

Zastosowanie słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w diagnozowaniu zaburzeń słuchu psów

AGATA WACŁAWSKA-MATYJASIK, ANDRZEJ POMIANOWSKI

Katedra Chorób Wewnętrznych z Kliniką Wydziału Medycyny Weterynaryjnej UWM, ul. Oczapowskiego 14, 10-957 Olsztyn

Wacławska-Matyjasik A., Pomianowski A.

Application of brainstem auditory evoked potentials in the diagnosis of hearing disorders in dogs

Summary

Brainstem auditory evoked potentials (BAEP) is an electrodiagnostic test used as an alternative to behavioral testing in assessing auditory function in dogs. The application of BAEP is useful for accurately diagnosing the type of deafness in a dog. This article describes current knowledge regarding the use of BAEP in dogs, including the technical basics of the method, effects of pharmacologic agents, stimuli and recording factors on BAEP, as well as common applications of BAEP in dogs. Although BAEP is most suited for detecting neural lesions in nerve VIII and the auditory portion of the brainstem, it can be used indirectly to form conclusions about the likelihood of conductive lesions in the outer and middle ear, as well as neural lesions higher in the central nervous system than the auditory portion of the brainstem.

This method is useful as an objective test in the diagnosis of inherited and pigment-associated deafness, as well.

Keywords: brainstem auditory evoked potentials, dogs

Potencjały wywołane, powstające pod wpływem bodźców akustycznych, wzrokowych lub czuciowych, są wynikiem zmian czynności bioelektrycznej układu nerwowego, a interpretacja ich zapisu stwarza nowe możliwości diagnostyczne w medycynie weterynaryjnej.

Metoda wykorzystująca rejestrację słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu, określana jako BAEP (brainstem auditory evoked potentials), stanowi alternatywę behawioralnej oceny słuchu psów. Badania oparte o testy tego typu nie pozwalają na postawienie ostatecznego rozpoznania, czy zwierzę słyszy ani też wykryć głuchoty jednostronnej (6, 15, 17, 18, 20). Zastosowanie metody słuchowych potencjałów wywołanych pozwala natomiast dokładnie zróżnicować typ głuchoty występujący u badanego zwierzęcia (24, 29). Przeprowadzenie badań w grupie ponad 90 ras psów pozwoliło wyselekcjonować rasy predysponowane do dziedzicznej, wrodzonej głuchoty czuciowo-nerwowej. Wyniki powyższych badań pozwoliły na zakwalifikowanie 89 ras psów jako predysponowanych do tego rodzaju głuchoty. Badanie słuchowych potencjałów wywołanych uznano za najpewniejszą metodę przydatną do przesiewowej diagnostyki szczeniąt narażonych na ten typ głuchoty (19, 24).

Celem opracowania było przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat stosowania BAEP u psów, z uwzględnieniem podstaw technicznych metody,

wpływu środków farmakologicznych, jak również wpływu rodzaju stymulacji i rejestracji na zapis BAEP.

Wyposażenie

Podstawą nowoczesnego aparatu do rejestracji BAEP jest komputer (stacjonarny lub przenośny), połączony z przystawkami zawierającymi stymulator akustyczny, wzmacniacz biologiczny z filtrami pasmowymi, przetwornik analogowo-cyfrowy i uśredniacz sygnału (16, 29). Konieczność zastosowania uśredniania wynika z tego, że amplituda słuchowych potencjałów wywołanych w porównaniu z aktywnością spontaniczną mózgu jest bardzo niska. Wykorzystanie uśredniacza sygnału pozwala w zależności od rodzaju potencjałów, ich amplitud, a co za tym idzie, od ilorazu amplitud sygnału i czynności spontanicznej mózgu, rejestrować kilkadziesiąt, kilkaset, a nawet kilka tysięcy pojedynczych sygnałów. Technika uśredniania polega na wykorzystaniu stałej zależności czasowej pomiędzy pobudzeniem i potencjałem wywołanym. Przy powtarzaniu bodźca potencjał wywołany pochodzący z określonego poziomu drogi słuchowej pojawia się zawsze z takim samym opóźnieniem czasowym w stosunku do bodźca. Czas od momentu zadziałania bodźca do pojawienia się szczytów poszczególnych fal nazywany jest latencją lub okresem utajenia. W oparciu o czas trwania latencji potencjały wywołane zostały podzielone na krótko-, średnio- i dłu-

golatencyjne, a czas ich utajenia jest związany z piętnem drogi słuchowej, na którym powstają (15, 17).

Filtry stosowane w badaniach psów powinny być ustawione w granicach częstotliwości od 30 do 1960 Hz. Badanie potencjałów wywołanych pnia mózgu psów obu płci o masie ciała od 8,6 kg do 19,5 kg wykazało, że zmniejszanie wartości nastawów filtrów spowodowało wydłużenie latencji fal BAEP i zmniejszenie amplitudy fal, ale miało to niewielki wpływ na latencję pomiędzy poszczególnymi falami (29). Ponieważ fale BAEP mają bardzo niskie amplitudy, konieczne jest wykorzystanie wzmacniaczy; umożliwia to uzyskanie czytelnego zapisu. Taki zestaw pozwala na sprawne badanie połączone z analizą matematyczną zarejestrowanych sygnałów.

Kolejnymi elementami wyposażenia są słuchawki audiometryczne i elektrody igłowe (16, 17, 29). Obecnie używane są dwa rodzaje słuchawek, nakładane na małżowinę uszną lub umieszczane w zewnętrznym przewodzie słuchowym.

Elektrody igłowe umieszczane są podskórnym, na obszarze głowy, w określonych punktach. W zależności od wybranej standaryzacji punkty umieszczenia elektrod mogą ulegać zmianom i dlatego w protokole badania uwzględnia się szyk, w jakim były one ustawione.

Wskazania do badania

Badanie słuchowych potencjałów wywołanych jest bardzo bezpieczną i szybką metodą diagnostyczną. Praktycznie nie ma przeciwwskazań do wykonywania tego badania. Wśród pacjentów wyodrębnić można szczenięta ras predysponowanych do głuchoty wrodzonej, psy z przewlekłym zapaleniem zewnętrznego przewodu słuchowego, u których doszło do przebudowy i utraty drożności zewnętrznego przewodu słuchowego, psy w podeszłym wieku, z rozwijającą się głuchotą starczą, psy z niedosłuchem lub głuchotą pourazową na skutek wystrzałów, hałasu i innych bodźców akustycznych o zbyt wysokim natężeniu lub czasie działania, zwierzęta z zaburzeniami ze strony ośrodkowego układu nerwowego, u których badanie BAEP ma pomóc w zlokalizowaniu miejsca uszkodzenia (1, 9, 14, 17).

Wykonanie badania

Według obowiązujących protokołów badania BAEP, pies powinien być ułożony w pozycji mostkowej. Dane piśmiennictwa wskazują na możliwość wykonania badania na zwierzęciu w pełni świadomym, jednak z obserwacji własnych wynika, że psy bardzo źle tolerują obecność słuchawek audiometrycznych w zewnętrznym przewodzie słuchowym (28). Zastosowanie środków anestetycznych nie ma wpływu lub wpływa w minimalnym stopniu na zapis fal BAEP. Z przeprowadzonych doświadczeń dotyczących ototoksyczności niektórych leków wynika, że podawanie acepromazyny w dawce 0,55 mg/kg lub ksylazyny w dawce

2 mg/kg nie miało żadnego wpływu na zmianę morfologii fal BAEP (2, 4, 7, 10, 21). Nieznaczne wydłużenie latencji fal, poza falą I stwierdzono u psów znieczulanych methoksyfluranem (2, 11-13).

Rozmieszczenie elektrod

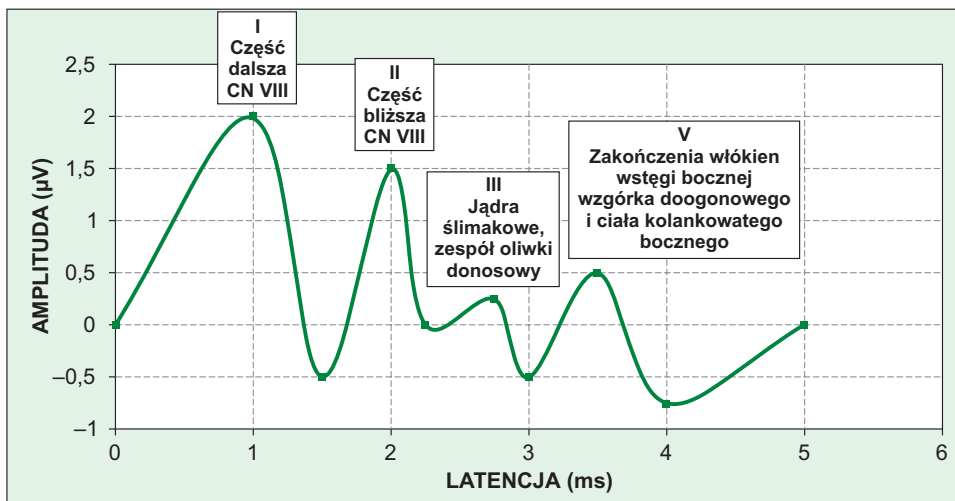
W badaniach dopuszcza się kilka różnych rozwiązań umiejscowienia elektrod. Najczęściej praktykowany jest szyk, w którym elektroda odniesienia znajduje się po stronie ucha badanego, elektroda aktywna, zbierająca impulsy w miejscu C_z , na szczycie sklepienia czaszki, a elektroda uziemiająca rostralnie do skrawka ucha nie badanego (29). W badaniach własnych autorzy stosują rozmieszczenie w następującym szyku: elektroda aktywna w punkcie C_z , elektrody odniesienia na wyrostkach sutkowatych kości skroniowych, a elektroda uziemiająca jest zlokalizowana pośrodkowo pomiędzy oczami lub na wysokości trzeciego kręgu szyjnego.

Słuchawki audiometryczne spełniają podwójną rolę. W trakcie badania danego ucha ze słuchawki emitowany jest bodziec akustyczny o określonym natężeniu dźwięku. Równoległe, z drugiej słuchawki, do drugiego ucha wysyłany jest sygnał maskujący, tzw. szum biały, zawierający losowo emitowane sygnały o wszystkich częstotliwościach. Zastosowanie sygnału maskującego pozwala na uniknięcie efektu niepożądanego pobudzenia ślimaka ze strony nietestowanej (2, 17, 28). U zwierząt częściej stosowane są słuchawki wkładane do zewnętrznego przewodu słuchowego – pozwalają one na minimalizację artefaktów i zapobiegają zapadaniu się zewnętrznego przewodu słuchowego (20, 27, 29). Ten typ słuchawek może jednak przyczynić się do wydłużenia latencji fal BAEP o około 0,8-1 milisekundy, co musi zostać uwzględnione podczas analizy zapisu (7, 20).

W przypadku znacznej utraty przewodnictwa spowodowanej niedrożnością zewnętrznego przewodu słuchowego czy też utratą elastyczności błony bębenkowej należy uzupełnić badanie o test z wykorzystaniem przetwornika przewodzenia kostnego. Możliwymi miejscami do przyłożenia przetwornika kostnego okazały się okolice wyrostka sutkowatego, żuchwa i łuk jarzmowy. Badanie to umożliwia różnicowanie niedosłuchu przewodzeniowego od czuciowo-nerwowego (26, 29).

Zapis

Zapis fal BAEP stanowi odzwierciedlenie średniej wartości zapisów aktywności w nerwie czaszkowym VIII i słuchowej części pnia mózgu w odpowiedzi na bodziec akustyczny. Niezależnie od gatunku zwierzęcia zapis fal BAEP składa się z siedmiu fal. W zapisach, w których brakuje którejś fali, fale występujące zachowują swoje numerowanie, tak jakby wszystkie fale były obecne. U psów każda fala o wartości dodatniej określana jest kolejno, za pomocą cyfr rzymskich, uwzględniając, że u tego gatunku często brak jest fali



Ryc. 1. Zapis słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu z zaznaczonymi generatorami fal

IV. Zazwyczaj łączy się ona z falą III lub V, tworząc, odpowiednio, kompleksy fal III/IV lub IV/V (23). W celu prawidłowej interpretacji, jako fala V powinien być uznany pozytywny pik, pojawiający się przed największym spadkiem w drugiej połowie zapisu.

Pochodzenie fal

Dokładne określenie, skąd pochodzą poszczególne fale, nie jest możliwe. Większość danych na temat poszczególnych generatorów fal pochodzi z badań przeprowadzonych u ludzi. Włókna aferentne nerwu słuchowego, opuszczające ślimak i wchodzące do wewnętrznego przewodu słuchowego zostały uznane za generator fali I (1, 3, 5, 7, 23). Fala II jest prawdopodobnie generowana przez bliższą część nerwu czaszkowego VIII, gdy wchodzi on do pnia mózgu. Fala III ma powstawać na skutek aktywności neuronów II rzędu, w pobliżu jądra ślimakowego (1, 5, 15, 25). Dokładne wyznaczenie generatorów fal IV i V jest trudne z dwóch powodów. Pierwszym czynnikiem jest bliskie powiązanie między tymi falami, drugim czynnikiem jest prawdopodobieństwo pobudzenia włókien poza jądrem ślimakowym. Niektóre doniesienia sugerują, że fala IV jest wynikiem aktywności neuronów drugiego i trzeciego rzędu, donosowego jądra oliwki w obrębie mostu, z prawdopodobnym udziałem jądra ślimakowego i jądra wstęgi bocznej (1, 15, 23). Fala V jest prawdopodobnie związana z zakończeniem włókien wstęgi bocznej we wzgórku doogonowym. Pochodzenie fali VI i VII jest jeszcze bardziej niejasne. Wyniki większości badań sugerują, że ich generatorem jest ciało kolankowate przysródkowe oraz pobudzenie podwzgórzowe. Niektóre źródła przypisują te fale ciągłym, zsynchronizowanym pobudzeniom we wzgórku doogonowym (ryc. 1).

Parametry bodźca

Najważniejszymi parametrami określającymi bodziec są: rodzaj, intensywność, częstotliwość i polaryzacja bodźca.

W badaniach słuchowych potencjałów wywołanych najlepiej sprawdza się bodziec akustyczny określany jako trzask (7, 16, 17, 22, 25, 26, 29). Intensywność dźwięku jest zwykle mierzona w decybelach (dB). W audiometrii posługujemy się terminami oznaczającymi poziom ciśnienia dźwięku (dB SPL – sound pressure level) i wartość ciśnienia progów słyszenia u zwierząt ze zdrowym słuchem (dB HL – hearing level). Bodziec o intensywności niższej niż 50 dB HL powoduje u psów zanikanie fal VI i VII (17, 29). W miarę obniżania intensywności bodźca za-

nikać będą również fale I, II i III, aż pozostanie tylko fala V. Najniższa intensywność bodźca, gwarantująca obecność fali V, uznawana jest za próg BAEP i używana jest do wyznaczania behawioralnych progów słyszenia (4, 7, 19, 25). Zależności te wynikają z fizjologicznych podstaw powstawania potencjałów wywołanych. Bodźce o wysokiej częstotliwości aktywują błonę podstawną w pobliżu podstawy ślimaka. Obniżanie intensywności bodźca powoduje przesuwanie miejsca aktywacji w stronę wierzchołka ślimaka (29).

Częstotliwość powtarzania bodźca nie ma większego wpływu na zmiany w zapisie fal BAEP. Latencje fal u psów nie zmieniają się w zakresie częstotliwości bodźca od 5-50 trzasków na sekundę i wynoszą od 1 do 1,5 milisekundy dla fali I, każda kolejna fala powinna pojawiać się w odstępach około 0,5-1,0 milisekundy (16, 17, 29).

Polaryzacja bodźca

Wpływ polaryzacji bodźca na zapis fal BAEP nie jest do końca wyjaśniony. U psów badania polaryzacji bodźców ujawniły, że najlepszy byłby bodziec wywołujący rozprężenie powietrza w zewnętrznym przewodzie słuchowym, ponieważ uzyskiwano lepsze rozgraniczenie między falami III i IV oraz większe prawdopodobieństwo, że fala IV będzie obecna jako samodzielna, a latencje pozostałych fal będą krótsze (8). Część danych zaprzecza tym spostrzeżeniom, sugerując, że taki rodzaj bodźca wpływa na wydłużenie latencji poszczególnych fal. Problemy w ustaleniu najlepszej polaryzacji bodźca wynikają z trudności w ustaleniu faktycznej polaryzacji bodźca na wysokości błony bębenkowej (29).

Czas pomiaru

U zdrowych, słyszących psów wystarczy 8-9 milisekund, żeby uzyskać zapis fal I-VII. U szceniąt i zwierząt z głębokim uszkodzeniem słuchu, u których czas przechodzenia bodźca może ulegać wydłużeniu, może zajść konieczność wydłużenia czasu analizy na-

wet do 20 milisekund, ponieważ latencja u tych zwierząt będzie bardzo wydłużona.

Sporządzanie protokołu z badania BAEP

Ocena zapisu fal BAEP musi zawierać następujące oznaczenia: obecność fal od I do VIII, morfologia i kształt fali, pomiar latencji fal, pomiar amplitud fal, porównanie wyników uzyskanych podczas badania ucha lewego i prawego (28, 29). U psów najczęściej ocenia się fale od I do V ze względu na łatwość ich identyfikacji.

Interpretując zapis należy uwzględnić: masę ciała zwierzęcia, wielkość głowy, płęć i temperaturę wewnętrzną ciała.

Wyniki badania BAEP nie są zapisem aktywności neurologicznej układu słuchowego w czasie rzeczywistym w odpowiedzi na dźwięk. Jest to sztucznie wygenerowana odpowiedź małego podzespołu neuronów (przypuszczalnie aktywnych na początku odpowiedzi i ułożonych równolegle) w nerwie słuchowym i części słuchowej pnia mózgu w odpowiedzi na krótki bodziec akustyczny. Dlatego metoda BAEP może być używana do pomiaru funkcji tych struktur, ale nie powinna być wykorzystywana jako miara słyszenia w pojęciu behawioralnym, ponieważ słyszenie wymaga aktywności wielu struktur, nie tylko nerwu VIII i części słuchowej pnia mózgu (7, 20, 29).

Pomimo że badanie BAEP jest najlepiej przystosowane do wykrywania zaburzeń neuronalnych w obrębie nerwu VIII i części słuchowej pnia mózgu, może

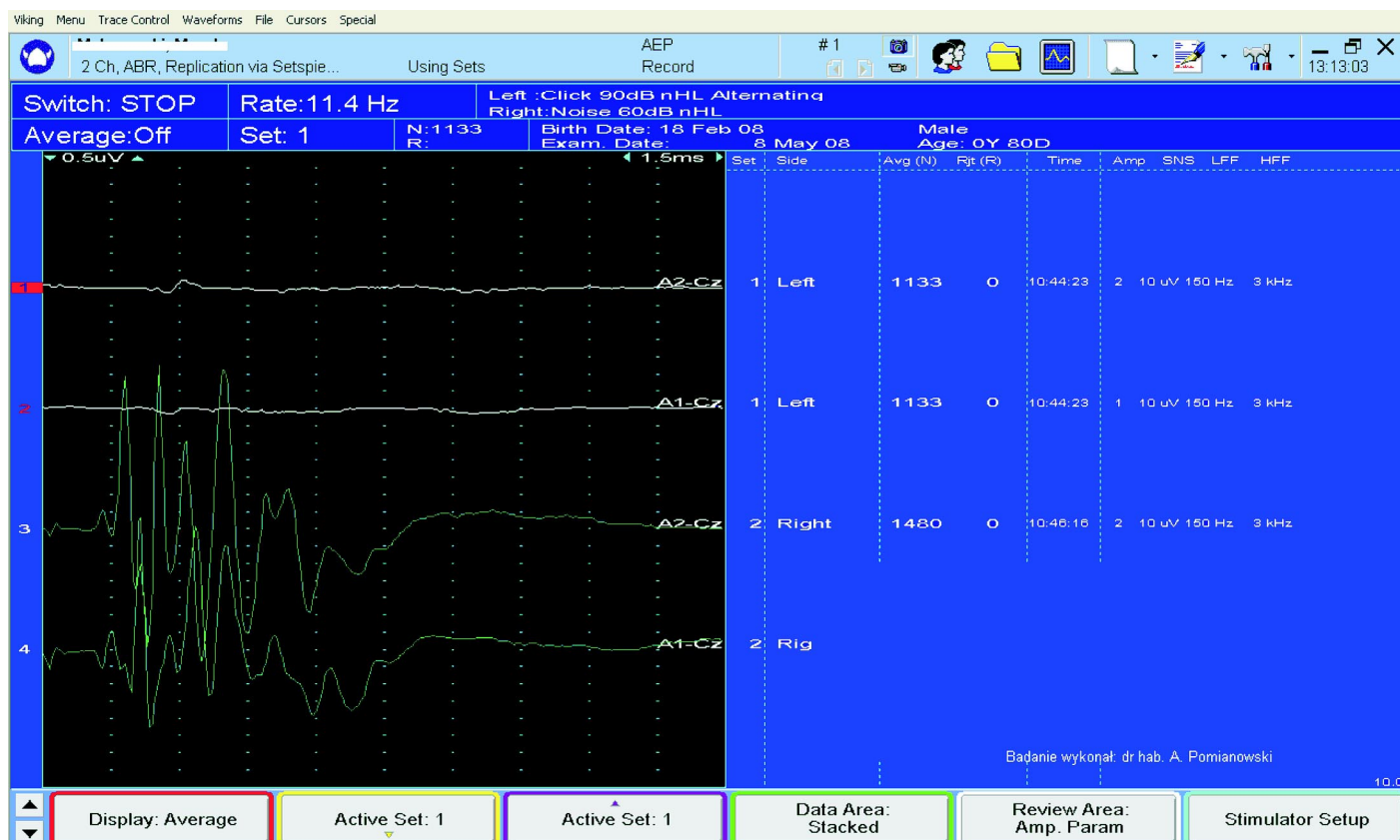
być również wykorzystywane do postawienia hipotezy o przypuszczalnym miejscu uszkodzenia, dotyczącym przewodzenia i czucia w uchu zewnętrznym i środkowym oraz zaburzeń neuronalnych struktur wyższych niż część słuchowa pnia mózgu (1, 6, 7, 9, 20, 28).

Kolejnym zastosowaniem tego badania jest ocena progu słyszenia. Pomiar ten wykonuje się, stosując szereg bodźców o różnym natężeniu i oceniając, przy jakiej wartości bodźca pozostaje obecna tylko fala V (7, 20).

Najczęstszym zastosowaniem BAEP jest wykonywanie badań przesiewowych ras predysponowanych do głuchoty wrodzonej, będącej następstwem zaburzeń w melanogenezie. W tych przypadkach badanie odbywa się z wykorzystaniem tylko jednego rodzaju bodźca, a wynik może być interpretowany tylko w dwojaki sposób. Brak odpowiedzi i zapis w formie linii prostej oznacza głuchotę czuciowo-nerwową, natomiast obecność fal I-V w audiogramie pochodzącym z obu uszu oznacza, że u zwierzęcia nie występują zmiany patologiczne w obrębie narządu słuchu (7, 16, 17, 20) (ryc. 2).

Podsumowanie

W podsumowaniu na szczególne podkreślenie zasługuje szerokie zastosowanie słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu jako metody diagnostycznej najlepiej przystosowanej do obiektywnego diagnozowania głuchoty wrodzonej związanej z zaburzeniami w melanogenezie, wykrywania zaburzeń neuronal-



Ryc. 2. Przykładowy audiogram szczenięcia rasy bulterier z lewostronną głuchotą czuciowo-nerwową

nych w obrębie nerwu VIII i części słuchowej pnia mózgu, do postawienia hipotezy o przypuszczalnym miejscu uszkodzenia, dotyczącym przewodzenia w uchu zewnętrznym i środkowym oraz zaburzeń neuronalnych struktur wyższych niż część słuchowa pnia mózgu.

Zasadnicze znaczenie ma fakt, że badanie BAEP cechuje się dużą łatwością wykonania, a dostępność piśmiennictwa z zakresu metody umożliwi wiarygodną interpretację wyników. Należy podkreślić, że rozpowszechnienie metody przyczyni się do znacznego postępu w diagnostyce różnych typów niedosłuchu u psów.

Piśmiennictwo

1. *Biacabe B., Chevalier J. M., Avan P., Bonfils P.*: Functional anatomy of auditory brainstem nuclei: application to the anatomical basis of brainstem auditory evoked potentials. *Auris Nasus Larynx* 2001, 28, 85-94.
2. *Concalves R., Freeman J., Penderis J.*: The use of contralateral masking noise in the detection of unilateral deafness in Dalmatian puppies. *J. Vet. Intern. Med.* 2008, 22, 234-237.
3. *Grandori F.*: Field analysis of auditory evoked brainstem potentials. *Hear Res.* 1986, 21, 51-58.
4. *Hall J. W.*: Handbook of Auditory Evoked Responses. Allyn&Bacon, Boston 1992, 3-419.
5. *Hashimoto I., Ishiyama Y., Yoshimoto T., Nemoto S.*: Brainstem auditory-evoked potentials recorded intracranially from the auditory nerve from man. *Exp. Neurol.* 1981, 74, 862-874.
6. *Holliday T. A., Nelson H. J., Williams D. C., Willits N.*: Unilateral and bilateral brainstem auditory evoked response abnormalities in 900 dalmatian dogs. *J. Vet. Intern. Med.* 2008, 6/3, 166-174.
7. *Hood L. J.*: Clinical Applications of the Auditory Brainstem Response. Singular Publishing Group. San Diego 1998, 11-122.
8. *Kawasaki Y., Inada S.*: Peaks of brainstem auditory evoked potentials in dogs. *Vet. Res. Comm.* 1994, 18, 38-396.
9. *Kochanek K.*: Zastosowanie słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu w diagnostyce zaburzeń słuchu typu pozaślimakowego. *Otolaryngologia* 2002, 1, 167-172.
10. *Marshall A. E.*: Brainstem auditory-evoked response of the nonanesthetized dog. *Am. J. Vet. Res.* 1985, 46, 966-973.
11. *Murell J. C., de Groot H. N., Psatha E., Hellebrekers L. J.*: Investigation of changes in the middle latency auditory evoked potential during anesthesia with sevoflurane in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 2005, 66, 1156-1161.
12. *Murell J. C., de Groot H. N., Venker-van Haagen A. J., van den Brom W. E., Hellebrekers L. J.*: Middle- latency auditory-evoked potential in acepromazine-sedated dogs. *J. Vet. Intern. Med.* 2004, 18, 196-200.
13. *Myers L. J., Reading R. W., Wilson S.*: Reference values of brainstem auditory evoked response of matoxyflurane anesthetized and unanesthetized dogs. *Vet. Res. Comm.* 1985, 9, 289-294.
14. *Ngan E. M., May B. J.*: Relationship between the auditory brainstem response and auditory nerve thresholds in cats with hearing loss. *Hear Res.* 2001, 156, 44-52.
15. *Plourde G.*: Auditory evoked potentials. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* 2006, 20, 129-139.
16. *Pomianowski A., Kwiatkowska M.*: Słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu – obiektywna metoda badania słuchu zwierząt. *Magazyn Wet.* 2009, 18, 4-6.
17. *Pomianowski A., Waclawska-Matyjasik A., Kwiatkowska M.*: Wykorzystanie potencjałów wywołanych w praktyce klinicznej. Monografia. Nowe perspektywy diagnostyki i terapii chorób wewnętrznych psów i kotów. UWM Olsztyn 2009, 61-66.
18. *Poncelet L. C., Coppens A. G., Deltenre P. E.*: Audiograms estimated from brainstem tone- evoked potentials in dogs from 10 days to 1,5 months of age. *J. Vet. Intern. Med.* 2002, 16, 647-679.
19. *Rose W. R.*: Audiology 6: natural sound test. *Vet. Med. Small Anim. Clin.* 1977, 72, 1090-1096.
20. *Scherg M., von Cramon D.*: A new interpretation of the generators of BAEP waves I-V: results of the spatio- temporal dipole model. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.* 1985, 62, 290-299.
21. *Shlu J. N., Munro K. J., Cox C. L.*: Normative auditory brainstem response data for hearing threshold and neuro-otological diagnosis in the dog. *J. Small Anim. Pract.* 1997, 38, 103-107.
22. *Sims M. H.*: Electrodiagnostic evaluation of auditory function. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 1988, 18, 913-944.
23. *Sims M. H., Moore R. E.*: Auditory evoked response in the clinically normal dogs: early latency components. *Am. J. Vet. Res.* 1984, 45, 2019-2027.
24. *Strain G. M.*: Congenital deafness and its recognition. *Small Anim. Pract. Spec. issue: Pediatrics/July* 1999.
25. *Uzuka Y., Fukaki M., Hara Y., Matsumoto H.*: Brainstem auditory evoked response elicited by tone-burst stimuli in clinically normal dogs. *J. Vet. Intern. Med.* 1998, 12, 22-25.
26. *Uzuka Y., Furuta T., Yamaoka M., Ohnishi T., Tsubone H., Sugano S.*: Threshold changes in auditory brainstem response (ABR) due to the administration of kanamycin in dogs. *Exp. Anim.* 1996, 45, 325-331.
27. *Venker-van Haagen A. J., Stielink R. J., Smoorenburg G. E.*: Auditory brainstem response in the normal beagle. *Vet. Q.* 1989, 11, 129-137.
28. *Wilson W. J., Bailey K. L., Balke C. L., D'Arbe C. L., Hodinnot B. R., Bradley A. P., Mills P. C.*: On the dual structure of the auditory brainstem response in dogs. *Clin. Neurophysiol.* 2006, 117, 2211-2220.
29. *Wilson W. J., Mills P. C.*: Brainstem auditory-evoked response in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 2005, 66, 2177-2187.

Adres autora: lek. wet. Agata Waclawska-Matyjasik, ul. Oczapowskiego 14, 10-957 Olsztyn; e-mail: vetrianka@wp.pl