

ADAM ZEDLER ¹, JÓZEF ZIENKIEWICZ ², MACIEJ DIJAKIEWICZ ¹,
VIOLETTA SZYCIK ¹, WOJCIECH KIEWLICZ ¹

ZJAWISKA AKUSTYCZNE STAWÓW SKRONIOWO-ŻUCHWOWYCH U DZIECI WYSTĘPUJĄCE W RÓŻNYCH WADACH ROZWOJOWYCH

THE TEMPOROMANDIBULAR JOINTS ACCOUSTIC SIGNAL OF CHILDREN WITH THE DEVELOPMENTAL DEFECT

¹ Samodzielna Pracownia Chirurgii Stomatologicznej AM w Gdańsku
kierownik: dr Maciej Dijakiewicz

² Klinika Chirurgii Szcękowo-Twarzowej i Stomatologicznej AM w Gdańsku
kierownik: dr hab. Józef Zienkiewicz, prof. nzw.

Celem pracy była ocena zjawisk akustycznych emitowanych przez stawy skroniowo-żuchwowe u dzieci z wadami zgryzu dotycząca ustalenia, czy stawy skroniowo-żuchwowe przy wadach zgryzu, mimo braku objawów klinicznych, emitują sygnały akustyczne w przebiegu ruchu żuchwy oraz miejsca i częstości pojawiania się dźwięków emitowanych przez stawy skroniowo-żuchwowe w zależności od fazy ruchu żuchwy. Wśród 60 dzieci, u których nastąpiła rejestracja sygnałów, stwierdzono, iż w zakresie niskich częstotliwości wystąpiły one we wszystkich fazach ruchu żuchwy. Na podstawie rozkładu ilościowego stwierdzono, iż w progenii, zgryzie głębokim, tyłozgryzie i przodozgryzie ilość sygnałów w przedziale niskich była rejestrowana we wszystkich fazach ruchu żuchwy i znacznie odbiegała od częstości występowania trzasków w innych wadach. Również w przedziale wysokich częstotliwości dominowały te wady, ale trzaski nie wystąpiły we wszystkich fazach.

Staw skroniowo-żuchwowy (ssz) jest strukturą anatomiczną i funkcjonalną, która podlega ciągłym przeciążeniom na skutek codziennych czynności, takich jak: żucie, połykanie, mówienie, oddychanie oraz w czasie reakcji emocjonalnych. Zaburzenia w obrębie stawu skroniowo-żuchwowego stanowią znaczny odsetek chorób występujących w obrębie części twarzowej czaszki. Ich diagnostyka, klasyfikacja, jak i samo leczenie, mimo znacznego postępu w medycynie, nastrecza wiele problemów. Jednym z objawów chorób stawów skroniowo-żuchwowych mogą być zjawiska akustyczne emitowane przez te stawy w postaci trzasków, szumów, stuków, tarć i trzeszczeń, występujące zarówno u osób dorosłych, jak i u dzieci [2, 11, 12, 13]. Objawy te mogą świadczyć o toczącym się stanie chorobowym [4, 5, 7, 8].

Zastosowanie technik komputerowych w badaniach medycznych stworzyło możliwość cyfrowej obróbki danych i przetwarzanie ich. Pojawiły się pierwsze doniesienia o nowej metodzie rejestracji i przetwarzaniu dźwięków emitowanych przez stawy skroniowo-żuchwowe na postać widmową w wybranych oknach czasowych, w których pojawiły się zjawiska akustyczne. Autorami tych doniesień byli Heffez i Blaustein [6], którzy na podstawie własnych badań wykazali zależność między widmem rejestrowanych zjawisk akustycznych, a poszczególnymi przypadkami chorób stawów skroniowo-żuchwowych. Christiansen [3] opisuje sposoby przetwarzania analizy sygnału akustycznego stawu skroniowo-żuchwowego na analizę amplitudy sygnału, przebieg czasowy oraz częstotliwość. Jeszcze inni badacze, tak jak Badwall [1] do przedstawienia analizy dźwięków wykorzystywali matematyczną analizę fraktalną.

W 1996 r. Zienkiewicz i Lis [9, 10, 14] przedstawili nową metodę rejestracji sygnałów akustycznych emitowanych przez stawy skroniowo-żuchwowe. Dokonywano zapisu zjawisk akustycznych w formie amplitudowej oraz w postaci widma tego zjawiska na całej długości pełnego cyklu ruchu żuchwy. Badania te pozwoliły na stwierdzenie występowania zjawisk akustycznych w każdym stawie skroniowo-żuchwowym zarówno u osób zdrowych, jak i u osób z zaburzeniami w obrębie stawów, ponadto w przypadku ludzi zdrowych- występowania sygnałów podczas pełnego cyklu ruchu żuchwy, a nie jak dotąd sądzono, jedynie na początku ruchu opuszczania żuchwy.

CEL PRACY

Celem pracy była ocena zjawisk akustycznych emitowanych przez stawy skroniowo-żuchwowe u dzieci z wadami zgryzu i dotyczyła ustalenia:

1. czy stawy skroniowo-żuchwowe przy wadach zgryzu, mimo braku objawów klinicznych, emitują sygnały akustyczne w przebiegu ruchu żuchwy w zakresie ustalonych progów amplitudowych
2. miejsca i częstości pojawiania się dźwięków emitowanych przez stawy skroniowo-żuchwowe w zależności od fazy ruchu żuchwy w poszczególnych wadach.

MATERIAŁ I METODA

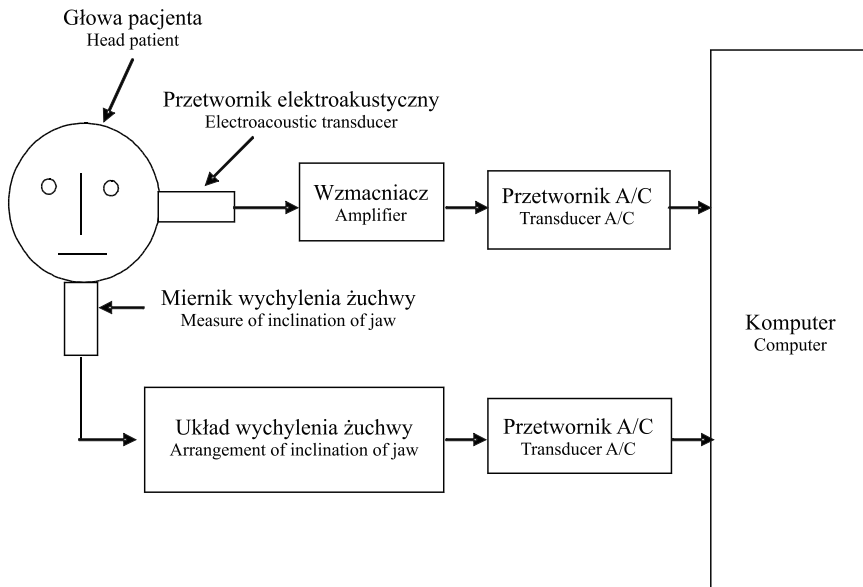
Badaniami objęto grupę 72 dzieci w wieku 12–14 lat, w tym 32 chłopców i 40 dziewcząt nie obciążonych żadnymi chorobami. Grupa badanych dzieci była przed rozpoczęciem leczenia ortodontycznego z powodu wad zgryzu. W wywiadzie żadne z kwalifikowanych dzieci nie miało incydentów akustycznych, przeprowadzono szczegółowe badanie przedmiotowe dotyczące narządu żucia. Po badaniu przystępowano do rejestracji fali akustycznej u poszczególnych pacjentów. Każde z dzieci zostało zakwalifikowane do jednej z ośmiu grup w zależności od wady zgryzu (tab. I).

Do pomiaru fali akustycznej emitowanej ze stawu skroniowo-żuchwowego w trakcie ruchu żuchwy wykorzystano aparaturę skonstruowaną w Katedrze Akustyki Politechniki Gdańskiej (ryc. 1). Fale akustyczne emitowane w czasie ruchu stawu skroniowo-żuchwowego rozchodzą się w układzie kostnym czaszki i tkankach miękkich głowy oraz pobudzają przetwornik

Tab. I

Liczba dzieci z poszczególnymi wadami
Childrens with malocclusion

Wada zgryzu Malloclusion	Chłopcy Boy	Dziewczynki Girl	Razem Total
Zwężenie obuszcżkowe Jaw stenosis	5	8	13
Progenia / Progenia	4	0	4
Przodozgryz / Anterior occlusion	4	7	11
Tyłozgryz / Posterior occlusion	4	6	10
Zgryz krzyżowy / Cross bite	5	5	10
Zgryz głęboki / Closed bite	4	4	8
Zgryz otwarty / Open bite	4	5	9
Rozszczep podniebienia Palatoschisis	2	5	7
Razem / Total	32	40	72



Ryc. 1. Schemat blokowy aparatury pomiarowej

Fig. 1. Schema of measuring apparatus

elektroakustyczny. Tym samym, na zaciskach elektrycznych tego przetwornika pojawia się wiernie odtwarzający kształt sygnałów akustycznych emitowanych przez staw.

Do pomiaru stopnia wychylenia żuchwy zastosowano przetwornik typu „wychylenie-indukcyjność”. Sygnał z czujnika wychylenia zostaje przetworzony na napięcie proporcjonalne do wychylenia żuchwy.

Sygnał emisji akustycznej stawu i sygnał proporcjonalny do rozwarcia żuchwy są próbkowane i przetwarzane na sygnały cyfrowe równoległe w dwóch przetwornikach analogowo-cyfrowych, znajdujących się na wejściu stereofonicznej karty muzycznej TURTLE BEACH. Karta ta jest zainstalowana w komputerze typu IBM PC. Oba sygnały są zapisywane w pamięci komputera w formie plików „wave”. Mogą być także w całości archiwizowane w pamięci komputera.

WYNIKI

Każdemu z przebadanych dzieci nadano kolejne numery od 300 do 371. Umieszczano miernik wychylenia żuchwy centralnie pod bródką, a przetwornik elektroakustyczny kolejno w okolicy lewego i prawego stawu skroniowo-żuchwowego. Dokonywano czterech pomiarów po dwa dla każdego ze stawów, przypisując każdemu numer, który określa rodzaj badania:

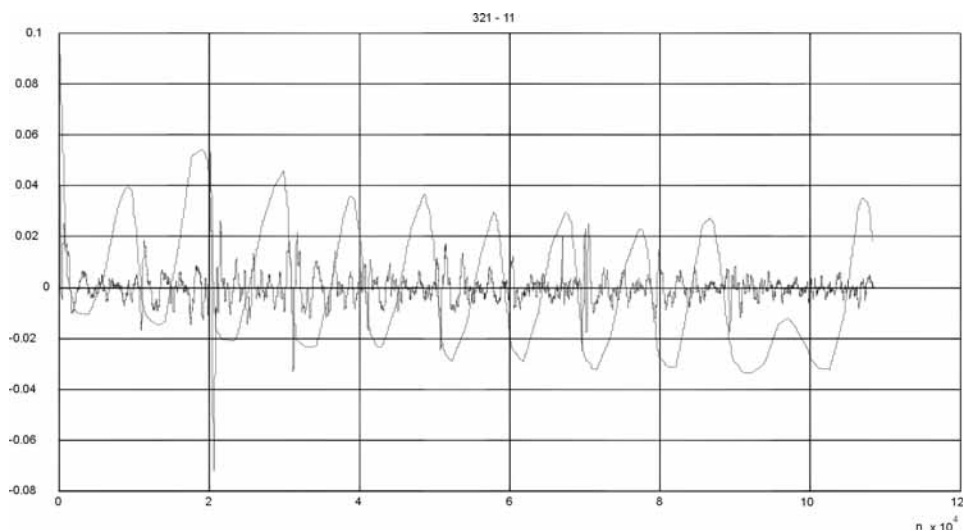
- Nr 10 – czytnik umieszczony jest w rzucie lewego stawu skroniowo-żuchwowego, a rejestracja sygnału dokonywana jest w czasie bezruchu w stawie
- Nr 11 – czytnik umieszczony jest w rzucie lewego stawu skroniowo-żuchwowego, a rejestracja sygnału dokonywana jest w czasie ruchu opuszczania i unoszenia w obrębie stawu
- Nr 12 – czytnik umieszczony jest w rzucie prawego stawu skroniowo-żuchwowego, a rejestracja sygnału dokonywana jest w czasie bezruchu w stawie
- Nr 13 – czytnik umieszczony jest w rzucie prawego stawu skroniowo-żuchwowego, a rejestracja sygnału dokonywana jest w czasie ruchu opuszczania i unoszenia żuchwy

Do celów wizualizacji wyników badań posłużono się programami pomocniczymi, działającymi w środowisku MATLAB, o nazwach: obraz, amplituda, oraz widmo.

Pierwszy program (obraz) powoduje wyświetlenie postaci graficznej zapisanego w komputerze pliku dźwiękowego skorelowanego z ruchem żuchwy (ryc. 2) i służy do wyodrębnienia jednego cyklu ruchu żuchwy (ryc. 3) z pełnego zapisu sygnału akustycznego emitowanego przez badany staw skroniowo-żuchwowy.

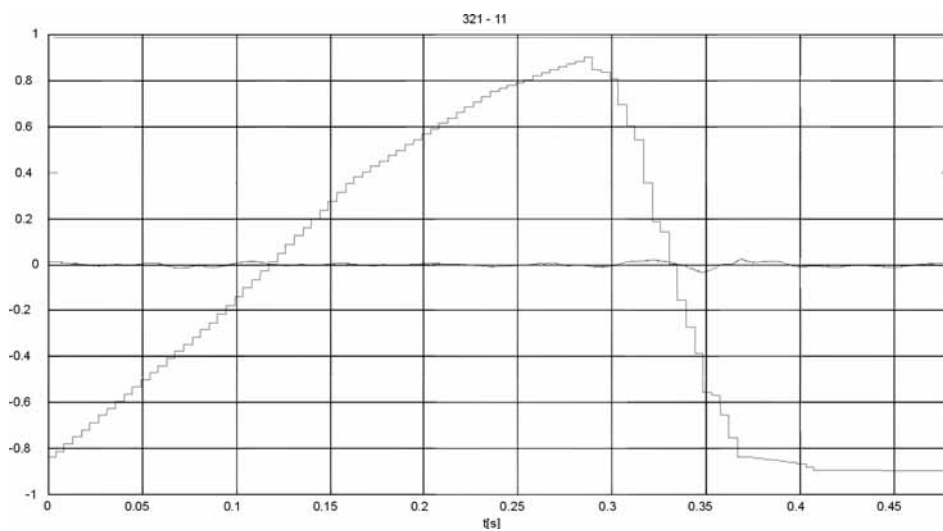
Drugi program (amplituda) umożliwia wyświetlanie graficznej postaci sygnału wyodrębnionego, ograniczonego wyłącznie do czasu trwania ruchu żuchwy – od momentu zwarcia poprzez maksymalne opuszczenie do ponownego zwarcia.

Trzeci program (widmo) jest zależny od programu amplituda – działa pod warunkiem, że program amp został wcześniej uruchomiony. Umożliwia on tworzenie obrazów widmowych wyodrębnionego sygnału akustycznego, określającego moc sygnałów akustycznych zarejestrowanych podczas badania. Zastosowano w tym programie kolory, przypisując każdemu kolorowi rodzaj sygnału akustycznego i tak dla małych sygnałów – kolor niebieski, a wraz ze wzrostem siły sygnałów barwy zmieniają się, zgodnie z przyjętym w kartografii systemem, od niebieskiej przez kolor zielony, żółty aż do czerwonego. Do badania liczby trzasków zostały



Ryc. 2. Przetworzony zapis graficzny pliku dźwiękowego

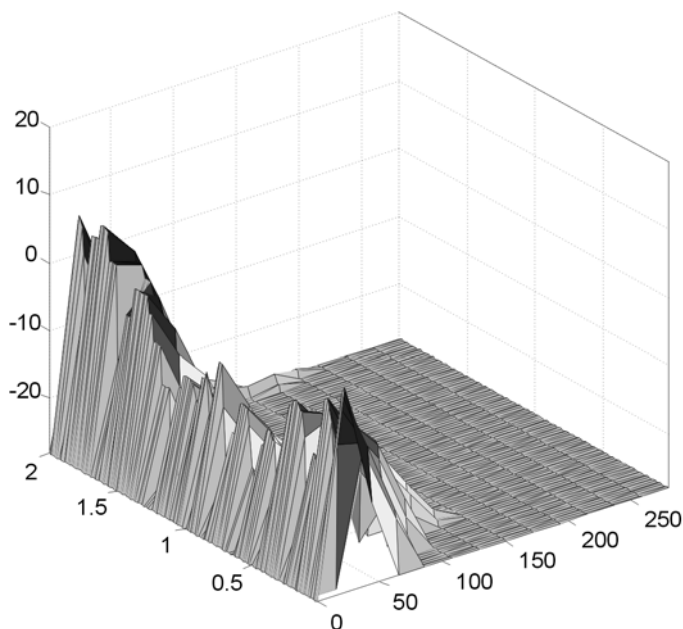
Fig. 2. The temporomandibular joint acoustic signal



Ryc. 3. Sygnał akustyczny po przetworzeniu programem amplituda

Fig. 3. The acoustic signal after being processed by amplitude programme

wprowadzone dwa progi: niski, oznaczony tu jako $U_n = 0,01$ V i wysoki $U_w = 0,1$ V. Zliczanie trzasków przeprowadzono następująco. Jeżeli amplituda sygnału w danym momencie przekraczała próg „ U_w ”, to była zaliczana do przedziału napięć wysokich. Jeżeli amplituda sygnału zawierała się w przedziale „ $U_n - U_w$ ”, to była zaliczana do przedziału napięć niskich.



Ryc. 4. Sygnał akustyczny po przetworzeniu programem widmo

Fig. 4. The acoustic signal after being processed by spectrum programme

Amplitudy mniejsze od U_n nie były brane pod uwagę. Zliczenia dokonano w czterech fazach ruchu żuchwy – początku opuszczania żuchwy, końcu opuszczania żuchwy, początku unoszenia żuchwy i końca unoszenia żuchwy – dla dzieci w poszczególnych grupach (tab. I).

W przeprowadzonych badaniach rejestracji sygnału akustycznego, mimo braków objawów klinicznych, dokonano w przypadku 60 dzieci z przebadanych 72. Stwierdzono, że w zakresie wysokich progów amplitudowych występowało znacznie mniej zjawisk akustycznych i nie we wszystkich fazach ruchu żuchwy. Wśród dziewcząt na tym poziomie najczęściej trzaski obserwowane były w tyłozgryzie 16–41,7% w zależności od fazy ruchu żuchwy, w zgryzie otwartym 16,7–25% oraz w zgryzie głębokim 16,7–33,0%. W zakresie niskich częstotliwości wśród dziewcząt najwięcej sygnałów w poszczególnych fazach ruchu żuchwy stwierdzono: w zwężeniu obuszczkowym 12,5–62,5%, przodozgryzie 42,9–57,1%, tyłozgryzie 66,7–91,7% oraz zgryzie głębokim 66,7–100,0%. W grupie chłopców w zakresie wysokich progów amplitudowych najczęściej zarejestrowano trzaski: w progenii 25–37,5%, tyłozgryzie 75%, zgryzie otwartym 33,3–50,0%, zgryzie głębokim 12,5–25,05%; trzaski te nie były rejestrowane we wszystkich fazach ruchu żuchwy. W zakresie niskich progów amplitudowych u chłopców największa liczba trzasków wystąpiła: w progenii 50–75%, przodozgryzie 28,6–85,7%, tyłozgryzie 75–100%, zgryzie otwartym 66,7–83,3% oraz w zgryzie głębokim 37,5–62,5%. Trzaski na tym poziomie występowały we wszystkich fazach ruchu żuchwy. U ogółu przebadanych dzieci w poszczególnych grupach sygnały akustyczne silniej były zaakcentowane w przypadku trzasków w zakresie niskich progów amplitudowych i wystąpiły we wszystkich fazach ruchu

żuchwy. Najczęściej pojawiały się w przypadku zgryzu głębokiego 50,0–78,6%, tyłozgryzu 52,6–89,5% oraz progenii 50,0–75%. Również pozostałe, jak zwężenie obuszcżkowe, rozszczep podniebienia, przodozgryz oraz zgryz otwarty i zgryz krzyżowy charakteryzowały trzaski we wszystkich fazach ruchu żuchwy, z dominacją w fazach zamykania.

DYSKUSJA

Staw skroniowo-żuchwowy ze względu na swoją złożoną budowę oraz umiejscowienie podlega ciągłym przeciążeniom zarówno na skutek codziennych czynności fizjologicznych, takich jak: żucie, połykanie, mówienie, płacz, oddychanie, jak również na skutek zmian chorobowych, zarówno genetycznych jak i nabytych. Diagnostyka tych chorób, klasyfikacja, jak i samo leczenie nastęrcza wiele problemów, mimo znacznego postępu w sposobie diagnozowania. Jednym z objawów chorobowych stawów skroniowo-żuchwowych, mogących świadczyć o toczącym się procesie chorobowym są zjawiska akustyczne emitowane przez staw w postaci trzasków, szumów, stuków oraz tarć. Dużą rolę nad zmianą w rejestracji i przetwarzaniu danych, w tym również przetwarzania sygnałów akustycznych stawów skroniowo-żuchwowych, odegrał rozwój technik komputerowych w zakresie zbierania i przetwarzania danych. Odstąpiono od zapisu i przetwarzania danych za pomocą metod analogowych na korzyść cyfrowej obróbki danych. W badaniach tych zastosowano aparaturę pomiarową przedstawioną przez J. Zienkiewicz i W. Lisa, umożliwiającą zapis sygnału akustycznego skorelowanego z ruchem żuchwy. Stało się to możliwe dzięki zastosowaniu miernika wychylenia żuchwy sprzężonego z przetwornikiem elektroakustycznym oraz zastosowaniu stereofonicznego systemu odczytu sygnału akustycznego. Pozwoliło to na zapis sygnału akustycznego oraz dokładną ocenę miejsca powstawania tego sygnału na przebiegu pełnego cyklu ruchu żuchwy skorelowanego z położeniem wyrostka kłykciowego. Ustalono w przeprowadzonych badaniach, iż nie we wszystkich przypadkach stwierdzono wystąpienie sygnału akustycznego. U 12 z przebadanych dzieci nie nastąpiła rejestracja sygnału akustycznego w żadnej fazie ruchu żuchwy, zarówno w zakresie niskich jak i wysokich częstotliwości. Jedynymi rejestrowanymi sygnałami u tych dzieci były tony zwarcia i rozwarcia. Według Grosfeldowej [5] w idealnych warunkach fizjologicznych nie stwierdza się odgłosów pochodzących ze stawów przy ich czynnościach. Odwracając to założenie, można by stwierdzić, iż przy zaburzeniach w fizjologii narządu żucia, a niewątpliwie takim zaburzeniem jest wada zgryzu, powinny wystąpić odgłosy ze stawu skroniowo-żuchwowego. Mimo iż w badaniu nie uzyskano u tych dzieci rejestracji sygnału, nie może być prawdą, iż te stawy nie emitują żadnych dźwięków. Aparatura została tak ustawiona, iż dźwięki, które miały wartości niższe od progu niskich częstotliwości, nie były przetwarzane. Jedyną skuteczną metodą na potwierdzenie tego przypuszczenia może być konieczność zmniejszenia poziomu progu niskiego w prowadzonych badaniach.

WNIOSKI

1. Sygnały akustyczne wystąpiły mimo braków objawów klinicznych. Obecność trzasków stwierdzono przy zastosowanej aparaturze w 82,3% (60 osób) przebadanych dzieci, a u 17,3% (12 osób) nie zarejestrowano sygnału akustycznego.

2. Wśród 60 osób, u których nastąpiła rejestracja sygnałów, stwierdzono, iż w zakresie niskich częstotliwości wystąpiły one we wszystkich fazach ruchu żuchwy. Na podstawie rozkładu ilościowego stwierdzono, iż w progenii, zgryzie głębokim, tyłozgryzie i przodozgryzie ilość sygnałów w przedziale niskich była rejestrowana we wszystkich fazach ruchu żuchwy i znacznie odbiegała od częstości występowania trzasków w innych wadach. Również w przedziale wysokich częstotliwości dominowały te wady, ale trzaski nie wystąpiły we wszystkich fazach.

PIŚMIENNICTWO

1. Bodwal R.: The application of fractal dimension to temporomandibular joint sounds. *Comput. Biol. Med.* 1993, 23, 1, 1. – 2. Carlsson G., Egermark I., Magnusson T.: Predictors of signs and symptoms of temporomandibular disorders: a 20-year follow-up study from childhood to adulthood. *Acta Odontol. Scand.* 2002, 60, 3, 180. – 3. Christensen L.: Physics and the sounds produced by the temporomandibular joint. *P. J. Oral Rehabil.* 1992, 19: 6, 615. – 4. Greene C., Laskin D.: Long term status of TMJ clicking in patients with myofascial pain and dysfunction. *J. Am. Dent. Assoc.* 1988, 117: 3, 461. – 5. Fizjologia narządu żucia, pod red. O. Grosfeldowej. Warszawa: PZWL, 1981. – 6. Heffez L., Blaustein D.: Advances in sonography of the temporomandibular joint. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 1986, 62, 5, 486. – 7. Kraszewski J., Kraszewska Z.: Diagnostyka fonoartrograficzna stawu skroniowo-żuchwowego. *Czas. Stomatol.* 1975, 28, 3, 279. – 8. Kraszewski J., Kraszewska Z.: Diagnostyka fonoartrograficzna niektórych dysfunkcji stawu skroniowo-żuchwowego. *Czas. Stomatol.* 1975, 28, 4, 387. – 9. Lis W., Zienkiewicz J.: Badanie zjawisk akustycznych w stawie skroniowo-żuchwowym. W: *Otwarte Seminarium z Akustyki OSA' 95*. Warszawa-Białowieża 1995, 229. – 10. Lis W., Zienkiewicz J., Salamon R.: Emisja akustyczna stawu skroniowo-żuchwowego. W: *XIII th Symposium of Hydroacoustics*. Jurata 1996, 173. – 11. Pollmann L.: Sounds produced by the mandibular joint in young man a mass examination. *Maxillofac. Surg.* 1980, 8, 2, 155. – 12. Watt D., McPhee P.: An analysis of temporomandibular joint sounds. *J. Dent.* 1983, 11, 4, 346. – 13. Weggen E., Gunther K.: Phonognathographie. Eine Methode zur Registrierung und Beurteilung von Schallphänomenen, die durch den kaumenmechanismus hervorgerufen werden. *Dtsch. Stomatol.* 1970, 20, 8, 572. – 14. Zienkiewicz J., Lis W.: Nowy sposób badania zjawisk akustycznych emitowanych przez staw skroniowo-żuchwowy. *Czas. Stomatol.* 1996 49, 10, 710.

A. Zedler, J. Zienkiewicz, M. Dijakiewicz, V. Szyk, W. Kiewlicz

THE TEMPOROMANDIBULAR JOINTS ACOUSTIC SIGNAL OF CHILDREN WITH THE DEVELOPMENTAL DEFECT

Summary

On the basis of studies conducted, the temporomandibular joints were evaluated with regard to locus and frequency of the presence of the emitted acoustic signals.

The studies were carried out among the group of 72 children aged 12–14 years, including 40 girls and 32 boys, where no presence of clicking was found in physical examination. The children qualified for the acoustic examination were divided into 8 groups, regarding the disorder of the stomatognathic system. The appliance made in The Department of Acoustic of Mechanical University of Gdańsk was used for transforming, recording and the subsequent analysis.

In each of the patients examined, 4 measurements were made, two in every temporomandibular joint. The first measurement included resting joint signal recording, the second one full mandible movement

cycle recording. The signals recorded were analyzed with the help of the Matlab mathematical program, which uses the method of digital data collecting and analyzing.

The presence of the clicks registered was found in 60 cases from the examined group, which makes 83.3% of the whole patient group. The clicks were found in every mandible low frequency movement phase in each patient from this group mentioned above. They were strongly marked in four malocclusions: progenia, posterior occlusion, anterior occlusion and closed bite. Moreover, in case of measurements range for high frequency limen, the same malocclusions dominated, however the signals were not registered in all of the phases and they were not so numerous. The same results were obtained regarding the sex of the patients. The only difference was no presence of progenia in the group of the girls examined. The results may indicate that in some occlusal disturbances the temporomandibular joints disorders are more frequent and quicker.

In the studies conducted no correlation between the sex and the clicking presence frequency was found. Nevertheless, it was stated, that children temporomandibular joints emit lower amplitude acoustic phenomena, which confirms the rightness of using lower limen range than for adults.

Adres: dr Adam Zedler

Samodzielna Pracownia Chirurgii Stomatologicznej AMG

ul. Dębinki 1, Gdańsk 80-211

e-mail: azedler@wp.pl