

POUŽITIE METÓDY REGISTRÁCIE A ANALÝZY ZVUKU KAŠĽA PRE ŠTÚDIUM ZVUKOVÝCH FENOMÉNOV SPOJENÝCH S DÝCHANÍM

VRABEC M., KOPÁŠ J., ¹DEBRECZENI L.A.

APPLICATION OF COUGH SOUND ANALYSING METHOD ON STUDY OF SOUNDS PHENOMENA RELATED TO RESPIRATORY ORGANS

The objective registration of the human body functions is one of the main tasks of the modern and prospective medicine. The registration of the heart, brain, muscles etc. activity have a long tradition. The registration of sound processes, for instance coughing was not solved completely despite their diagnostic importance. The authors worked out a new non invasive and precise method for cough sound registration and analysis which allows evaluation of the sound pattern, intensity and time duration.

Application of this method for registration and analysis of the cry of new-borns gave rise to doubts about its suitability for an assessment of other sounds related to respiratory organs, except that of a cough.

We registered and analysed the sound samples from Hirschberg's and Szende's (1982) sound archive for the purpose of the evaluation of the acceptability of the described method. The sound phenomena (109 samples of coughing, crying, barking and breathing) we transcribed from a record on a tape. The recorded signal was converted by A/D converter and analysed by computer by means of our own application programme. The sound and its pattern was transformed into a graphical record.

This examination was completed by a sound frequency analysis based on the fast Fourier transformation with help of a computer likewise with our own application programme.

It was found out that the used method reflected well the quantitative and qualitative differences of the evaluated sound samples. The graphical records reliably expressed the acoustic sound timbre as it shows the records of dog's and sealion's barking, cough, cry and cackling stridor of new-borns. The histographic curves which expressed the sound pattern showed a principally similar course. The intensity of sound examples was different. The sound samples duration were very often longer as the measurable time extent of software (0–819,2 ms) and therefore its evaluation was omitted. The repeated evaluation of the same sound phenomenon gave equal values.

Jednou z hlavných úloh modernej medicíny je registrácia životných dejov. Kým registrácia aktivity srdca, mozgu, svalov a podobne má už tradíciu, registrácia iných dejov, napríklad kašľa, nie je doriešená napriek ich dôležitosti z hľadiska diagnostiky a sledovania choroby. Autori vypracovali novú neinvazívnu a objektívnu metódu registrácie a analýzy zvuku kašľa, ktorá umožňuje hodnotiť charakter, intenzitu a trvanie zvuku.

Pri použití uvedenej metódy na registráciu a analýzu zvuku plaču novorodencov vznikli pochybnosti o jej vhodnosti na hodnotenie iných zvukových fenoménov ako kašľa. Za účelom posúdenia použiteľnosti opísanej metódy sa registrovali a analyzovali zvukové záznamy z fonotéky Hirschberga a Szendeho (1982), ktoré sú vo vzťahu s dýchaním.

Zvukové fenomény (109 vzoriek kašľa, plaču, brechotu a dýchania) sa prehrali z gramofónového záznamu na magnetofónovú pásku. Záznam sa transformoval A/D prevodníkom a analyzoval počítačom pomocou vlastného programu. Zvuky a ich charakter sa zapísali graficky. Toto vyšetrenie doplnila frekvenčná analýza zvukových fenoménov pomocou rýchlej Fourierovej transformácie tiež vlastným programom.

Zistilo sa, že metóda dobre odráža kvantitatívne a kvalitatívne odlišnosti hodnotených vzoriek. Grafické záznamy vhodne vyjadrovali akustickú podobu zvuku, ako to ukazuje záznam brechotu psa, levúňa, kašľa, plaču a stridorózneho kotkodákového dýchania. Histografické krivky vyjadrujúce charakter zvuku mali v podstate rovnaký priebeh. Intenzita zvukov bola rozdielna. Trvanie záznamu často presahovalo merateľný rozsah 0–819,2 ms, a preto sa nehodnotilo. Opakovaným hodnotením tých istých zvukových fenoménov sa získali rovnaké hodnoty. Spektrografická analýza potvrdila odlišnosť zvukového sfarbenia vzoriek. Hodnotenú vzorku kašľa a plaču sa podstatne nelíšili od hodnôt zapísaných v našich predošlých štúdiách.

Záverom možno konštatovať, že overovacie vyšetrenia potvrdili použiteľnosť opísanej metódy na registráciu a analýzu rôznych zvukových fenoménov vytváraných pomocou dýchacieho ústrojenstva. (*Obr.3, lit. 14.*)

Kľúčové slová: analýza zvuku, kašeľ, plač, dýchacie fenomény.

Ústav patologickej fyziológie Jeseniovej lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Martine a ¹Oddelenie klinickej patológie Nemocnice Sv. Imricha v Budapešti (Maďarsko)

Institute of Pathophysiology, Jessenius Medical School, Comenius University, Martin, and ¹Department of Clinical Pathology, St. Emeric Hospital, Budapest (Hungary)

Address for correspondence: M. Vrabc, Ing., Ústav patologickej fyziológie JLF UK, Sklabinská 26, O37 53 Martin, Slovakia.

Phone: +421.842.38 213, Fax: +421.842.34807, Internet: sd@doktor.jfmed.uniba.sk

The spectrographic analysis confirmed the differences in sound samples. The values of the evaluated cough and cry sounds do not differ principally from the values registered in the previous author's observations.

The results proved that the described method of cough sound registration and analysis was suitable for evaluation of different sound phenomena related to respiratory organs. (Fig. 3, Ref. 14.)

Key words: sound analysing, cough, crying, respiratory phenomena.

Bratisl Lek Listy 1997; 98: 141–145

V našich predchádzajúcich prácach sme opísali jednoduchú a neinvazívnu metódu registrácie zvuku kašľa (Vrabec a Korpáš, 1990; Korpáš a spol., 1992; Vrabec a spol., 1993). Vzhľadom na získané dobré skúsenosti sme sa rozhodli túto metódu použiť aj na registráciu zvuku plaču novorodencov. Naše výsledky ukázali, že sila a charakter zvuku plaču novorodencov sa v prvých štyroch dňoch života nemenia (Korpáš a spol., 1995), čo je v rozpore s empirickými skúsenosťami. O správnosti našich poznatkov sme zapochybovali, pretože sme nemohli vylúčiť nevhodnosť nami opísanej metódy na registráciu zvukových fenoménov iných ako kašľa. Pre vyriešenie tohoto problému sme sa rozhodli našou metódou zapísať a analyzovať aj iné zvukové fenomény, ktoré sú vo vzťahu s dýchaním.

Metódy

Na analýzu sme použili zvukové fenomény, ktoré na gramofónovú platňu nahráli Hirschberg a Szende (1982) a tvoria prílohu ich monografie. Túto zbierku tvorí 7 záznamov zvuku kašľa, 22 zvuku plaču, 76 dýchania sprevádzaného zvukom a 2 brechotu. Z našej analýzy tejto zbierky dokumentujeme plač zdravého dieťaťa, pisklavý plač s dysfóniou centrálného pôvodu, kašeľ pri akútnej tracheitíde, kotkodákové stridorózne dýchanie, brechot psa a levúňa. Kritériom tohto výberu boli kvantitatívne a kvalitatívne zmeny záznamov.

Zvukové fenomény z gramofónového záznamu sme prehráli na magnetofónovú pásku prístrojom NEC W 2015. Záznam sme transformovali A/D prevodníkom a získané dáta sme analyzovali počítačom PC AT pomocou vlastného programu (Vrabec a spol., 1993).

Trvanie zvuku sme určovali dĺžkou záznamu od prekročenia nastavenej prahovej hodnoty vzoriek po vizuálne určený pokles pod túto úroveň. Pri vzorkovacej frekvencii 10 kHz bola doba trvania zvuku v μ s daná stonásobkom počtu vzoriek zvuku.

Intenzitu komplexného zvuku sme stanovili súčtom kvantitatívnych hodnôt všetkých vzoriek.

Charakter zvukového záznamu je daný tvarom histografickej krivky vytvorenej počítačom. Postup spočíva v usporiadaní rôznych veľkostí vzoriek amplitúd podľa početnosti ich výskytu v komplexnom zázname zvuku. Spojenie vrcholov stĺpcov histogramu vytvára krivku charakteristickú pre daný zvukový fenomén, ako sme to opísali predtým (Vrabec a Korpáš, 1990; Vrabec a spol., 1993).

Okrem uvedených ukazovateľov zvuku sme pre určenie jeho sfarbenia robili počítačom frekvenčnú analýzu zvukových fenoménov pomocou rýchlej Fourierovej transformácie (FFT). Vzorkovacia frekvencia bola 10 kHz. Dĺžka analyzovaného signálu bola

819,2 ms v časových intervaloch po 102,4 ms. Program hodnotenia sa nám osvedčil pri analýze zvuku kašľa (Debreczeni a spol., 1990).

Sekvencia zvukových fenoménov pozostávala z 3–8 záznamov, z ktorých sme hodnotili prvý kompletný záznam. Jednotlivé záznamy zvukových fenoménov sa však podstatne nelíšili.

Štatistické hodnotenie sme nerobili, pretože dokumentujeme vzájomné porovnanie jednotlivých vzoriek zvuku, ako dôkaz citlivosti metódy.

Výsledky

Zistili sme, že naša metóda registrácie a analýzy zvukov rôzneho pôvodu dobre odrážala ich kvantitatívne a kvalitatívne odlišnosti. Výsledky opakovaných vyšetrení sa nelíšili. Grafickú podobu akustických tlakových zmien brechotu psa a levúňa, kašľa, plaču, pisklavého plaču a kotkodákového stridorózneho dýchania ukazuje obrázok 1. Záznamy dobre vyjadrujú podobu akusticky vnímaného zvuku. Hodnoty intenzity zvuku týchto vzoriek sú uvedené pod záznamami.

Charakter zvuku vyjadrujú histografické krivky (obr. 2), ktoré majú v podstate rovnaký priebeh. Výraznejší rozdiel je iba v úseku nízkych výkyvov amplitúdy, ktorý sa v strednom úseku znižuje a v oblasti najvyšších výkyvov zaniká.

Trvanie zvukových fenoménov sme nehodnotili, pretože značná časť analyzovaných zvukov prekračovala časový rozsah 0–819,2 ms daný softwarom.

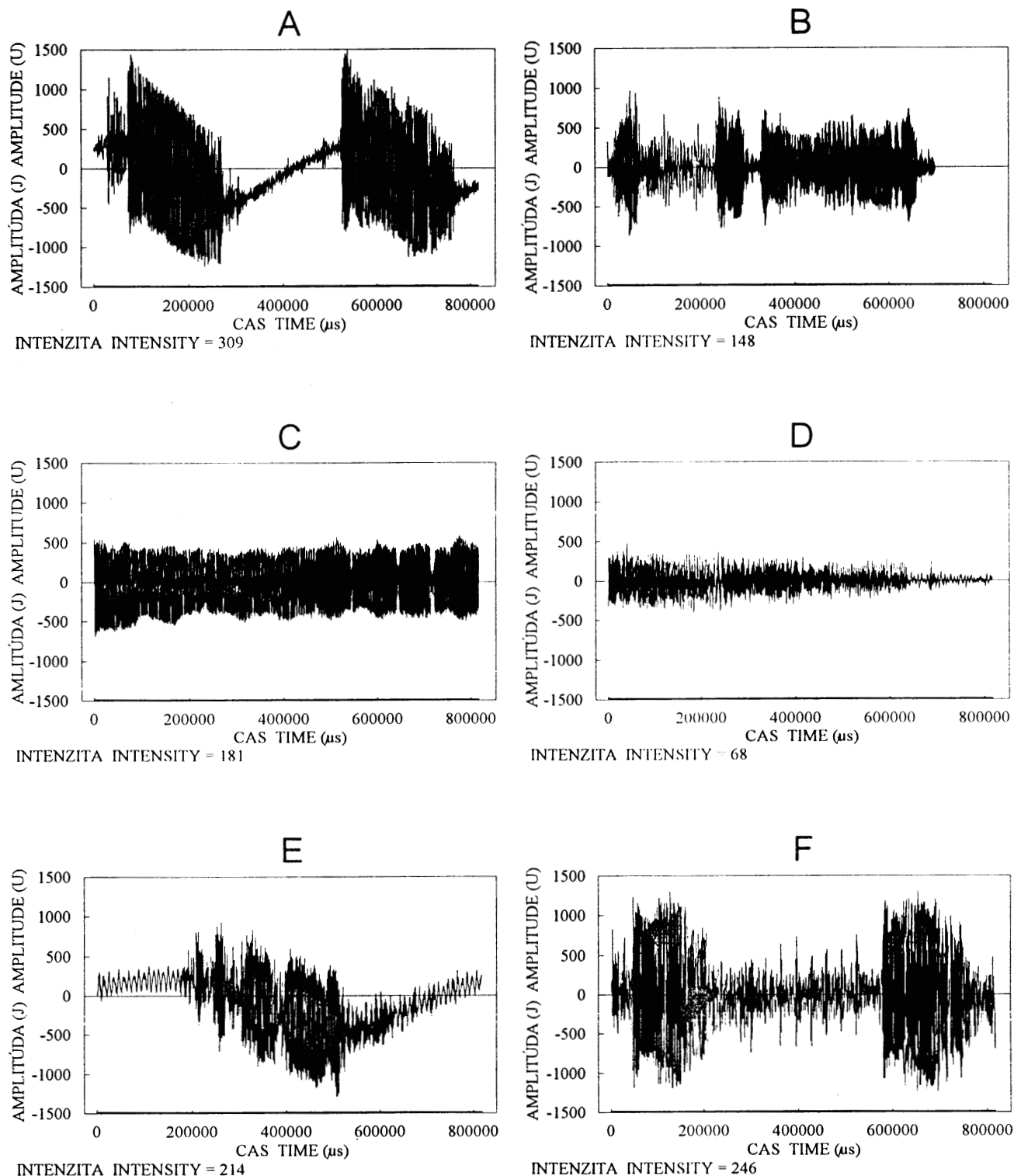
Spektrografická analýza potvrdila odlišnosť zvukového sfarbenia vzoriek. Spektrogram plaču a kotkodákového stridorózneho dýchania dočítajú na obrázku 3. Typické pre plač sú frekvencie v rozsahu 400–500 Hz. Frekvencie nad 625 Hz sú málo výrazné. Pri stridoróznom dýchaní je kmitočtové spektrum omnoho širšie. Má rozsah 400–1300 Hz.

Diskusia

Naša štúdia porovnávaní zvukov rôzneho pôvodu ukázala, že jednoduchá, neinvazívna a v čase rozšírenia výpočtovej techniky bezproblémová metóda (Vrabec a spol., 1993) je vhodná pre analýzu nielen zvuku kašľa, ale aj iných zvukových fenoménov. Okrem toho vyvrátila pochybnosť o správnosti našich poznatkov o sile a charakteru plaču novorodencov.

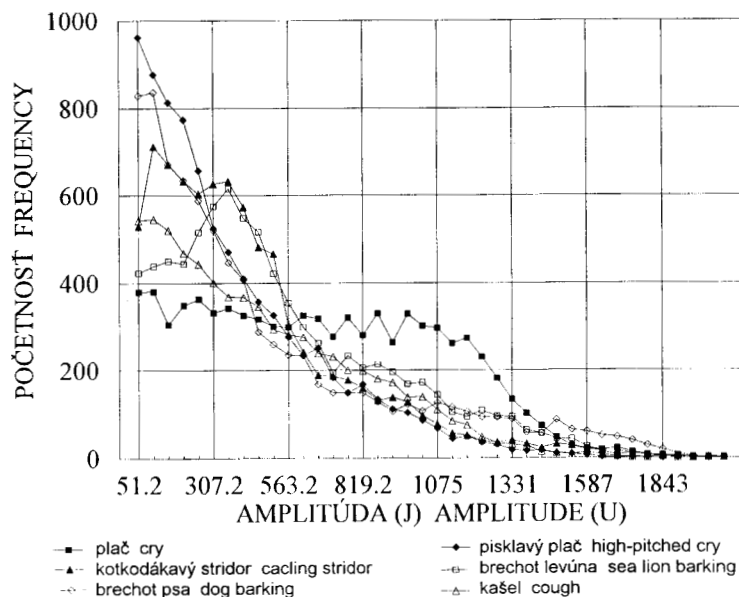
Zvukové fenomény, ktoré nahráli Hirschberg a Szende (1982), boli vhodným zdrojom pre našu analýzu. Osvedčili sa už predtým pri overovaní zmien zvuku kašľa v patologických podmienkach (Korpáš a Kelemen, 1987).

Bežné publikačné podmienky nedovoľujú prezentáciu všetkých 109 študovaných záznamov. Z uvedeného dôvodu sme na ukážku vybrali iba 6 záznamov zaujímavých z hľadiska výskytu kvantitatívnych a kvalitatívnych zmien. Grafický záznam brechotu psa a levúňa ukazuje nápadnú podobnosť. Podobne plač a pisklavý plač. Dokumentovaný kašeľ šesťmesačného dieťaťa s akútnou tracheitídou je veľmi typický pre túto diagnózu, ako sme to zistili už predtým (Korpáš a spol., 1992; Sadloňová a spol., 1992). Medzi kašľovým dvojzvukom je nápadný šum, ktorý sa ešte viac zvýrazní pri druhom kašľovom náraze a splyva s prvým a druhým zvukom. Nález sa pripisuje prítomnosti a posunu hlienu pri kašli (Korpáš a spol., 1993; Sadloňová a spol., 1992).



Obr. 1. Grafické znázornenie komplexných zvukových záznamov brechtu levňňa (A), kašľa (B), plaču (C), písklavého plaču (D), stridorózneho dýchania (E) a brechtu psa (F) s uvedením intenzity zvuku.

Fig. 1. Sound records of sealion's barking (A), coughing (B), crying (C), whistling cry (D), cackling stridor (E), and dog's barking (F) with marked intensity.



Obr. 2. Histogrammatické krivky znázorňujúce charakter zvukových vzoriek (popis ako na obr. 1).
Fig. 2. Histogrammatic curves represent the pattern of sound samples named in fig. 1.

Priebeh histogramatických kriviek demonštrovaných vzoriek je pomerne uniformný, čo v podstate možno vysvetliť rovnakým mechanizmom tvorby zvuku (Hirschberg a Szende, 1982) v normálnych podmienkach zvukotvorných orgánov. Podobný nález je aj pri ostatných nedemonštrovaných vzorkách. Touto skutočnosťou si vysvetľujeme rovnaký priebeh histogramov pri kašli vyvolanom voluntárne i vdychovaním 10 % kyseliny citrónovej (Korpáš a spol., 1994). Predpokladáme, že v patologických podmienkach by bol priebeh histogramov zmenený, ako sme to zistili pri kašli (Vrabec a Korpáš, 1990).

Objektívne zistenie intenzity komplexného zvukového záznamu ako jedného zo základných charakteristík zvuku je nespornou výhodou metódy. Hodnotenie intenzity zvuku sa v literatúre obyčajne neudáva alebo ide o subjektívny odhad.

Frekvenčná analýza na základe FFT je v literatúre bežne zaužívaná, hoci s menšími obmenami (Dawson a Thorpe, 1990; Malmberg a spol., 1995; Cowin a spol., 1995; Gavriely a spol., 1995). Výsledky, ktoré sme získali, vhodne doplnili naše štúdium a sú v súlade s poznatkami literatúry (Hirschberg a Szende, 1982).

Registrované hodnoty kašľa a plaču sa nachádzali v rámci rozptylu priemerných hodnôt registrovaných v našich predchádzajúcich prácach.

Literatúra

Corwin M.J., Lester B.M., Sepkoski C., Peucker M., Kayne H., Golub H.L.: Newborn acoustic cry characteristics of infants subsequently dying of sudden infant death syndrome. *Pediatrics*, 96, 1995, č. 1, s. 73–77.

Dawson S.M., Thorpe C.W.: A quantitative analysis of the sound of Hector's dolphin. *Ethology*, 86, 1990, s. 131–136.

Debreczeni L.A., Korpáš J., Salát D., Sadloňová-Korpášová J., Vértes K., Masárová E., Kavcová E.: Spectra of the voluntary first cough sounds. *Acta Physiol. Hungarica*, 75, 1990, č. 2, s. 117–131.

Gavriely N., Nissan M., Rubin A.E., Cugell D.W.: Spectral characteristics of chest wall breath sounds in normal subjects. *Thorax*, 50, 1995, s. 1292–1300.

Hirschberg J., Szende T.: Pathological cry, stridor and cough in infants. Budapest, Akad. Kiadó 1982, 156 s.

Korpáš J., Kelemen S.: Tussiphonographic analysis of cough sound recordings performed by Schmidt-Voigt and Hirschberg and Szende. *Acta Physiol. Hungarica*, 70, 1987, č. 2–3, s. 167–170.

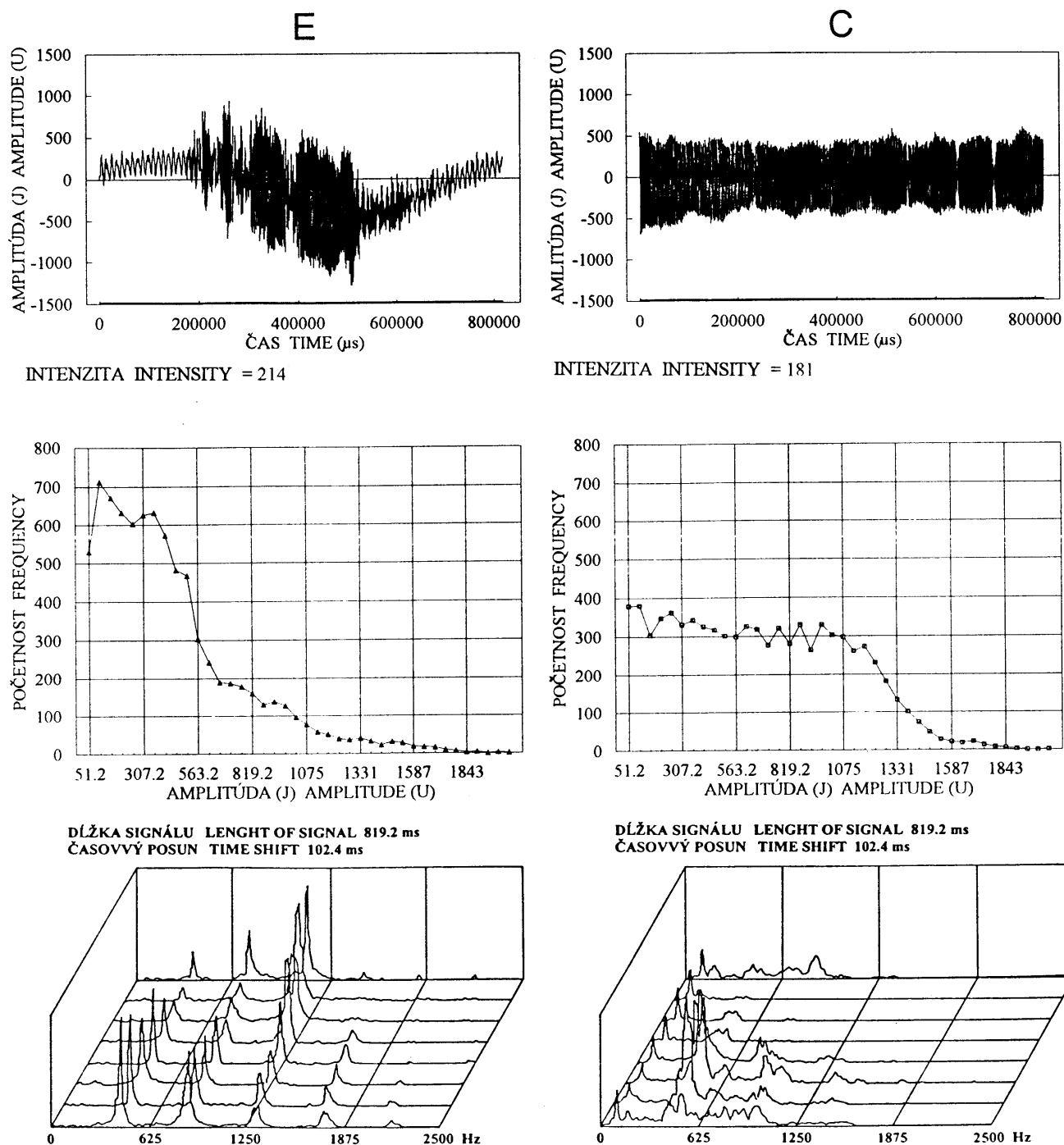
Korpáš J., Sadloňová J., Salát D., Debreczeni L.A.: Tussiphonography: A new tool for the diagnosis of airways inflammation. S. 252–257. In: Salát D. a spol. (Eds.): Proc. Ist High Tatras International Health Symposium. New York—Bratislava—Tatranská Polianka, Sympos International 1992.

Korpáš J., Vrabec M., Sadloňová J.: Comparison of voluntary and chemically induced cough sounds. S. 147–151. In: Salát D. a spol. (Eds.): Proc. IIIrd High Tatras International Health Symposium. Tatranská Polianka, Sympos International 1994.

Korpáš J., Vrabec M., Hlaučová E.: Zmeny zvuku plaču detí v prvých dňoch života. S. 48–49. In: Zborník Pediatrickej konferencie, 22.–24. november 1995 v Martine.

Malmberg L.P., Pesu L., Sovijärvi A.R.A.: Significant differences in flow standardised breath sound spectra in patients with chronic obstructive pulmonary disease, stable asthma and healthy lungs. *Thorax*, 50, 1995, č. 12, s. 1285–1291.

Sadloňová J., Korpáš J., Salát D., Vrabec M.: Possibilities to observe pathological conditions of the airways on the basis of tussiphonography. S. 258–264. In: Salát D. a spol. (Eds.): Proc Ist High Tatras International



Obr. 3. Porovnanie grafického záznamu komplexného zvuku, jeho histogramickej krivky a spektrogramu zvukovej vzorky stridorózneho kotkodávkavého dýchania (E) a plaču (C).

Fig. 3. Comparison of sound records, histogrammic curves and spectrograms of cackling stridor (E) and cry (C).

Symposium. New York—Bratislava—Tatranská Polianka, Sympos International 1992.

Vrabec M., Novotná A., Korpáš J.: Computer analysis of cough sound pattern. S. 82—88. In: Salát D. a spol. (Eds.): Proc. IInd High Tatras Inter-

national Health Symposium. New York—Bratislava, Sympos International 1993.

Vrabec M., Korpáš J.: Objektívizácia charakteru kašľa. Bratisl. lek. Listy, 91, 1990, č. 8, s. 634—636.

Do redakcie došlo 28.3.1996.