

# Badanie słuchowych potencjałów wzbudzanych pnia mózgu w diagnostyce zaburzeń układu nerwowego u koni

MARCIN WRZOSEK, ARTUR NIEDŹWIEDŹ, ELŻBIETA GIZA,  
HIERONIM BOROWICZ, JAKUB NICPOŃ\*, JÓZEF NICPOŃ

Katedra Chorób Wewnętrznych z Kliniką Koni, Psów i Kotów Wydziału Medycyny Weterynaryjnej UP,  
pl. Grunwaldzki 47, 50-366 Wrocław

\*Katedra Chirurgii Wydziału Medycyny Weterynaryjnej UP, pl. Grunwaldzki 49, 50-366 Wrocław

Wrzosek M., Niedźwiedź A., Giza E., Borowicz H., Nicpoń J., Nicpoń J.

## Auditory brainstem evoked response (BAER) in the diagnosis of nervous system diseases in horses

### Summary

**Goal:** The evaluation of the brainstem function by the method of auditory brainstem evoked potentials in a reference group of healthy horses and the use of the method for diagnosis in the course of some neurological diseases of horses

**Materials and methods:** The study was conducted on two groups of animals: nine control horses and seven horses with known neurological diseases. All patients underwent full clinical examination, otoscopic examination and detailed neurological examination. The BAER test was carried out under sedation (detomidine combined with butorphanol). Sound stimulation was performed with insertion headphones emitting the sound of a volume of 75dB, 90dB, and 105dB, 1000 pulses each, with a frequency of 11Hz. Auditory threshold examination was also conducted by increasing the intensity of sound by 10 dB in a range of 10-70 dB, and emitting 300 sound pulses for each volume level.

**Results:** In all the BAER records, waves I, II, III, IV and V were identified on both sides. In all horses in the control group waves VI and VII were impossible to identify. There were no statistically significant differences between the sexes. In the group of healthy horses, the auditory threshold was determined at a level of 30 dB in 6 horses and 40 dB in 3 horses. In the group of horses with neurological diseases, a lesion of vestibulocochlear nerve (NC VIII) due to a head injury sustained during training was diagnosed in 3 cases, air sac infection in 2 cases, and an acquired senile deafness in 2 cases.

**Conclusion:** Records of auditory brainstem evoked potentials in most healthy horses consist of waves I to V. The BAER technique can be used for the diagnosis of functional disorders of the CNS, especially the brainstem, midbrain and thalamus, and as an objective evaluation of hearing in horses.

**Summary:** The technique of auditory brainstem evoked potentials in horses can be used as an additional diagnostic method in neurological diseases.

**Keywords:** horse, neurological disease, auditory evoked response examination, BAER

Ocena funkcji układu nerwowego u koni przeprowadzana jest za pomocą badania neurologicznego oraz metod specjalistycznych w postaci różnorodnych technik elektrodiagnostycznych. Wśród badań ośrodkowego układu nerwowego (OUN) u koni przeprowadzane jest badanie słuchowych potencjałów wzbudzanych pnia mózgu (brain stem auditory evoked response, BAER), nazywanych również potencjałami wywołanymi pnia mózgu (1, 7, 9-12). Badanie BAER to zapis aktywności szlaku słuchowego mózgu w postaci potencjałów wzbudzanych w odpowiedzi na zewnętrzny bodziec słuchowy (2). Potencjały pnia mózgu wzbud-

zane bodźcem dźwiękowym składają się z potencjałów popobudzeniowych, pojawiających się w czasie 0-10 milisekundy od bodźca, potencjałów średniolatencyjnych (10-80 msek.), potencjałów późnolatencyjnych (80-250 msek.) oraz potencjałów długich (> 250 msek.) (3, 4). Największą wartość kliniczną mają potencjały popobudzeniowe. Należą do nich słuchowe potencjały wzbudzone pnia mózgu (BAER), których zapis składa się z fal reprezentujących aktywność neuronalną szeregu struktur mózgowych zlokalizowanych głównie w pniu mózgu aż do wzgórza. Zapis BAER składa się z siedmiu fal, klasycznie oznaczanych licz-

bami rzymskimi. Potencjały BAER mogą być mierzone u zwierząt w sedacji lub bez niej (8, 10, 15). Dotychczasowe badania na różnych gatunkach zwierząt nie wykazały różnicy zapisu między różnymi stanami świadomości (15, 18). Fala I pochodzi z ipsilateralnego (strony pobudzenia słuchowego) nerwu ślimakowatego, fala II z ipsilateralnego jądra ślimakowatego mostu, fala III z dogrzbietowego jądra ciała czworobocznego (ipsilateralnie lub kontralateralnie), fala IV wstęga boczna, fala V wzgórek doogonowy pokrywy śródmózgowia (ipsilateralnie i/lub kontralateralnie), fala VI z ciała kolankowatego przysiodkowego wzgórza, fala VII z promienistości słuchowej kresomózgowia. U zwierząt pochodzenie fal IV, VI oraz VII jest dyskusyjne. Badanie BAER jest powszechnie wykorzystywaną metodą oceny funkcji ośrodkowego układu nerwowego u ludzi i zwierząt (5, 6, 17). Badanie to cechuje wysoka obiektywność, dzięki czemu staje się bardzo przydatnym w badaniach naukowych oraz praktyce klinicznej.

Celem badania była ocena funkcji pnia mózgu u koni zdrowych grupy referencyjnej oraz zastosowanie metody słuchowych potencjałów wzbudzanych pnia mózgu jako metody diagnostycznej w przebiegu wybranych chorób neurologicznych koni.

### Materiał i metody

Badanie przeprowadzono na 9 koniach zdrowych oraz 7 koniach ze stwierdzoną chorobą neurologiczną. Wszystkie konie były badane w ramach konsultacji Katedry Chorób Wewnętrznych z Kliniką Koni, Psów i Kotów Wydziału Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. U wszystkich koni wykonano pełne badanie kliniczne, badanie otoskopowe oraz szczegółowe badanie neurologiczne. U wszystkich koni zdrowych badanie BAER przeprowadzone zostało przy okazji zabiegów pielęgnacyjnych wymagających sedacji (tarnikowanie) lub u koni srokatek w celu określenia jakości słuchu, na wyraźne życzenie i za zgodą właściciela. U koni z chorobą neurologiczną badanie BAER przeprowadzono w celach diagnostycznych, również za zgodą właściciela. W badaniu klinicznym uwzględnione zostały: częstotliwość tętna, oddechów, temperatura wewnętrzna, ocena wzrokowa błony śluzowej, czas wypełnienia włóscinek. Badanie otoskopowe przeprowadzono w celu wykluczenia zaburzeń przewodzenia, drożności kanału słuchowego zewnętrznego oraz zachowania ciągłości błony bębenkowej. Badanie to przeprowadzono po zastosowaniu sedacji za pomocą otoskopu Welch Allyn z odpowiednim wysięgnikiem. W badaniu tym wykluczone zostały stany patologiczne kanału słuchowego, jak również zalegająca zawartość kanału słuchowego (woskowina, wysięk), która mogłaby wpłynąć na jakość badania słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu. Badanie neurologiczne uwzględniało ocenę świadomości, zachowania, postawy, chodu, badanie odruchów nerwów czaszkowych, badanie dna oka, badanie reakcji postawy i postury, badanie odruchów rdzeniowych, badanie wrażliwości czuciowej oraz ocenę umięśnienia.

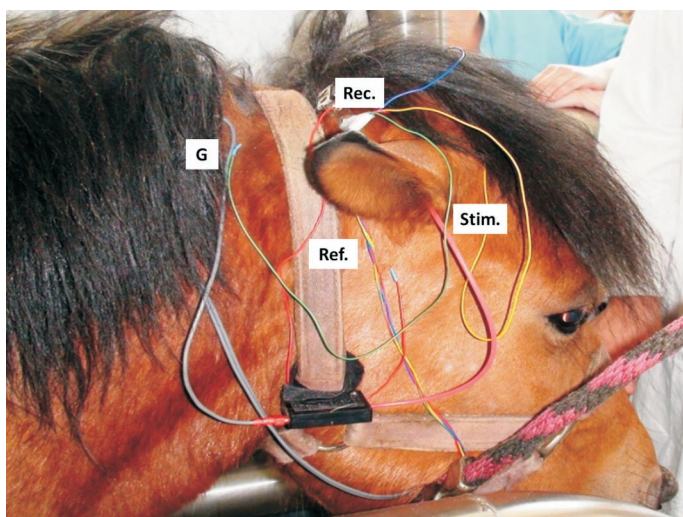
W celu wykluczenia lub potwierdzenia zaburzeń metabolicznych, mogących wpłynąć na jakość zapisu BAER, u wszystkich koni przeprowadzono badanie krwi oraz moczu. Badanie hematologiczne obejmowało liczbę erytrocytów (RBC), liczbę hematokrytową (Ht), stężenie hemoglobiny (Hb), wskaźniki czerwonych krwinek: średnie stężenie hemoglobiny w erytrocytach (MCHC), średnią masę hemoglobiny w erytrocytach (MCH), średnią objętość erytrocytów (MCV), ogólną liczbę leukocytów (WBC) z rozbiorem na frakcje leukocytarne. Badanie hematologiczne krwi przeprowadzono, odpowiednio: spektrofotometrem (Spekol 1), wirówką hematokrytową i w komorze Thoma. Badanie biochemiczne surowicy krwi obejmowało: aktywność transaminazy alaninowej (Alat), asparaginianowej (Aspat) i fosfatazy alkalicznej (ALP, AP), a także stężenie mocznika, kreatyniny, amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) na czczo i 2 godziny po jedzeniu, glukozy, aktywność kinazy kreatyninowej (CK), cholesterolu, białka całkowitego, albumin, wapnia, magnezu, chlorków, sodu, potasu. Badanie moczu obejmowało: ciężar właściwy, odczyn, obecność białka, glukozy, związków ketonowych, bilirubiny, krwi oraz skład osadu.

**Technika badania BAER.** Do badania BAER wszystkie konie zostały wprowadzone w sedację za pomocą detomidyny w dawce 5-10 mg, dożylnie w połączeniu z butorfanolem 5 mg dożylnie. Badanie słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu przeprowadzono za pomocą urządzenia Viking Quest z oprogramowaniem Viking Producer (ryc. 1). Bodziec słuchowy zastosowano poprzez słuchawki insercyjne, wprowadzone do kanału słuchowego zewnętrznego. Stymulacje miały natężenie bodźca o częstotliwości 11 Hz, 1000 impulsów i głośności początkowo 75 dB, 90 dB, następnie 105 dB. U wszystkich badanych zwierząt przeprowadzono również badanie progu słuchowego poprzez stymulację dźwiękową po 300 impulsów w zakresie od 10 do 70 dB, podwyższając intensywność dźwięku co 10 dB.

W celu uzyskania zapisu BAER zastosowano podskórne elektrody igłowe (igły stalowe o długości 12 mm), które umieszczono według obowiązujących schematów. Elektrode referencyjną umieszczono na wysokości wyrostka suteczkowatego obustronnie, zapis jednostronny wykonany został przez elektrodę aktywną umieszczoną na szczycie głowy (vertex), pomiędzy wyrostkami suteczkowatymi obu stron, natomiast elektrodę uziemiającą umieszczono na



Ryc. 1. Badanie słuchowych potencjałów wywołanych (BAER) u konia



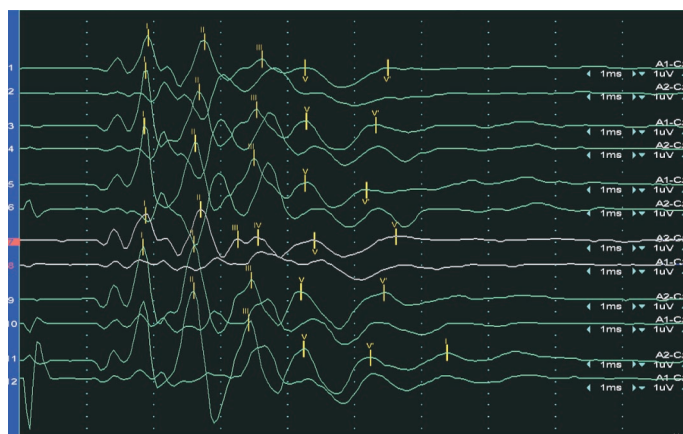
Ryc. 2. Umieszczenie słuchawki w kanale słuchowym (czerwony wężyk) oraz podskórnych elektrod rejestrujących potencjały

Objaśnienia: G – elektroda uziemiająca; Rec. – elektroda rejestrująca; Ref. – elektroda referencyjna; Stim. – słuchawka

karku, doogonowo od wyniosłości potylicznej zewnętrznej. Schemat umiejscowienia elektrod przedstawiono na rycinie 2. Po przeprowadzeniu zapisu badający przeprowadził identyfikację i opis fal potencjałów wywołanych (od fali I do VII). Każda z fal została zdefiniowana pod względem czasu trwania (w milisekundach) oraz wychYLENIA (w miliwoltach). Wartości te opisano jako fizjologiczne lub patologiczne.

### Wyniki i omówienie

W badanej grupie koni zdrowych ( $n = 9$ ), w wieku 2-5 lat (mediana 3), 3 wałachy, 2 ogiery, 4 klacze, rasy śląskiej, badania kliniczne, neurologiczne, krwi oraz moczu nie wykazały odchyśleń od normy. We wszystkich zapisach BAER tej grupy zidentyfikowano fale I, II, III, IV oraz V obustronnie. U wszystkich koni z grupy kontrolnej fale VI oraz VII nie były możliwe do zidentyfikowania (ryc. 3). Na podstawie zapisów grupy kontrolnej określono wartości referencyjne dla poszczególnych fal, co przedstawiono w tabeli 1. W gru-



Ryc. 3. Zapis BAER w pobudzeniu 70, 90 oraz 105 decybeli, z oznaczonymi falami po ich identyfikacji (fale I, II, III, IV, V)

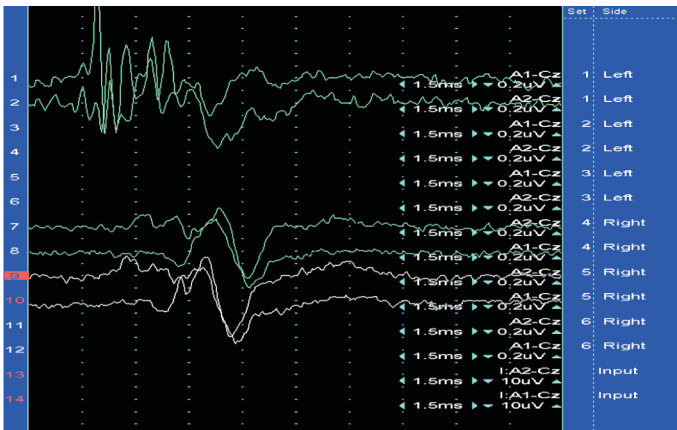
pie koni zdrowych określono próg słuchowy na poziomie 30 dB u 6 koni oraz 40 dB u 3 koni. Nie stwierdzono żadnych istotnych statystycznie różnic pomiędzy płcią. Grupa kontrolna stanowiła odniesienie dla oceny zapisów BAER grupy koni z chorobą neurologiczną.

W grupie koni z zaburzeniami neurologicznymi ( $n = 7$ ) 4 konie stanowiły konie rasy śląskiej, 1 koń rasy wielkopolskiej i 1 hucul, wiek 3-17 lat (mediana 7), 4 wałachy, 3 klacze. W tych przypadkach zdiagnozowano uszkodzenie nerwu przedsionkowo-ślimakowatego (NC VIII) w wyniku urazu głowy w trakcie treningu u 3 koni, zakażenie worków powietrznych prowadzące do uszkodzenia nerwu VIII u 2 koni, a w 2 przypadkach głuchotę nabytą, starczą. W grupie koni z urazem głowy oraz zapaleniem worków powietrznych badanie BAER wykazało silne obniżenie amplitudy oraz latencji potencjałów wywołanych pnia mózgu po stronie uszkodzenia (ryc. 4), co zinterpretowano jako uszkodzenie przewodzenia wynikające z osłabienia lub braku funkcji nerwu przedsionkowo-ślimakowatego (NC VIII). U wszystkich koni tych dwóch podgrup w badaniu neurologicznym stwierdzono przechylenie głowy na stronę, nieznaczny oczopląs

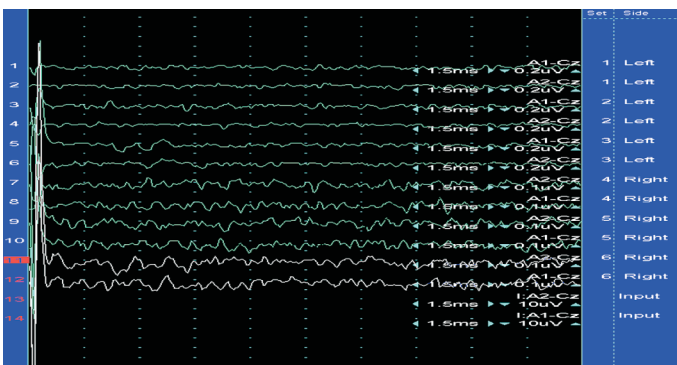
Tab. 1. Latencje fal słuchowych potencjałów wzbudzonych pnia mózgu uzyskane w pobudzeniu 105 dB u koni zdrowych

Przypadek numer	I L	II L	III L	IV L	V L	I P	II P	III P	IV P	V P
1	2,08	3,08	4,26	4,70	5,50	2,02	3,04	4,16	4,52	5,56
2	2,07	3,03	4,50	5,10	5,94	2,07	3,15	4,62	4,92	6,09
3	2,28	3,18	4,47	4,86	5,70	2,13	3,03	4,26	4,86	5,82
5	2,10	3,09	3,57	4,38	5,16	2,10	3,12	3,57	4,38	5,16
8	2,22	3,24	4,35	4,65	5,37	2,16	3,24	4,47	4,83	5,43
10	2,04	3,03	3,45	4,53	5,16	2,04	3,03	3,48	4,47	5,25
11	2,26	2,94	3,40	4,32	5,00	2,12	2,74	3,64	4,40	5,30
13	2,10	3,21	4,38	4,89	5,27	2,07	3,18	4,35	4,83	5,22
16	2,10	3,09	3,63	4,23	4,80	2,10	3,06	3,54	4,29	5,07

Objaśnienia: I, II, III, IV, VI – numery kolejnych potencjałów, L – lewa, P – prawa, wszystkie wartości w milisekundach (ms)



Ryc. 4. Zapis BAER w przebiegu uszkodzenia nerwu przedśionkowo-ślimakowego po stronie prawej. Zaobserwowano zanik fal I-IV oraz znaczne wydłużenie latencji fali V



Ryc. 5. Zapis BAER w przebiegu głuchoty obustronnej. Zaobserwowano obustronny brak fal I-VI

poziomy z szybką komponentą na stronę przeciwną przechyleniu głowy oraz umiarkowaną niezborność chodu, nasilającą się po zasłonięciu oczu. W dwóch przypadkach koni z podejrzaną głuchotą stwierdzono silne osłabienie lub zanik fal zapisu BAER (ryc. 5).

Funkcja układu nerwowego w medycynie weterynaryjnej oceniana jest za pomocą badania neurologicznego oraz technik elektrodiagnostycznych. Badania ośrodkowego układu nerwowego przeprowadzane są poprzez badanie elektroencefalograficzne (EEG) oraz badanie potencjałów wywołanych pnia mózgu (Brain stem auditory evoked response, BAER). Funkcja obwodowego układu nerwowego oceniana jest poprzez badanie elektromiograficzne, EMG (mięśnie), badanie ruchowych i czuciowych potencjałów nerwowych, (motor/sensoric nerve conduction velocity, MNCV/SNCV) (nerwy) lub elektrostymulacyjną próbę nużliwości (repetitive nerve stimulation, RNS) (płytką motoryczną). Badanie słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu (BAER) u koni do tej pory wykorzystywane było jako obiektywna metoda oceny słuchu oraz oceny funkcji układu równowagi i szlaków pnia mózgu. Badanie BAER może być wykonane u koni bez sedacji, w sedacji lub w pełnej narkozie (11, 15, 18). Konie są gatunkiem, który jest wrażliwy na manipulacje w okolicy uszu i w zakresie samego kanału słuchowego, co musiało być wykonane do badania oto-

skopowego oraz umiejscowienia słuchawek. Do niniejszych badań wybrano sedację w celu uniknięcia artefaktów ruchowych, jak również ułatwienia wprowadzenia słuchawek insercyjnych do kanału słuchowego zewnętrznego zwierząt. Ze względu na charakter badania BAER, w którym pojawiające się potencjały są głównie reakcją szlaku słuchowego na bodziec dźwiękowy o określonym natężeniu, zastosowane środki znieczulające nie mają bezpośredniego wpływu na jakość zapisu.

U wszystkich zwierząt z grupy kontrolnej zidentyfikowano fale I-VII. Fakt braku obecności fal VI oraz VII w grupie kontrolnej koni zdrowych w badaniach BAER został opisany i nie związany jest z żadną patologią OUN (4, 10, 14). Przyczynami braku fal VI oraz VII są prawdopodobnie: za mały sygnał generujący w zakresie jąder struktur ciała kolankowatego przyśrodkowego wzgórza oraz promienistości słuchowej kresomózgowia u tego gatunku, zbyt mała czułość urządzenia rejestrującego oraz większa niż u człowieka grubość sklepienia czaszki (2, 6, 10). Jednocześnie struktury ciała kolankowatego przyśrodkowego wzgórza oraz promienistości słuchowej kresomózgowia stanowiące źródło, odpowiednio, fal VI oraz VII nie są możliwe u tego gatunku do oceny przy zastosowaniu opisywanej techniki.

Uzyskane wartości referencyjne z grupy kontrolnej odpowiadają wartościom już opisywanym w literaturze w odniesieniu do koni wielkości rasy śląskiej (8, 9, 17). Wartości latencji fal zapisu BAER są zależne od odległości pomiędzy poszczególnymi elektrodami, dlatego wybór wartości referencyjnych powinien uwzględniać wielkość głowy koni badanych (13-15). Opisywany próg słuchowy stwierdzany u koni grupy kontrolnej odpowiada doniesieniom literaturowym (7-9, 10). W badanej grupie nie stwierdzono różnic latencji fal słuchowych pomiędzy płcią, co zgadza się z dotychczasowymi doniesieniami literaturowymi u tego gatunku. Badanie BAER u ludzi może wykazać różnice pomiędzy płcią lub w różnych okresach aktywności hormonalnej u kobiet (2). Wielkość grupy kontrolnej niniejszej pracy nie pozwala na jednoznaczne wykluczenie lub potwierdzenie tego zjawiska, co może być celem dalszych prac w zakresie techniki BAER u koni, nie było jednak celem niniejszego opracowania.

W zapisie BAER fale potencjałów odpowiadają konkretnym źródłom, ośrodkom pnia mózgu, dlatego brak poszczególnych fal może być relatywnie łatwo interpretowany i służy dokładnej lokalizacji zmian w zakresie struktur pnia mózgu i wzgórza. U badanych koni po potwierdzonym urazie głowy oraz w przebiegu zakażenia worków powietrznych stwierdzono silne osłabienie lub brak fali I oraz II (ryc. 5, strona prawa), co zinterpretowano jako uszkodzenie funkcji nerwu przedśionkowo-ślimakowego oraz jądra tego nerwu. W trzech przypadkach urazu głowy dokładne badanie kliniczne potwierdziło obecność krwiaka lub

obrzęku w okolicy ucha po stronie zaniku fal I oraz II zapisu BAER. We wszystkich przypadkach badanie radiologiczne nie wykazało zmian w zakresie kośćca głowy. W dwóch przypadkach zapalenia worków powietrznych badanie neurologiczne potwierdziło obecność choroby przedsionkowej, natomiast badanie endoskopowe potwierdziło obecność infekcji worków powietrznych po stronie przekrzywienia głowy i utraty fal I oraz II badania BAER. Uszkodzenie nerwu przedsionkowo-ślimakowatego wynikać może z zakażenia worków powietrznych, co związane jest z bezpośrednią bliskością przebiegu nerwu. W przypadkach tych badanie BAER stanowiło ważną wskazówkę lokalizacyjną dotyczącą uszkodzenia układu nerwowego.

Wykorzystanie techniki BAER do diagnozowania uszkodzeń układu nerwowego opisywano również w przebiegu zakażeń ucha środkowego oraz wewnętrznego (18), jak też w celu oceny rozległości uszkodzeń po urazie głowy (11), w przebiegu zaburzeń nerwów czaszkowych obserwowanych w przebiegu osteoartropatii skroniowo-gnykowej (1), ototoksyczności (16, 20, 22), zakażeń ośrodkowego układu nerwowego (19) oraz innych zmian funkcjonalnych układu nerwowego (21).

BAER jest nieinwazyjną, obecnie powszechnie stosowaną metodą badania słuchu u źrebiąt oraz koni dorosłych u ras predysponowanych do głuchoty wrodzonej, jak też do diagnozowania głuchoty starczej. W grupie badanej przeprowadzono ocenę słuchu u dwóch koni rasy śląskiej (15 lat) oraz hucuła (17 lat) w związku z objawami nieznacznego ośłupienia oraz strachliwości. Badanie BAER wykazało zanik wszystkich fal I-V, w pobudzeniu 70, 90 oraz 105 dB, co zinterpretowano jako głuchotę o charakterze nabytym. Głuchota u koni może być podejrzewana w przypadku braku prawidłowej reakcji u zwierzęcia na bodźce słuchowe. Głuchotę u zwierząt należy różnicować na wrodzoną, w związku z zaburzeniem rozwoju narządu Cortiego, oraz nabytą w przebiegu zakażeń ucha wewnętrznego, w związku z ototoksycznością leków, urazową oraz związaną z wiekiem (presbycusis). W badanych przypadkach w związku z brakiem innych czynników mogących wywołać zaburzenia słuchu, wiekiem oraz charakterem rozwoju objawów postawiono rozpoznanie głuchoty starczej.

### Wnioski

Prawidłowy zapis wczesnolatencyjnych słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu BAER u koni obejmuje najczęściej wykres fal I-V. Technika BAER może być wykorzystana do diagnostyki funkcjonalnej zaburzeń części OUN, w szczególności pnia mózgu, śródmózgowia oraz wzgórza, co stanowi ważną dodatkową możliwość diagnostyczną. Technika ta pozwala na przeprowadzenie badania tylko w sedacji, co ma ogromne znaczenie, gdy znieczulenie ogólne chorego neurologicznie zwierzęcia często może się wiązać z następnym zaleganiem. Kolejną zaletą tech-

niki diagnostycznej BAER u koni jest możliwość przeprowadzenia badania w warunkach terenowych, unikając trudności z przewożeniem do wyspecjalizowanych klinik weterynaryjnych. Dużym atutem techniki BAER jest relatywnie proste wykonanie oraz interpretacja otrzymanego wyniku zapisu potencjałów pnia mózgu.

### Piśmiennictwo

1. Aleman M., Puchalski S. M., Williams D. C., Kass P. H., Holliday T. A.: Brainstem auditory evoked responses in horses with temporohyoid osteoarthropathy. *J. Vet. Intern. Med.* 2008, 22, 1196-1202.
2. Al-mana D., Ceranic B., Djahanbakhch O., Luxon L. M.: Hormones and the auditory system: a review of physiology and pathophysiology. *Neuroscience* 2008, 153, 881-900.
3. Bradley A. P., Wilson W. J.: Automated analysis of the auditory brainstem response using derivative estimation wavelets. *Audiol Neurootol* 2005, 10, 6-21.
4. Chiappa K. H.: *Brain Stem Auditory Evoked Potentials: Interpretation.* New York: Raven Pr, 1989.
5. Delauche A. J.: Brain-stem evoked responses as a diagnostic tool for deafness; a neurophysiological test with potential? *Br. Vet. J.* 1996, 152, 13-15.
6. Hall J. W.: *New handbook of auditory evoked responses.* Pearson, Boston 2007.
7. Harland M. M., Stewart A. J., Marshall A. E., Belknap E. B.: Diagnosis of deafness in a horse by brainstem auditory evoked potential. *Can. Vet. J.* 2006, 47, 151-154.
8. Heffner R., Heffner H.: Hearing in large mammals: horses (*Equus caballus*) and cattle (*Bos taurus*). *Behav Neurosci* 1983, 97, 299-399.
9. Magdesian K. G., Williams D. C., Aleman M., LeCouteur R. A., Madigan J. E.: Evaluation of deafness in American Paint Horses by phenotype, brainstem auditory-evoked responses, and endothelin receptor B genotype. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2009, 235, 1204-1211.
10. Marshall A. E.: Brain stem auditory-evoked response in the nonanesthetized horse and pony. *Am. J. Vet. Res.* 1985, 46, 1445-1450.
11. Marshall A. E., Byars T. D., Whitlock R. H., George L. W.: Brainstem auditory evoked response in the diagnosis of inner ear injury in the horse. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 1981, 178, 282-286.
12. Mayhew I. G.: The clinical utility of brainstem auditory evoked response testing in horses. *Equine Vet. Educ.* 2003, 15, 31-33.
13. Mayhew I. G., Washbourne J. R.: A method of assessing auditory and brainstem function in horses. *Br. Vet. J.* 1990, 146, 509-518.
14. Mayhew I. G., Washbourne J. R.: Brainstem auditory evoked potentials in horses and ponies. *Vet. J.* 1997, 153, 107-113.
15. Mayhew I. G., Washbourne J. R.: Short latency auditory evoked potentials recorded from non-anesthetized thoroughbred horses. *Br. Vet. J.* 1992, 148, 315-327.
16. Nostrandt A. C., Pedersoli W. M., Marshall A. E., Ravis W. R., Robertson B. T.: Ototoxic potential of gentamicin in ponies. *Am. J. Vet. Res.* 1991, 52, 494-498.
17. Odberg F. O.: A study of the hearing ability of horses. *Equine Vet. J.* 1978, 10, 82-84.
18. Rolf S. L., Reed S. M., Melnick W., Andrews F. M.: Auditory brain stem response testing in anesthetized horses. *Am. J. Vet. Res.* 1987, 48, 910-914.
19. Sponenberg D. P.: Equine color genetics. Iowa: Iowa State Univ Pr, 2003. Cullington HE. Light eye colour linked to deafness after meningitis. *BMJ* 2001, 322, 587.
20. Steiss J. E., Bredemuehl J. P., Wright J. C., Storrs D. P.: Nerve conduction velocities and brain stem auditory evoked responses in normal neonatal foals, compared to foals exposed to endophyte-infected fescue in utero. *Prog. Vet. Neurol.* 1991, 2, 252-260.
21. Vitte E., Tankere F., Bernat I., Zouaoui A., Lamas G., Soudant J.: Midbrain deafness with normal brainstem auditory evoked potentials. *Neurology* 2002, 58, 970-973.
22. Wecker H., Laubert A.: Reversible reduction in hearing with acute salicylate intoxication, *HNO* 2004, 52, 347-351.

Adres autora: dr Marcin Wrzosek, pl. Grunwaldzki 47, 50-366 Wrocław;  
e-mail: marcin.wrzosek@up.wroc.pl