

## Wpływ poziomu stymulacji ipsilateralnej strony badanego ucha oraz opcji „linear” i „nonlinear” emisji otoakustycznych na wielkość efektu kontralateralnego

### Influence of ipsilateral stimulation level and linear vs. nonlinear mode on the contralateral effect in humans

Grażyna Lisowska, Grzegorz Namysłowski, Agata Hajduk, Maciej Misiotek

Śląska Akademia Medyczna, Zabrze

#### Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu wyjściowego poziomu emisji wywołanych trzaskiem (CEOAEs), strony badanego ucha oraz zastosowanej opcji stymulacji ipsilateralnej („linear” i „nonlinear”) na wielkość efektu eferentnego podczas akustycznej stymulacji kontralateralnej szumem szerokopasmowym (BBN CS). Badania przeprowadzono obustronnie u 22 osób (N=44). CEOAEs wywoływano trzaskiem o poziomie 70 dB SPL, w opcji „linear” i „non-linear”. Efekt eferentny określono jako różnicę pomiędzy poziomem CEOAEs bez CAS a poziomem CEOAEs podczas stymulacji kontralateralnej BBN o poziomie 65 dB SPL. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, iż strona badanego ucha oraz zastosowana opcja stymulacji nie wpływają istotnie na efekt kontralateralny, w przeciwieństwie do wyjściowego poziomu CEOAEs, który koreluje z wielkością efektu supresyjnego w paśmie od 1.0 – 2.0 kHz.

**Słowa kluczowe:** efekt kontralateralny, układ oliwkowo-ślimkowy, emisje otoakustyczne wywołane trzaskiem, akustyczna stymulacja kontralateralna, opcja „linear” i „nonlinear”, lateralizacja efektu eferentnego.

#### Summary

The aims of this study were: (a) to evaluate the influence of the initial CEOAEs level on the efferent effect, (b) to compare the contralateral effect in left and right ear of the same subject, and (c) to compare the contralateral effect for CEOAEs using linear and nonlinear mode. Twenty-two normally hearing adults ranging in age from 25 to 35 years were tested bilaterally (N=44). Linear and non-linear CEOAEs were recorded from both ears using click stimuli at 70 dB SPL without and with contralateral stimulation (CS). The contralateral suppressor was a broadband noise (BBN) presented at 65 dB SPL. For each ear tested, contralateral effect was defined as the difference of the results obtained without CS and with BBN CS. The CS effects were analyzed for overall CEOAE level and CEOAEs signal to noise ratio (SNR) determined in: (a) 1-kHz frequency bands centered at 1, 2, 3, 4 and 5 kHz and (b) half-octave bands centered at 1, 1.5, 2, 3 and 4 kHz. There were no significant differences between contralateral effect in the left and right ear. Also, there were no significant differences of the efferent effect for linear and nonlinear mode. There was a significant positive correlation between initial CEOAE level and contralateral effect. The amount of the suppression effect increased with higher initial CEOAE level. The strongest correlation was observed in the mid-frequency region (1–2 kHz) for nonlinear mode. To conclude, the results of this study show significantly less suppression effect resulting from contralateral BBN in ears with weaker initial CEOAE level, especially in the mid-frequency region of the nonlinear emission. Moreover, the presented findings suggest no lateralization of the efferent effect and no influence of the recording mode on the amount of contralateral effect.

**Key words:** contralateral effect, medial olivo-cochlear system, click evoked otoacoustic emissions, contralateral acoustic stimulation, linear and nonlinear mode, auditory lateralization.

#### Wprowadzenie

Obwodowy receptor słuchu (narząd Cortiego) posiada unerwienie aferentne oraz eferentne. Włókna eferentne skrzyżowane i nieskrzyżowane do komórek słuchowych ślimaka prowadzi pęczek oliwkowo-ślimakowy, zwany także pęczkiem Rasmussena. Włókna układu eferentnego dzielą się na przyśrodkowe (głównie skrzyżowane) oraz boczne (głównie nieskrzyżowane). Włókna pęczka oliwkowo-ślimakowego bocznego, biegnące głównie ipsilateralnie tworzą synapsy z dendrytami komórek słuchowych wewnętrznych. Natomiast neurony oliwkowo-ślimakowe przyśrodkowe

pochodzące z okolicy pęczka przyśrodkowego kompleksu oliwki górnej w pniu mózgu dochodzą głównie do komórek słuchowych zewnętrznych.

Galambos w 1956 roku po raz pierwszy na modelu zwierzęcym wykazał, iż stymulacja elektryczna włókien eferentnych wywołuje hamowanie odpowiedzi aferentnej z nerwu ślimakowego [Galambos 1956]. Podobną tendencję wykazano rejestrując potencjał wewnątrzślimakowy [Fex 1962; Guinan, Gifford 1988]. Do czasów odkrycia emisji otoakustycznej przez D. Kempa ocena funkcji włókien eferentnych ślimaka możliwa była jedynie w inwazyjnych badaniach doś-

wiadczalnych na zwierzętach. Wraz z wprowadzeniem badań emisji otoakustycznej okazało się, że kontralateralna stymulacja akustyczna (CS) wywołuje zmiany emisji otoakustycznej (OAE) w uchu badanym. Powyższy efekt związany jest najprawdopodobniej z aktywacją skrzyżowanych włókien eferentnych ślimaka [Siegel, Kim 1982; Puel (i in.) 1990; Veuille (i in.) 1991; Berlin (i in.) 1993; Moulin (i in.) 1992; Moulin (i in.) 1993; Williams (i in.) 1993; Harrison, Burns 1993; Chery-Croze (i in.) 1993; Collet (i in.) 1994; Collet (i in.) 1990]. Często efekt kontralateralny nazywany jest również odruchem oliwkowo-ślimakowym (OCR – *olivocochlear reflex*). Najczęściej efekt oliwkowo-ślimakowy związany jest z obniżeniem poziomu emisji otoakustycznych oraz przesunięciem w fazie lub częstotliwości. Warunkami niezbędnymi do oceny OCR są: obecność emisji otoakustycznych, prawidłowa funkcja ucha środkowego oraz zastosowanie stymulacji kontralateralnej sygnałami o poziomie poniżej progu odruchu z mięśnia strzemiączkowego (przy takiej stymulacji kontralateralnej dane literaturowe wyraźnie wykluczają związek efektu CS dla OAE z odruchem z mięśnia strzemiączkowego) [Williams (i in.) 1993] oraz poniżej poziomu zjawiska „cross-over”.

Po raz pierwszy zmiany OAE podczas akustycznej stymulacji kontralateralnej w badaniach u ludzi opisał w 1989 roku John Mott [Mott (i in.) 1989]. Kolejne lata to dość intensywny rozwój badań układu eferentnego ślimaka, który dzięki rejestracji emisji otoakustycznych stał się możliwy do oceny u ludzi. Efekt kontralateralny oceniano wykorzystując badania emisji spontanicznych (SOAEs) [Mott (i in.) 1989; Lisowska (i in.) 2000; Smurzyński (i in.) 2003; Moulin (i in.) 1992], emisji wywołanych trzaskiem i tonami (CEOAEs i TBOAEs) [Collet (i in.) 1990; Berlin (i in.) 1993; Maison (i in.) 2000; Morand (i in.) 2000] oraz emisji produktów zniekształceń nieliniowych (DPOAEs) [Moulin (i in.) 1993; Moulin (i in.) 1992; Chery-Croze (i in.) 1993; Williams, Brown 1997; Lisowska (i in.) 2002]. Jako stymulację kontralateralną stosowano bodźce tonalne [Mott (i in.) 1989; Berlin (i in.) 1993; Harrison, Burns 1993; Lisowska (i in.) 2000], trzaski [Veuille 1991], szum wąskopasmowy (NBN) [Veuille (i in.) 1991; Chery-Croze (i in.) 1993; Williams, Brown 1995; Maison (i in.) 2000; Lisowska (i in.) 2002] oraz szum szerokopasmowy (BBN) [Collet (i in.) 1990; Veuille (i in.) 1991; Moulin (i in.) 1992; Harrison, Burns 1993; Williams, Brown 1997; Morand (i in.) 2000; Lisowska (i in.) 2002].

Na podstawie licznych prac naukowo-badawczych nad układem eferentnym ślimaka prowadzonych przez prawie dwadzieścia lat, obecnie wiadomo, iż:

- Efekt eferentny u ludzi jest podobny do obserwowanego w badaniach doświadczalnych na zwierzętach;
- Efekt supresyjny podczas CAS jest najmniejszy dla SOAEs (nawet rzędu 20 dB), znacznie słabszy dla CEOAEs i TBOAEs (2–4 dB) i najsłabszy dla DPOAEs (1–3 dB);
- Efekt supresyjny wzrasta wraz ze wzrostem poziomu bodźca kontralateralnego;
- Efekt supresyjny maleje wraz ze wzrostem poziomu bodźca ipsilateralnego (wywołującego OAEs);
- Szum szerokopasmowy jako bodziec kontralateralny działa najmocniej supresyjnie;
- Efekt supresyjny jest najmocniejszy dla niskich i średnich częstotliwości (1000–2000 Hz) i zanika powyżej 3000–4000 Hz.

Pomimo znacznego zainteresowania powyższym zagadnieniem oraz tak wielu prac w literaturze światowej, nadal istnieje jednak wiele niewyjaśnionych kwestii, m.in. związanych z mechaniką samego odruchu eferentnego oraz wpływem stymulacji ipsilateralnej i parametrów wyjściowej emisji otoakustycznej na wielkość efektu eferentnego.

Zatem celem prezentowanej pracy była:

- a) ocena wpływu wyjściowego poziomu CEOAEs na wielkość efektu kontralateralnego,
- b) ocena wpływu strony badanego ucha na efekt kontralateralny oraz,
- c) ocena wpływu zastosowanej opcji stymulacji ipsilateralnej CEOAEs („linear”, „nonlinear”) na wielkość efektu supresyjnego podczas stymulacji kontralateralnej szumem szerokopasmowym – BBN CS.

## Materiał i metoda

Badania przeprowadzono obustronnie u 22 (N=44) młodych (średnia wieku  $30 \pm 6$  lat), otologicznie zdrowych osób z obecną obustronnie CEOAEs dla trzasku o poziomie  $70 \pm 3$  dB SPL, który rejestrowano w opcji „linear” i „nonlinear”. CEOAEs były wywoływane i analizowane zgodnie z metodą opracowaną przez Bray, z zastosowaniem systemu Otodynamics ILO88, wersja 5 [Bray 1989]. Pierwszy etap badań obejmował ocenę poziomu CEOAEs bez stymulacji kontralateralnej – CS, natomiast w drugim etapie badań oceniano poziom CEOAEs podczas CS. Do stymulacji kontralateralnej wykorzystywano szum szerokopasmowy o poziomie 65 dB SPL, tj. poniżej średniego poziomu progu odruchu kontralateralnego z mięśnia strzemiączkowego (średni poziom odruchu:  $74 \pm 6$  dB SPL [Harrison, Burns 1993], w badaniach własnych:  $75 \pm 7$  dB SPL). W przypadku stwierdzenia zjawiska „cross-over” (wzrost poziomu szumów podczas stymulacji kontralateralnej BBN CS) daną osobę wyłączano z dalszych etapów badań. Stymulację kontralateralną generowano w systemie Nicolet Spirit. Szum podawano przez słuchawkę typu „insert” ER3. Wielkość efektu eferentnego określano na podstawie różnicy pomiędzy poziomem emisji otoakustycznych rejestrowanych bez i podczas kontralateralnej stymulacji szumem szerokopasmowym. Badania wykonywano z jednego założenia sondy, w pozycji siedzącej badanego z unieruchomioną głową.

Do analizy statystycznej wykorzystano test t-Studenta dla par zależnych oraz test korelacyjny Pearsona. Za wartość statystycznie znamiennej przyjęto poziom  $p < 0,05$ .

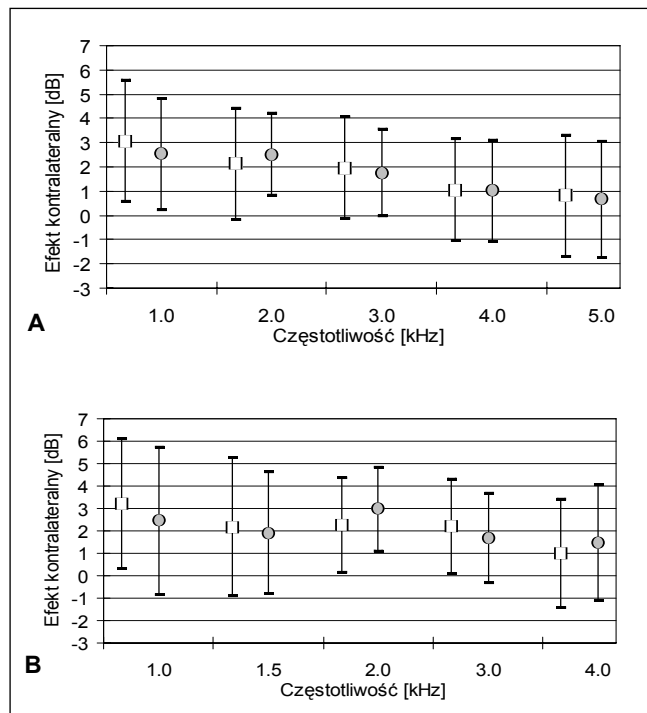
Analizę wpływu CS na poziom CEOAEs przeprowadzono w kilku opcjach:

1. Analiza średniego poziomu CEOAEs („overall CEOAE level”) podczas stosowania BBN CS;
2. Analiza poziomu CEOAEs w opcji stosunku sygnału odpowiedzi do szumów tła (SNR) uzyskana dla:
  - a) pasm częstotliwości o szerokości pół oktawy, zcentrowanych na 1; 1,5; 2; 3 i 4 kHz,
  - b) pasm częstotliwości o szerokości 1 kHz zcentrowanych na 1; 2; 3; 4 i 5 kHz.

## Wyniki

### Wpływ opcji „linear” i „nonlinear” na efekt kontralateralny

W analizie z pasm o różnej szerokości: 1 kHz – rycina 1A i pół oktawy – rycina 1B nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju zastosowanej opcji („linear” lub „nonlinear”) na wielkość efektu eferentnego podczas BBN CS. Jedynie w odniesieniu do średniego poziomu CEOAEs wykazano, iż efekt supresyjny podczas CS był mocniejszy dla opcji „nonlinear” ( $p=0,0004$ ).



Ryc. 1. Porównanie średniego efektu kontralateralnego dla CEOAEs podczas BBN CS dla opcji „linear” (koła) i „nonlinear” (kwadraty) w analizie o szerokości pasma 1 kHz (panel A) i pół oktawy (panel B)

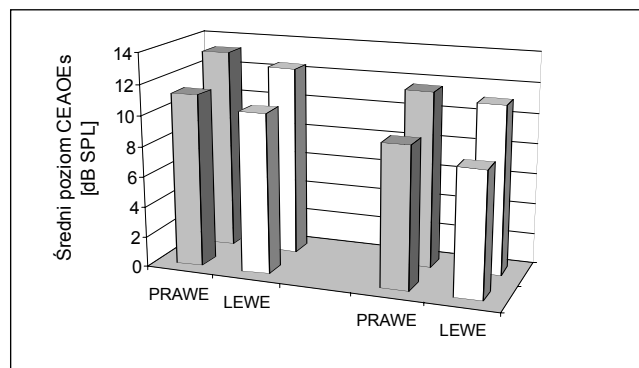
### Wpływ strony badanego ucha na efekt kontralateralny

Niezależnie od zastosowanej opcji CEOAEs („linear” lub „nonlinear”) oraz typu analizy (średni poziom CEOAEs – rycina 2, 1kHz – rycina 3A) generalnie nie stwierdzono istotnego wpływu badanego ucha (lewe lub prawe) na wielkość efektu eferentnego podczas BBN CS, tj. nie stwierdzono lateralizacji efektu eferentnego. Wyjątek stanowiła odpowiedź w zakresie 2 kHz, dla opcji „nonlinear”, gdzie efekt supresyjny był znacząco mocniejszy w uchu lewym niż w prawym (UP:  $0,93\pm 2,0$  dB; UL:  $2,42\pm 2,4$  dB;  $p=0,02$ ) – rycina 3B.

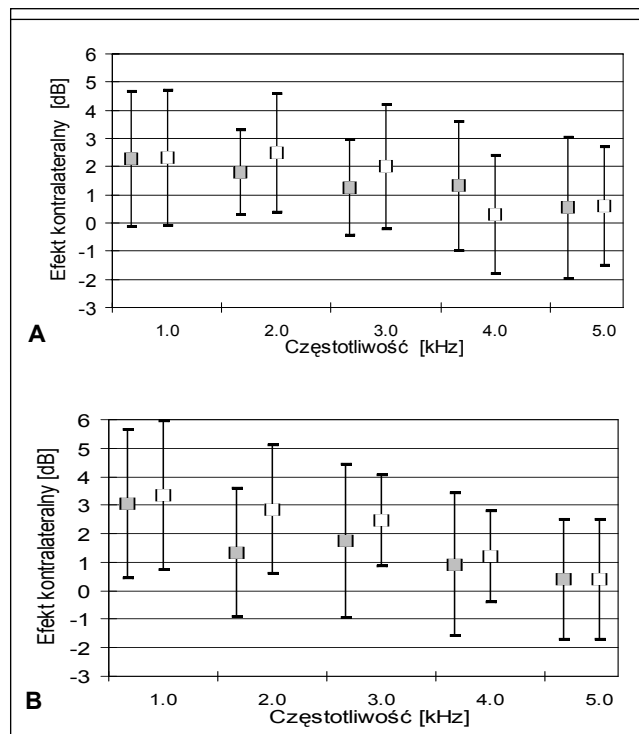
### Wpływ wyjściowego poziomu CEOAEs na wielkość efektu kontralateralnego

Testy korelacyjne wykazały istotną zależność pomiędzy wyjściowym poziomem CEOAEs, a wielkością efektu supresyjnego podczas BBN CS.

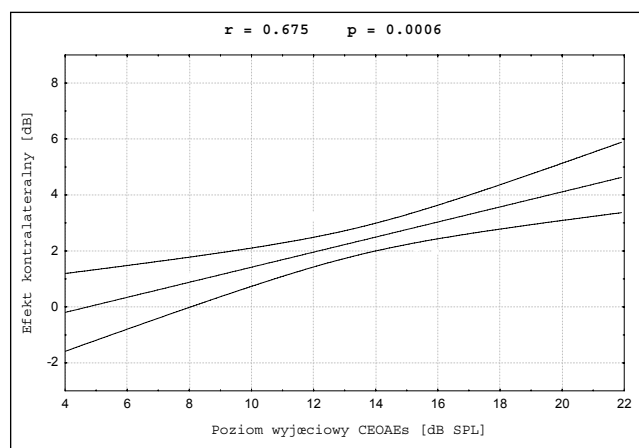
Przy ipsilateralnej stymulacji w opcji „nonlinear” uzyskano istotną, dodatnią korelację pomiędzy wielkością wyjściowego poziomu CEOAEs a efektem supresyjnym w zakresie niskich i średnich częstotliwości. Stwierdzono, iż efekt supresyjny podczas CS istotnie maleje, wraz ze spadkiem wyj-



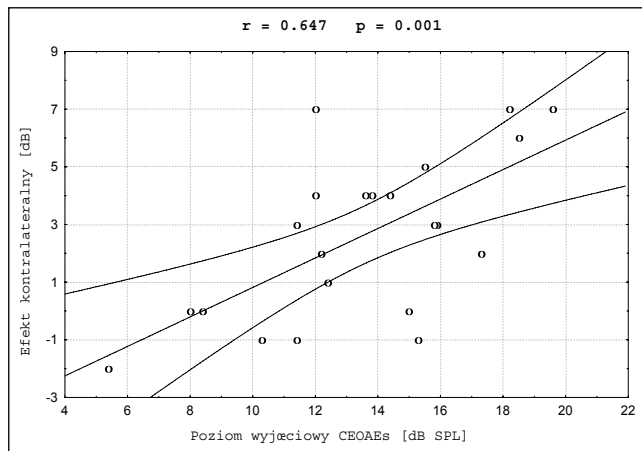
Ryc. 2. Średni poziom CEOAEs w opcji „linear” i „nonlinear” bez i podczas BBN CS dla lewego i prawego ucha



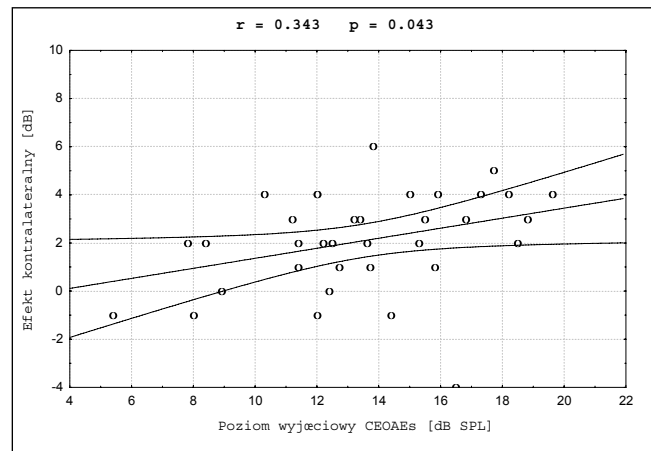
Ryc. 3. Porównanie średniego efektu kontralateralnego dla ucha prawego (kwadraty ciemne) oraz dla ucha lewego (kwadraty jasne) w analizie dla opcji „linear” (panel A) oraz „nonlinear” (panel B) z pasma o szerokości 1 kHz. \* $p<0,05$



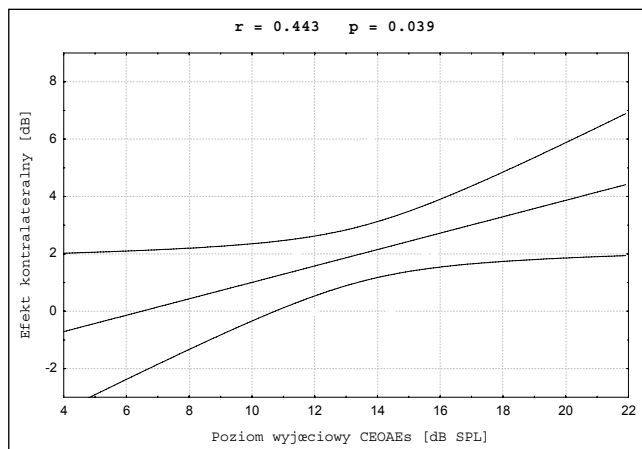
Ryc. 4. Korelacja pomiędzy wyjściowym poziomem CEOAEs a wielkością efektu kontralateralnego. Średni poziom CEOAEs w opcji „nonlinear”



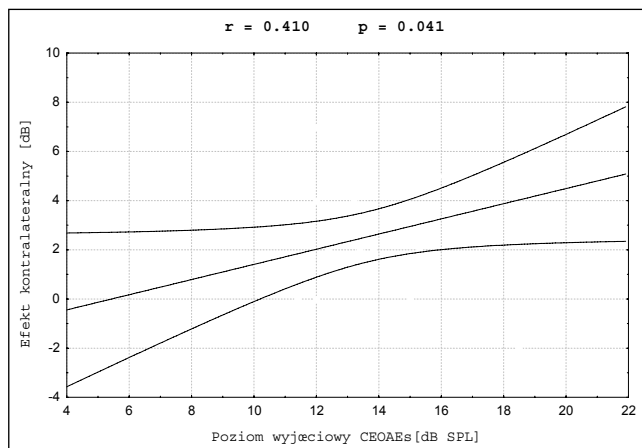
Ryc. 5. Korelacja pomiędzy wyjściowym poziomem CEOAEs a wielkością efektu kontralateralnego. Analiza w opcji „nonlinear” dla pasma o szerokości 1 kHz zcentrowanego na 1 kHz



Ryc. 8. Korelacja pomiędzy wyjściowym poziomem CEOAEs a wielkością efektu kontralateralnego. Analiza w opcji „nonlinear” dla pasma o szerokości pół oktawy zcentrowanego na 2 kHz



Ryc. 6. Korelacja pomiędzy wyjściowym poziomem CEOAEs a wielkością efektu kontralateralnego. Analiza w opcji „nonlinear” dla pasma o szerokości 1 kHz zcentrowanego na 2 kHz



Ryc. 7. Korelacja pomiędzy wyjściowym poziomem CEOAEs a wielkością efektu kontralateralnego. Analiza w opcji „nonlinear” dla pasma o szerokości pół oktawy zcentrowanego na 1.5 kHz

ściowego poziomu CEOAEs, dla prawie wszystkich zastosowanych analiz (średni poziom CEOAEs:  $r=0,67$   $p=0,0006$  (rycina 4); analiza 1 kHz:  $r=0,64$   $p=0,001$  (rycina 5); 2 kHz  $r=0,44$   $p=0,039$  (rycina 6); 3 kHz  $r=0,29$   $p=0,17$ ; 4 kHz  $r=0,03$   $p=0,87$ ; 5 kHz  $r=0,33$   $p=0,13$ ; analiza półoktawowa: 1 kHz  $r=0,24$   $p=0,15$ ; 1,5 kHz  $r=0,41$   $p=0,041$  (rycina 7); 2 kHz  $r=0,34$   $p=0,04$  (rycina 8); 3 kHz  $r=0,22$   $p=0,2$ ; 4 kHz  $r=0,09$   $p=0,6$ ).

Natomiast przy zastosowaniu opcji „linear”, efekt supresyjny podczas CS istotnie maleje wraz ze spadkiem wyjściowego poziomu CEOAEs jedynie w odniesieniu do średniego poziomu CEOAEs ( $r=0,28$   $p=0,04$ ).

## Wnioski

– Wraz ze wzrostem wyjściowego poziomu CEOAEs zwiększ się efekt supresyjny podczas BBN CS.

– Nasilniejsza korelacja pomiędzy wyjściowym poziomem a wielkością efektu supresyjnego występuje w paśmie od 1 do 2 kHz oraz dla średniego poziomu CEOAEs w opcji „nonlinear”.

– Nie stwierdzono istotnej lateralizacji efektu kontralateralnego (wyjątek dla 2 kHz).

– Rodzaj zastosowanej opcji („linear”, „nonlinear”) zasadniczo nie wpływa na wielkość zmian poziomu CEOAEs podczas BBN CS.

## Dyskusja

Wyniki uzyskane w prezentowanej pracy potwierdzają dane literaturowe na temat nieznacznej asymetrii odpowiedzi CEOAEs w obu uszach, tzn. większego poziomu odpowiedzi w uchu prawym niż w lewym u osób praworęcznych [Khalifa (i in.) 1997; Molet (i in.) 1999]. Uzyskane w pracy własnej różnice są jednak stosunkowo niewielkie (średnio 0,7 dB) i nie są statystycznie znamienne (Rycina 2). Również poziomy odpowiedzi CEOAEs uzyskane dla dwóch zastosowanych opcji CEOAEs („linear” i „nonlinear”) nie różnią się istotnie przy nieznacznie wyższej odpowiedzi dla opcji „linear” (średnio 1,5 dB) (Rycina 2). Powyższe wyniki potwierdzają dane literaturowe [Kemp 1986; Probst 1990]. Zasadniczym celem prezentowanej pracy była jednak nie ocena poziomu odpowiedzi CEOAEs lecz porównanie efektu kontralateralnego w obu uszach dla różnych opcji stymulacji ipsilateralnej oraz ocena wpływu wyjściowego poziomu CEOAEs na wielkość efektu kontralateralnego.

W pracach zespołu L. Collet oraz Ch. Berlina wykazano asymetrię efektu kontralateralnego, tzn. mocniejszy efekt supresyjny w prawym uchu u osób praworęcznych (wyjątek dla 2 kHz) [Khalifa (i in.) 1998; Philibert (i in.) 1998; Khalifa, Collet 1996; Morlet (i in.) 1999]. Wyniki uzyskane w pracy własnej jednak nie potwierdzają istotnej lateralizacji efektu

eferentnego. Różnice uzyskanych wyników najprawdopodobniej związane są z zastosowaniem odmiennych metod analizy i różnic wiekowych badanej grupy. W pracy własnej efekt kontralateralny określono jako różnicę pomiędzy poziomem CEOAEs bez CS oraz z BBN CS w danym uchu. Natomiast Collet i in. definiują efekt supresyjny jako tłumienie ekwiwalentne („equivalent attenuation” – EA), czyli wartość w dB odpowiadającą wielkości obniżenia poziomu bodźca ipsilateralnego wywołującego TEOAEs bez CS niezbędną do uzyskania takiego samego poziomu odpowiedzi TEOAEs jak podczas BBN CS [Collet (i in.) 1992; Collet (i in.) 1990; Chery-Croze (i in.) 1994]. Hipotetycznym wytłumaczeniem lateralizacji efektu kontralateralnego może być asymetria rozmieszczenia receptorów benzodiazepinowych w ośrodkach korowych, jednak wyniki dotychczasowych badań nie potwierdzają jednoznacznie powyższej hipotezy [Morand (i in.) 2001]. Ponadto lateralizację efektu kontralateralnego w pracy Khalfa i in. oceniano na podstawie różnic pochyłości funkcji I/O TEOAEs podczas pomiarów bez CS i z BBN CS, co również zasadniczo odbiega od metodyki zastosowanej w badaniach własnych, gdzie oceniano różnicę efektu supresyjnego [Khalifa (i in.) 1998]. Podobne natomiast wyniki do uzyskanych w pracy własnej przedstawił Khalfa i in. w 1997 roku [Khalifa (i in.) 1997]. Wykazał, iż w paśmie 2,4 kHz efekt supresyjny był istotnie mocniejszy w uchu lewym, niż w prawym. Podobnie w prezentowanej pracy stwierdzono nieco wyższy efekt supresyjny w uchu lewym dla 2 kHz. Khalfa i wsp. tłumaczą, że być może asymetria w tym rejonie spowodowana jest mniejszą liczbą komórek słuchowych zewnętrznych w okolicy 2 kHz w uchu lewym lub po prostu zmniejszoną ich aktywnością, a tym samym kompensacją powyższej asymetrii ze strony układu eferentnego, czyli jego wzmożonej funkcji [Khalifa (i in.) 1997]. Powyższe wytłumaczenie jest jednak bardzo hipotetyczne i nieudokumentowane. Otrzymali oni także istotnie wyższy efekt supresyjny w zakresie 0,9 kHz i 5,3 kHz, dla uch prawego, czego nie potwierdzono w badaniach własnych. Uzyskane w pracy Khalfa i wsp. wyniki są jednak dyskusyjne. Po pierwsze różnice były bardzo niewielkie, nie przekraczały 0,5 dB, po drugie analiza w paśmie niskich częstotliwości nie jest miarodajna w związku z dużym wpływem szumów tła, a z kolei odpowiedzi z zakresu powyżej 5 kHz dla CEOAEs są bardzo słabe i również nie miarodajne w analizie [Khalifa (i in.) 1997]. Na podstawie uzyskanych wyników własnych, można więc stwierdzić, iż zasadniczo efekt kontralateralny w badanej grupie pacjentów ze średnią wieku 30 lat nie wykazuje istotnej lateralizacji, nawet pomimo nieznacznie większego poziomu wyjściowego CEOAEs w uchu prawym.

Kolejnym zagadnieniem ocenianym w prezentowanej pracy było porównanie efektu kontralateralnego dla dwóch opcji CEOAEs – „linear” i „nonlinear”. W literaturze światowej brak pracy, w której oceniano powyższy aspekt. Teoretycznie można by przypuszczać, iż dla opcji „linear” efekt supresyjny powinien być mocniejszy, jako że poziom uzyskiwanej odpowiedzi w tej opcji jest nieco wyższy [Kemp 1986; Probst 1990]. Jednakże uzyskane wyniki nie potwierdzają powyższej teorii, gdyż nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy wielkością efektu kontralateralnego w obu zastosowanych metodach. Chociaż należy podkreślić, iż dla opcji „nonlinear” wykazano tendencję do silniejszego efektu supresyjnego. Można więc spekulować, iż jest to wynikiem lepszego sto-

sunku sygnału do szumu w tej opcji, a co za tym idzie lepszej identyfikacji efektu eferentnego lub związane jest z tym, że pobudzenie pęczka oliwkowo-ślimakowego przyśrodkowego (MOCS) bardziej działa na procesy nieliniowe zachodzące w ślimaku, niż na zjawiska o charakterze liniowym.

W pracy przeprowadzono również analizę wpływu wyjściowego poziomu CEOAEs na wielkość efektu kontralateralnego. Stwierdzono, iż wraz ze wzrostem wyjściowego poziomu CEOAEs zwiększa się efekt supresyjny podczas BBN CS. Najsilniejszą korelację pomiędzy poziomem wyjściowym a wielkością efektu supresyjnego obserwowano w zakresie niskich i średnich częstotliwości CEOAEs w opcji „nonlinear”, co nie jest zaskoczeniem jako że właśnie w tym rejonie ślimaka efekt supresyjny jest najmocniejszy. Podobne wyniki uzyskał Morlet i wsp. [Morlet (i in.) 1999]. Mocniejszy efekt kontralateralny w zakresie niskich i średnich częstotliwości związany jest przede wszystkim z unerwieniem eferentnym, mianowicie włókna przyśrodkowe pęczka oliwkowo-ślimakowego są reprezentowane u większości ssaków liczniej w środkowej części ślimaka aniżeli u podstawy i wierzchołka [Guinan 1984]. W zakresie wyższych częstotliwości nie uzyskano powyższej korelacji, co można tłumaczyć bardzo niewielkim efektem kontralateralnym powyżej 3 kHz. Trudno jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie dlaczego wielkość efektu supresyjnego wzrasta wraz ze wzrostem wyjściowego poziomu CEOAEs. Najbardziej prawdopodobnym wytłumaczeniem wydaje się fakt większego stosunku sygnału do szumu tła (SNR) w przypadku wyższego poziomu CEOAEs, co z kolei może przyczynić się do lepszej identyfikacji zmian podczas CS. Podobną analizę przeprowadził Khalfa i wsp., jednakże z zastosowaniem odmiennej metodyki i technik analizy, dlatego też nie można porównywać uzyskanych wyników [Khalifa (i in.) 1998].

Podsumowując wyniki badań własnych, można stwierdzić, iż strona badanego ucha w grupie pacjentów ze średnią wieku 30 lat oraz zastosowana opcja ipsilateralnej stymulacji (linear/nonlinear) nie wpływają istotnie na efekt kontralateralny, w przeciwieństwie do wyjściowego poziomu CEOAEs, który koreluje z wielkością efektu supresyjnego w zakresie niskich i średnich częstotliwości.

## Bibliografia

- Berlin C. I., Hood L. J., Cecola R. P., Jacson D. F., Szabo P. [1993]. Does type I afferent dysfunction reveal itself through lack of efferent suppression. „Hearing Research” 65, 40–50.
- Bray P. [1989]. Click-Evoked Otoacoustic Emissions and the Development of a Clinical Otoacoustic Hearing Test Instrument. Ph.D. Thesis, University College and Middlesex School of Medicine, London.
- Chery-Croze S., Moulin A., Collet L. [1993]. Effect of contralateral sound stimulation on the distortion product 2f1-f2 in humans: Evidence of a frequency specificity. „Hearing Research” 68, 53–58.
- Chery-Croze S., Moulin A., Collet L., Morgon A. [1994]. Is the test of medial efferent system function a relevant investigation in tinnitus? „British Journal of Audiology” 28, 13–25.
- Collet L., Kemp D., Veillet E., Duclaux R., Moulin A., Morgon A. [1990]. Effect of contralateral auditory stimuli on active cochlear micromechanical properties in human subjects. „Hearing Research” 43, 251–262.
- Collet L., Veillet E., Bene S., Morgon A. [1992]. Effects of contralateral white noise on click-evoked emissions in normal and sensorineural ears: Towards an exploration of the medial olivocochlear system. „Audiology” 31, 1–7.

- Collet L., Veuille E., Moulin A., Morlet T., Giraud A. L., Micheyl C., Chery-Croze S. [1994]. Contralateral auditory stimulation and otoacoustic emissions: a review of basic data in humans. „British Journal of Audiology” 28, 213–218.
- Fex J. [1962]. Auditory activity in centrifugal and centripetal cochlear fibres in cat. A study of feedback system. „Acta Physiologica Scandinavia” 55, 1–68.
- Galambos R. [1956]. Suppression of auditory nerves activity by stimulation of efferent fibres to the cochlea. „Journal of Neurophysiology” 19, 424–437.
- Guinan J. J., Warr W. B., Norris B. E. [1984]. Topographic organization of the olivocochlear projections from the lateral and medial zones of the superior olivary complex. „The Journal of Comparative Neurology” 226, 21–27.
- Guinan J. J., Gifford M. L. [1988]. Effects of electrical stimulation of efferent olivo-cochlear neurons on cat auditory-nerve fibres. I. Rate-level functions. „Hearing Research” 33, 97–114.
- Harrison W., Burns E. [1993]. Effects of contralateral acoustic stimulation on spontaneous otoacoustic emissions. „The Journal of Acoustical Society of America” 94, 2649–2658.
- Khalfa S., Collet L. [1996]. Functional asymmetry of medial olivocochlear system in humans. Towards a peripheral auditory lateralization. „Neuroreport” 7, 993–996.
- Khalfa S., Morlet T., Micheyl C., Morgon A., Collet L. [1997]. Evidence of peripheral hearing asymmetry in humans: clinical implications. „Acta Otolaryngologica” 117, 192–196.
- Khalfa S., Micheyl C., Veuille E., Collet L. [1998]. Peripheral auditory lateralization assessment using TEOAEs. „Hearing Research” 121, 29–34.
- Kemp D. T. [1986]. Otoacoustic emissions, travelling waves and cochlear mechanisms. „Hearing Research” 22, 95–104.
- Liberman M. C. [1988]. Physiology of cochlear efferent and afferent neurons: direct comparison in the same animal. „Hearing Research” 34, 179–192.
- Lisowska G., Namysłowski G., Morawski K., Borkowska M., Wertlecka I. [2000]. An influence of tonal and broad-band noise contralateral stimulation on spontaneous otoacoustic emission amplitudes. „Audiofonologia” XVIII, 197–206.
- Lisowska G., Smurzyński J., Morawski K., Namysłowski G., Probst R. [2002]. Influence of Contralateral Stimulation by Two-tone Complexes, Narrow-band and Broad-band Noise Signals on the 2f1-f2 Distortion Produkt Otoacoustic Emission Levels in Humans. „Acta Otolaryngologica” 122, 613–619
- Maison S., Micheyl C., Andeol G., Gallego S., Collet L. [2000]. Activation of medial olivocochlear efferent system in humans: influence of stimulus bandwidth. „Hearing Research” 140, 111–125.
- Morand N., Khalfa S., Ravazzani P., Tognola G., Grandori F., Durrant J.D., Collet L., Veuille E. [2000]. Frequency and temporal analysis of contralateral acoustic stimulation on evoked otoacoustic emissions in humans. „Hearing Research” 145, 52–58.
- Morand N., Bouvard S., Rylvlin P., Manguiere F., Fischer C., Collet L. [2001]. Asymmetrical localization of benzodiazepine receptors in the human auditory cortex. „Acta Otolaryngologica” 121, 293–296.
- Morlet T., Goforth L., Hood L., Ferber C., Duclaux R., Berlin C. I. [1999]. Development of human cochlear active mechanism asymmetry: involvement of the medial olivocochlear system? „Hearing Research” 134, 153–162.
- Mott J. B., Norton S. J., Neely S. T., Warr W. B. [1989]. Changes in spontaneous otoacoustic emissions produced by acoustic stimulation of the contralateral ear. „Hearing Research” 38, 229–242.
- Moulin A., Collet L., Morgan A. [1992]. Influence of Spontaneous Otoacoustic Emissions on Acoustic Distortion Product Input/Output Functions: Does The Medial Efferent System Act Differently in the Vicinity of an SOAE? „Acta Otolaryngologica” 112, 210–214.
- Moulin A., Collet L., Duclaux R. [1993]. Contralateral auditory stimulation alters acoustic distortion product in humans. „Hearing Research” 65, 193–210.
- Philibert B., Veuille E., Collet L. [1998]. Functional asymmetries of crossed and uncrossed medial olivocochlear efferent pathways in humans. „Neuroscience Letters” 253, 99–102.
- Probst R. [1990]. Otoacoustic Emissions: An Overview. „Advances in Oto-Rhino-Laryngology” 44, 1–91.
- Puel J. L., Chabert R., Ladrech S., Rebillard G. [1990]. Cochlear non-linearity can be modulated by contralateral sound stimulation. Abstract. „Journal of the Association for Research in Otolaryngology” 13, 231.
- Siegel J. H., Kim D. O. [1982]. Efferent neural control of cochlear mechanics? Olivocochlear bundle stimulation affects cochlear biomechanical nonlinearity. „Hearing Research” 6, 171–182.
- Smurzyński J., Lisowska G., Grzanka A., Namysłowski G., Probst R. [2003]. Dynamic Changes in Spontaneous Otoacoustic Emissions Produced by Contralateral Broadband Noise. „Biophysics of the Cochlea from Molecules to Models” 488–497.
- Veuille E., Collet L., Duclaux R. [1991]. Effect of contralateral acoustic stimulation on active cochlear micromechanical properties in human subjects: dependence on stimulus variables. „Journal of Neurophysiology” 65, 724–734.
- Williams E.A., Brookes G.B., Prasher D.K. [1993]. Effects of contralateral acoustic stimulation on otoacoustic emissions following vestibular neurotomy. „Scandinavian Audiology” 22, 197–203.
- Williams D. M., Brown A. M. [1995]. Contralateral and ipsilateral suppression of the 2f1-f2 distortion product in human subjects. „The Journal of the Acoustical Society of America” 97, 1130–1140.
- Williams D. M., Brown A. M. [1997]. The effect of contralateral broadband noise on acoustic distortion products from the human ear. „Hearing Research” 104, 127–146.

#### Adres do korespondencji

Grażyna Lisowska  
ul. Gliwicka 83  
42-600 Tarnowskie Góry  
e-mail: grazyna.lisowska@pn.pl