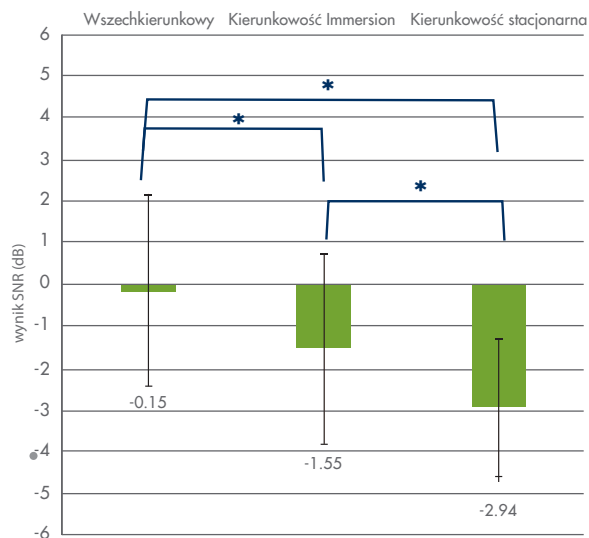
KLINICZNE BADANIE UWIERZYTELNIAJĄCE

Przeprowadzono badanie, by ocenić zdolność rozumienia użytkowników aparatów słuchowych w sytuacjach mowy w szumie oraz poziom ich zadowolenia z funkcji Kierunkowości Acuity Immersion. W badaniu uczestnicy wzięli udział w trzech sesjach w laboratorium, ponadto korzystali z aparatów słuchowych przez około pięć tygodni w sytuacjach życia codziennego. Czternastu doświadczonych użytkowników aparatów słuchowych wzięło udział w badaniu klinicznym. W trakcie badania uczestnicy nosili przedpremierowe aparaty słuchowe micro RIC 312 oraz BTE 13.

Aparaty słuchowe zostały dopasowane w trakcie pierwszej sesji w najlepszy możliwy sposób względem zakładanych poziomów ustalonych za pomocą opatentowanego przez Audibel oprogramowania e-STAT. Pomiary ucha rzeczywistego zostały wykonane za pomocą systemu Audioscan Verifit. Aby zapewnić słyszalność, wykorzystano bodźce z testu ISTS [ISTS; Holube, Fredelake, Vlaming, & Kollmeier, 2010] dla pomiaru na uchu rzeczywistym (REAR), zaprezentowane na poziomach 50, 65 oraz 75 dB SPL. Zaprezentowano czysty ton 85 dB SPL aby zweryfikować poziom komfortu. Ostatecznie zmierzono kierunkowość w miejscu zerowym w kanałach o wysokiej częstotliwości, aby upewnić się, że kierunkowość funkcjonowała tak, jak tego się spodziewano.

TESTOWANIE MOWY W HAŁASIE

Uczestnicy poddani zostali testowi słyszenia w hałasie (HINT), który oceniał różnice w zdolności rozumienia mowy przy wykorzystaniu trzech różnych trybów mikrofonu: wszechkierunkowego, kierunkowego wysokiej częstotliwości (funkcja Kierunkowości Acuity Immersion) oraz szerokopasmowego kierunkowego. HINT jest standaryzowanym testem zrozumiałości mowy, który w sposób adaptacyjny ustala współczynnik sygnału do szumu (SNR) wymagany dla poprawnego powtórzenia 50% zdań zaprezentowanych na tle otaczającego hałasu przypominającego dźwięki mowy na ustalonym poziomie wynoszącym 65 dB SPL [Nilsson, Soli & Sullivan, 1994]. Poziom mowy zostaje dostosowany w oparciu o każdą poprawną (lub niepoprawną) odpowiedź dając określony wynik. Mowa jest prezentowana z głośnika z przodu z dźwiękiem rozpraszającym dochodzącym z siedmiu innych głośników otaczających uczestnika.



Rycina 4. Wyniki testu HINT pokazane jako wynik SNR w dB jako funkcja trybu mikrofonu. Słupki błędów pokazują jedno standardowe odchylenie od średniej. Niższy wynik wskazuje na lepsze słyszenie. Gwiazdki wskazują znacząco różny wynik ogólny w każdym z trybów.

Wyniki (Rycina 4) dowodzą, że tryby mikrofonu zarówno wysokiej częstotliwości, jak i szerokopasmowy kierunkowy zapewniły statystycznie znaczącą poprawę w rozumieniu mowy w hałasie niż tryb mikrofonu wszechkierunkowego. Dwukierunkowe powtórzone badania ANOVA dowiodły, że w badaniu znaczący był wpływ rodzaju mikrofonu ($p < 0.001$) oraz, że nie było znaczącej różnicy w wynikach między rodzajami urządzeń ($p = 0.101$). Test post-hoc (metodą Holm-Sidak) pokazał, że uczestnicy uzyskali znacząco lepsze wyniki, gdy używali mikrofonów zarówno wysokiej częstotliwości, jak i szerokopasmowych kierunkowych aniżeli wszechkierunkowych ($p < 0.001$), oraz okazało się, że uczestnicy używający trybu szerokopasmowego kierunkowego uzyskali znacząco lepsze wyniki kiedy używali trybu kierunkowego wysokiej częstotliwości ($p < 0.001$).

Uzyskano takie wyniki w teście HINT, jakie zakładano. Jako że aparaty słuchowe przełączały tryby z wszechkierunkowego na kierunkowy wysokiej częstotliwości, a następnie na kierunkowy szerokopasmowy, źródła dźwięki spoza osi zostały wytłumione w szerszym zakresie częstotliwości.

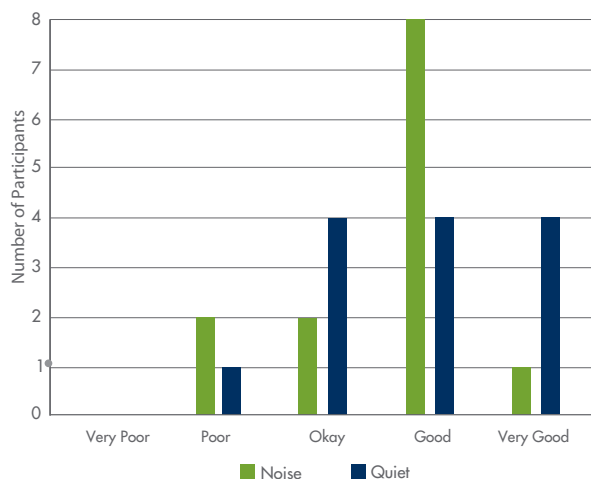
W związku z tym niższy stosunek sygnału do szumu (SNR) był potrzebny w przypadku trybów Kierunkowości Acuity Immersion oraz stacjonarnym kierunkowym, aby uzyskać takie same wyniki. Skutkiem tego była poprawa rozumienia mowy.

OGÓLNE ZADOWOLENIE

Uczestnicy wypełnili kilka kwestionariuszy w czasie, gdy używali aparatów słuchowych w codziennych sytuacjach z włączoną funkcją Kierunkowości Acuity Immersion. Celem zbadania ogólnego zadowolenia (Rycina 5), uczestnicy posłużyli się pięciostopniową skalą – od bardzo słabo do bardzo dobrze. W cichych sytuacjach akustycznych 92% badanych oceniło ogólną satysfakcję na poziomie od „w porządku” do „bardzo dobrze”. W głośnych środowiskach 85% badanych oceniło ogólną satysfakcję na poziomie od „w porządku” do „bardzo dobrze”.

PODSUMOWANIE

Funkcja Kierunkowości Acuity Immersion marki Audibel jest w stanie przywrócić użytkownikom aparatów słuchowych niektóre z korzyści, jakie niesie naturalna kierunkowość poprzez odtworzenie elementów filtracji dźwięków jaka ma miejsce w małżowinie usznej. Naturalna kierunkowość dostarcza wskazówek lokalizacyjnych przód-tył oraz poprawia rozumienie mowy w hałasie (względem trybu wszechkierunkowego). Badania przeprowadzone z wykorzystaniem funkcji Kierunkowości Acuity Immersion wykazały znaczącą poprawę rozumienia mowy i zostały dobrze przyjęte, jeśli chodzi o jakość dźwięku w cichych i głośnych środowiskach.



Rycina 5.

Ocena ogólnej satysfakcji uczestników badania w trakcie użytkowania Kierunkowości Immersion w cichych i głośnych środowiskach. Jeden uczestnik nie był w stanie wypełnić końcowego kwestionariusza.

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Best, V., Kalluri, S., McLachlan, S., Valentine, S., Edwards, B., & Carlile, S. (2010). A comparison of CIC and BTE hearing aids for three-dimensional localization of speech. *International Journal of Audiology*, 49(10): 723–732.

Holube, I., Fredelake, S., Vlaming, M., & Kollmeier, B. (2010). Development and analysis of an International Speech Test Signal (ISTS). *International Journal of Audiology*, 49(12), 891–903.

Keidser, G., O'Brien, A., Hain, J.-U., McLelland, M., & Yeend, I. (2009). The effect of frequency-dependent microphone directionality on horizontal localization performance in hearing-aid users. *International Journal of Audiology*, 48(11), 789–803.

Kuk, F., Korhonen, P., Lau, C., Keenan, D., & Norgaard, M. (2013). Evaluation of a Pinna Compensation Algorithm for Sound Localization and Speech Perception in Noise. *American Journal of Audiology*, 22(1), 84.

Nilsson, M., Soli, S. D., & Sullivan, J. A. (1994). Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95(2), 1085–1099.

Scheller, T., & Rosenthal, J. (2012). Starkey Hearing Technologies' e-STAT fitting formula: The rationale behind the rationale. *Innovations*, 2(2), 41–45.

Weile, J., Santiago, L., Newman, C., & Sandridge, S. (2013). A Broader Look at Performance and Personalization in Hearing Aid Fittings. Retrieved from <http://www.hearingreview.com/2013/08/a-broader-look-at-performance-andpersonalizationin-hearing-aid-fittings/>

Westerman, S., & Topholm, J. (1985). Comparing BTEs and ITEs for localizing speech. *Hearing Instruments*, 36(2), 20–24.

