

## Zastosowanie elektromiografii powierzchniowej w diagnostyce dysfunkcji języka

## Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions

Sandra Osiewacz<sup>1</sup> **A B C D E F** (ORCID ID: 0000-0002-5400-6382)

Adrian Strzecki<sup>2</sup> **D E**

Grzegorz Piątkowski<sup>3</sup> **C D**

Małgorzata Daszkowska<sup>4</sup> **E** (ORCID ID: 0000-0002-9105-8026)

Joanna Szczepańska<sup>5</sup> **D E F** (ORCID ID: 0000-0002-8037-4568)

Elżbieta Pawłowska<sup>6</sup> **A D E** (ORCID ID: 0000-0002-5373-4783)

**Wkład autorów:** **A** Plan badań **B** Zbieranie danych **C** Analiza statystyczna **D** Interpretacja danych  
**E** Redagowanie pracy **F** Wyszukiwanie piśmiennictwa

**Authors' Contribution:** **A** Study design **B** Data Collection **C** Statistical Analysis **D** Data Interpretation  
**E** Manuscript Preparation **F** Literature Search

<sup>1,2,6</sup> Zakład Ortodontcji, Uniwersytet Medyczny, Łódź

*Department of Orthodontics at the Medical University in Lodz*

<sup>4,5</sup> Zakład Stomatologii Wiekii Rozwojowego, Uniwersytet Medyczny, Łódź

*Department of Pediatric Dentistry at the Medical University in Lodz*

<sup>3</sup> Prywatna praktyka

*Private practice*

### Streszczenie

Zaburzenie równowagi w zakresie sił wywieranych przez wargi, język i policzki na okluzję może doprowadzić do powstawania i utrwalania wad zgryzu. Wyeliminowanie dysfunkcji mięśniowych w planie terapii ortodontycznej sprzyja uzyskaniu stabilnych wyników leczenia. Na szczególną uwagę zasługują dysfunkcje układu ustno-twarzowego, tj. przetrwały niemowlęcy typ przetykania, wady wymowy, nawykowe oddychanie przez usta. **Cel.** Celem pracy jest

### Abstract

An imbalance in forces exerted by lips, tongue and cheeks on occlusion may lead to the formation and consolidation of malocclusions. Elimination of muscular dysfunctions in an orthodontic therapy plan helps obtain stable treatment outcomes. Dysfunctions of the orofacial system, i.e. an infantile swallowing pattern, speech defects, habitual breathing through the mouth are of special attention. **Aim.** The aim of this study is to optimize the method used to

<sup>1</sup> Dr n. med. / DDS, PhD

<sup>2</sup> Dr n. med. specjalista stomatologii dziecięcej / DDS, PhD, specialist in pediatric dentistry

<sup>3</sup> Technik dentystryczny / Dental technician

<sup>4</sup> Dr n. med. specjalista stomatologii dziecięcej / DDS, PhD, specialist in pediatric dentistry

<sup>5</sup> Prof. dr hab. n. med. specjalista stomatologii dziecięcej, Kierownik Zakładu Stomatologii Wiekii Rozwojowego / DDS, PhD, Professor, specialist in pediatric dentistry, Head of the Department of Pediatric Dentistry

<sup>6</sup> Prof. dr hab. n. med. specjalista stomatologii dziecięcej, specjalista ortodontcji / DDS, PhD, Professor, specialist in pediatric dentistry, specialist in orthodontics

Dane do korespondencji/Correspondence address:

Sandra Osiewacz

Zakład Ortodontcji

92-213 Łódź, ul. Pomorska 251

e-mail: osiewacz.sandra@gmail.com

*Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions*

optymalizacja metody służącej do diagnostyki dysfunkcji języka u pacjentów z wadą zgryzu. **Materiał i metody.** Do badania zakwalifikowano 75 osób w wieku od 5 do 13 roku życia. Pacjentów podzielono na dwie grupy. Grupa badana składała się z 58 osób, u których zdiagnozowano dotylną wadę zgryzu powikłaną dysfunkcją języka; grupa porównawcza składała się z 17 osób ze zdiagnozowaną dotylną wadą zgryzu. Dokonano pomiaru aktywności bioelektrycznych mięśnia okrężnego ust za pomocą dwukanałowego aparatu do pomiarów sygnałów elektromiografii powierzchniowej NuTrac Alpha2E. Właściwy pomiar wykonywano w trybie skurcz-relaks. **Wyniki.** Stwierdzono różnicę istotną statystycznie pomiędzy grupą badaną a porównawczą w zakresie zmiennej dRMM mierzonej w fazie relaksu na wardze dolnej oraz górnej ( $p < 0,05$ ). **Wnioski.** Elektromiografia powierzchniowa stanowi dobre narzędzie do diagnozowania dysfunkcji języka u dzieci. Zastosowanie w analizie statystycznej krzywych ROC pozwala w zakresie zmiennych napięcia warg oszacować, które badane osoby będą miały dysfunkcję języka. (Osiewacz S, Strzecki A, Piątkowski G, Daszkowska M, Szczepańska J, Pawłowska E. Zastosowanie elektromiografii powierzchniowej w diagnostyce dysfunkcji języka. *Forum Ortod* 2019; 15: 190-207)

Nadesłano: 15.02.2019

Przyjęto do druku: 30.09.2019

**Słowa kluczowe:** sEMG, dysfunkcja języka, dysfunkcja oddychania

## Wstęp

We współczesnej stomatologii elektromiografia powierzchniowa (globalna, sEMG) służy do pomiaru czynności mięśni twarzowej części czaszki. Za pomocą tej metody można również podjąć próbę stworzenia pomiaru dokładności i precyzji mięśni rąk u przyszłych adeptów stomatologii (1). Wielu autorów podkreśla zasadność stosowania tej formy diagnostyki uzasadniając, że jest ona mało inwazyjna, powszechnie stosowana i wymagająca stosunkowo niewielkich środków finansowych (2–4). Ponadto celem właściwego leczenia w obrębie układu stomatognatycznego jest uzyskanie prawidłowej relacji okluzji do jej funkcji, co podkreśla zasadność stosowania tej metody (5). Elektromiografia jest pomocna w doborze odpowiedniej retencji po leczeniu ortodontycznym, minimalizując tym samym ewentualny nawrót wady (6). Badanie EMG umożliwia obiektywizację sił wyzwalanych przez mięsień na zęby i wyrostek zębodołowy (7). Dotychczas elektromiografia znalazła zastosowanie w diagnostyce i ocenie wyników leczenia między innymi układu ruchowego narządu żucia, tj. bolesnej dysfunkcji skroniowo-żuchwowej, w bruksizmie, a także przed rehabilitacją protetyczną lub leczeniem ortodontycznym (2–6).

diagnose tongue dysfunctions in patients with malocclusions. **Material and methods.** The study included 75 patients aged between 5 and 13 years. Patients divided into two groups. The study group included 58 subjects diagnosed with posterior malocclusions complicated by a tongue dysfunction; the comparative group included 17 subjects diagnosed with posterior malocclusions. The bioelectrical activity of the orbicularis oris muscle was measured with a two-channel device for measuring surface electromyography signals, NuTrac Alpha2E. Proper measurements were performed in the contraction-relaxation mode. **Results.** A statistically significant difference was found between the study group and the comparative group regarding the dRMM variable measured in relaxation on lower and upper lip ( $p < 0.05$ ). **Conclusions.** Surface electromyography is a good tool for diagnosing tongue dysfunctions in children. The use of ROC curves in a statistical analysis allows to estimate which subjects might have tongue dysfunctions in relation to lip tension variables. (Osiewacz S, Strzecki A, Piątkowski G, Daszkowska M, Szczepańska J, Pawłowska E. Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions. *Orthod Forum* 2019; 15: 190-207)

Received: 15.02.2019

Accepted: 30.09.2019

**Key words:** sEMG, tongue dysfunction, breathing dysfunction

## Introduction

In modern dentistry, surface electromyography (global, sEMG) is used to measure functions of the muscles of the facial skeleton. This method can also be used to attempt to measure the accuracy and precision of upper limb muscles in future dental students (1). Many authors emphasize the legitimacy of using this form of diagnostics, justifying that it is minimally invasive, commonly used and requires relatively little financial resources (2–4). Moreover, the aim of proper treatment within the stomatognathic system is to achieve a proper relationship between occlusion and functions what emphasizes the validity of this method (5). Electromyography is helpful when selecting appropriate retention after orthodontic treatment, thus minimizing the possible recurrence of the defect (6). EMG allows for the objectification of forces released by a muscle on teeth and alveolar process (7). So far, electromyography has been used in the diagnosis and evaluation of treatment outcomes of the motor system of the masticatory organ, i.e. painful temporomandibular dysfunction, bruxism, as well as before prosthetic rehabilitation or orthodontic treatment (2–6).

The available literature shows a correlation between the activity of the orofacial complex and malocclusions, respiratory route, type of swallowing, age, facial and cranial

W dostępnym piśmiennictwie stwierdza się zależność pomiędzy aktywnością kompleksu ustno-twarzowego a wadami zgryzu, torem oddychania, typem przełykania, wiekiem, morfologią twarzowo-czaszkową oraz chorobami ogólnoustrojowymi. Niewątpliwym wpływ mają również dysfunkcje i parafunkcje. Udowodniono, że ssanie smoczka wpływa bardziej destrukcyjnie na rozwijające się struktury narządu żucia, w porównaniu do ssania palca. Zwiększa się wówczas napięcie mięśni policzków, szczególnie w okolicy kłów i przedtrzonowców. Szczęka kształtuje się na wzór litery V (8).

W trakcie badania sEMG poddaje się analizie sygnał elektryczny wytworzony przez mięsień twarzowy, m.in. mięsień skroniowy, mięsień podgnykowy, mięsień żwacz, mięsień okrężny ust. Ocenia się czas trwania pobudzenia mięśniowego, a także jego kształt i amplitudę (9). Pomiar jest wykonywany w stanie relaksacji mięśnia oraz w trakcie aktywności, takich jak przełykanie śliny, żucie, picie przez słomkę, układanie ust jak do gwizdania, zgrzytanie zębami, ssanie palca lub smoczka. U pacjentów z normą zgryzową, bez nawyków ustnych, obserwuje się minimalną aktywność mięśnia okrężnego ust w czasie żucia, przełykania i w pozycji spoczynkowej. Zwiększone napięcie warg oraz mięśnia bródkowego sugerują obniżoną kompetencję warg u tych pacjentów. Wskazują również na niemowlęcy typ połykania (10–12). Potwierdza się to z badaniami Tosselo i wsp. (13), który przeprowadził kontrolę na 18 pacjentach, między 8 a 12 rokiem życia. Wyjątek może stanowić zwiększona aktywność mięśnia okrężnego ust obserwowana w pozycji spoczynkowej u pacjentów na etapie uzębienia mieszanego. Napięcie mięśnia powraca do normy pod koniec wymiany uzębienia (14).

Mięsień okrężny ust, mięsień bródkowy wywierają wpływ na kształt łuków zębowych oraz pozycję zębów. Położenie języka oraz właściwe napięcie warg warunkują prawidłowy rozwój dolnego piętra twarzy. Pacjenci z niekompetentnymi wargami nie są w stanie nawykowo złączyć ust, przez co zostaje zaburzone żucie, oddychanie i przełykanie. Gustafsson i Ahlgren (8) zaobserwowali zwiększone napięcie mięśnia okrężnego ust, zarówno na pęczku dolnym, jak i górnym, oraz mięśnia bródkowego. Badania przeprowadzono w pozycji spoczynkowej warg, w trakcie żucia, przełykania oraz u pacjentów z niekompetentnymi wargami. Zwiększona aktywność mięśnia okrężnego ust u pacjentów z niekompetentnymi wargami obserwowana w badaniu sEMG zdaniem Gamboa i wsp. (15) wynika z naturalnego odruchu uszczelnienia warg podczas codziennej aktywności. Vieira de Siquiera (6) wyróżnia trzy schematy przełykania i związane z nimi aktywności mięśni twarzowych:

- Normalne – skurcz żwacza, niewielka aktywność mięśnia okrężnego ust i bródkowego.
- Wisceralne – słabo zaakcentowany skurcz mięśnia żwacza, zwiększona aktywność mięśnia bródkowego oraz dolnego pęczka mięśnia okrężnego ust.

morphology and systemic diseases. Dysfunctions and parafunctions also have an undeniable impact. It has been proven that pacifier sucking affects the developing structures of the masticatory organ more destructively than finger sucking. This increases tension of cheek muscles, especially in the area of canines and premolars. The maxilla is shaped like the letter V (8).

During sEMG, electrical signals generated by facial muscles, including the temporal muscle, infrahyoid muscle, masseter muscle, and orbicularis oris muscle, are analyzed. Duration of muscle stimulation, its shape and amplitude are evaluated (9). Measurements are performed during muscle relaxation and during activities such as saliva swallowing, chewing, drinking through a straw, puckering lips to whistle, teeth grinding, sucking a finger or a pacifier. In patients with normal occlusion, without oral habits, minimal activity of the orbicularis oris muscle is observed while chewing, swallowing and at rest. Increased tension of lips and the mentalis muscle suggests decreased lip competence in these patients. It is also suggestive of an infantile swallowing pattern (10–12). This is confirmed by studies by Tosselo et al. (13) who carried out a follow-up in 18 patients, aged between 8 and 12 years. An increased activity of the orbicularis oris muscle observed at rest in patients at the stage of mixed dentition may be an exception. Muscle tension returns to normal when dentition replacement is almost complete (14).

The orbicularis oris muscle and the mentalis muscle affect the shape of dental arches and the position of teeth. A position of the tongue and proper tension of lips determine proper development of the lower facial height. Patients with incompetent lips are not able to maintain their lips together as a habit, and it disrupts chewing, breathing and swallowing. Gustafsson and Ahlgren (8) observed increased tension of the orbicularis oris muscle, both in the lower and upper bundle, and of the mentalis muscle. Studies were conducted in resting mouth position, while chewing, swallowing, and in patients with incompetent lips. According to Gamboa et al. (15), increased activity of the orbicularis oris muscle in patients with lip incompetence observed in sEMG results from a reflex of lip sealing during daily activities. Vieira de Siquiera (6) distinguishes three patterns of swallowing and associated activities of facial muscles:

- Normal – masseter contraction, low activity of the orbicularis oris muscle and the mentalis muscle.
- Visceral – poorly accentuated masseter muscle contraction, increased activity of the mentalis muscle and lower bundle of the orbicularis oris muscle.
- Significant activity of the mentalis muscle and lower bundle of the orbicularis oris muscle, increased tension of the upper bundle of the orbicularis oris muscle, minimal tension of the masseter muscle.

*Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions*

- Znaczna aktywność mięśnia bródkowego i dolnego pęczka mięśnia okrężnego ust, zwiększone napięcie pęczka górnego mięśnia okrężnego ust, minimalne napięcie mięśnia żwacza.

**Cel**

Optymalizacja metod diagnostycznych służących do wykrywania dysfunkcji języka za pomocą elektromiografii powierzchniowej.

**Materiał i metody**

Przed przystąpieniem do badań klinicznych uzyskano zgodę Komisji Bioetyki Uniwersytetu Medycznego w Łodzi – uchwała nr RNN/319/13/KE. Dodatkowo, rodzic bądź opiekun dziecka musiał wyrazić zgodę na badanie mięśnia okrężnego ust przy użyciu elektromiografii powierzchniowej (sEMG).

Oceny sposobu połykania dokonano za pomocą metody wizualnej, w której wyróżnia się następujące testy:

- Test wg Janna – w początkowej fazie połykania należy odciągnąć wargę górną kciukiem i palcem wskazującym prawej ręki, natomiast tymi samymi palcami ręki lewej obniżyć wargę dolną. W ten sposób można dostrzec pozycję języka podczas przełykania.
- Badanie napięcia wargi dolnej – w początkowej fazie przełykania należy umieścić palec wskazujący pod wargą dolną. Wyczuwalne wówczas napięcie będzie wskazywało na wisceralny typ połykania.
- Badanie za pomocą szpatułki logopedycznej – pacjentowi zaleca się, by umieścić czubek języka na podniebieniu, za górnymi zębami siecznymi. Szpatułkę logopedyczną należy umieścić pod językiem, przytrzymując jednocześnie czubek języka. Ćwiczenie uznaje się za wykonane, gdy podczas przełykania język pozostaje w pierwotnym położeniu.

Następnie przeprowadzono zasadnicze badania kliniczne.

Dokonano pomiaru aktywności bioelektrycznych mięśnia okrężnego ust za pomocą dwukanałowego aparatu do pomiarów sygnałów elektromiografii powierzchniowej NuTrac Alpha2E.

Kryteria kwalifikujące do badań:

- wiek 5–13 lat
- dysfunkcja języka
- zdiagnozowana wada zgryzu w stosunku do jednej z trzech płaszczyzn przestrzennych według diagnostyki Orlik-Grzybowskiej.

Kryteria wykluczające udział w badaniach:

- wiek poniżej 4 i powyżej 13 lat
- rozległe braki zębowe
- zaawansowana choroba próchnicowa
- nadmierna ruchomość zębów
- brak zębów siecznych górnych lub dolnych

**Aim**

Optimization of diagnostic methods for the detection of tongue dysfunctions by surface electromyography.

**Material and methods**

Before the clinical study started the Bioethics Committee at the Medical University of Łódź had approved the study – resolution no. RNN/319/13/KE. In addition, a child's parent or guardian had to consent to the examination of the orbicularis oris muscle using surface electromyography (sEMG).

The swallowing pattern was assessed by means of a visual method which includes the following tests:

- The test by Jann (25) – at the initial stage of swallowing pull away the upper lip with a thumb and index finger of the right hand, and lower the lower lip with the same fingers of the left hand. As a result, it is possible to see a tongue position while swallowing.
- The test to study tension of the lower lip – at the initial stage of swallowing place the index finger below the lower lip. When tension is felt, it is suggestive of a visceral swallowing pattern.
- The test with a spatula for speech therapy – a patient is advised to place the tip of their tongue on the palate, behind upper incisors. The spatula has to be placed below the tongue, holding the tip of the tongue at the same time. The test is considered passed when the tongue remains in its original position while swallowing.

Subsequently, main clinical examinations were conducted.

The bioelectrical activity of the orbicularis oris muscle was measured with a two-channel device for measuring surface electromyography signals, NuTrac Alpha2E.

Study enrollment criteria:

- age 5–13 years
- tongue dysfunctions
- diagnosed malocclusion with regard to one out of three spatial planes according to Orlik-Grzybowska diagnostic tools.

Study exclusion criteria:

- age below 4 or above 13 years
- multiple missing teeth
- advanced caries
- excessive tooth mobility
- lack of upper or lower incisors
- pain in the oral cavity at the time of examination
- ankyloglossia
- developmental abnormalities of the facial skeleton
- neuromuscular disorders
- physical and mental disability
- systemic diseases

The study included a group of 75 children aged 5–13 years.

- dolegliwości bólowe w obrębie jamy ustnej w momencie badania
- ankyloglossia
- wady rozwojowe twarzowej części czaszki
- zaburzenia w układzie nerwowo-mięśniowym
- upośledzenie fizyczne i umysłowe
- choroby ogólnoustrojowe

Badaniem objęto grupę 75 dzieci w wieku 5–13 lat.

Pierwsza grupa badana składała się z 58 osób (31 chłopców, 27 dziewcząt), u których zdiagnozowano wadę zgryzu oraz dysfunkcję języka. Druga grupa porównawcza składała się z 17 osób (7 chłopców, 10 dziewcząt) ze zdiagnozowaną wadą zgryzu bez dysfunkcji języka.

Urządzenie do EMG umieszczano na asystorze stomatologicznym, tuż obok pacjenta. Aparat nie znajdował się w bezpośrednim sąsiedztwie urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne (laptop, telefon komórkowy), ponieważ, jak zostało udowodnione, zaburza to wynik badania. Pozycja badanego na fotelu dentystycznym umożliwiała całkowitą relaksację mięśni wyrazowych twarzy. Pacjent przyjmował pozycję półleżącą, z głową opartą o zagłówek fotela. Takie ułożenie ciała jest konieczne, aby odczyt badania wyrażany w mikrowoltach był tak niski, jak to tylko możliwe. Poziom odczytu między 3,5 a 5 mikrowoltów uznaje się za relaksację mięśnia (choć najlepiej byłoby, by nie przekraczał 3,5 mikrowoltów). Wszystkie pomiary były wykonywane w godzinach przedpołudniowych, ze względu na zmiany napięcia mięśni w ciągu dnia. Przed przystąpieniem do właściwego badania każdemu z pacjentów objaśniano schemat postępowania oraz instruowano, jakie czynności powinien wykonać w jego trakcie. Okolice wargi górnej i dolnej przecierano jałową gazą i preparatem Octenisept (Schulke & Mayr GmbH, Niemcy) w celu oczyszczenia i odftuszczenia skóry, co pozwala na zwiększenie przyczepności elektrod. Elektrody zostały umieszczone w pozycji zgodnej z zaleceniami towarzystwa ds. elektromiografii powierzchniowej SENIAM (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles). Do badania użyto samoprzylepnych, jednorazowych elektrod chlorosrebrowych (AgCl) o przekroju koła i średnicy 20 mm. Każda z elektrod była indywidualnie dopasowywana do warunków anatomicznych twarzy dziecka. Elektrody pierwszego kanału umieszczano na skórze twarzy na przebiegu włókien mięśnia okrężnego ust, symetrycznie, nad wargą górną, po obu stronach rynienki nosowo-wargowej. Elektrody drugiego kanału zlokalizowano w miejscach odpowiadających rozmieszczeniu elektrod dla kanału pierwszego, na przebiegu dolnej części mięśnia, pod wargą dolną (Ryc. 1). W celu uzyskania wyników o najwyższym stopniu dokładności elektrodę samoprzylepną z przewodem referencyjnym zawsze przyklejano na punkcie kostnym, tj. łokciu prawej ręki badanego. Właściwego pomiaru dokonywano w trybie skurcz–relaks. Pacjent przez 8 sekund przygotowywał się do ćwiczenia, następnie polecano mu, aby przez 5 sekund

First study group included 58 subjects (31 boys and 27 girls) diagnosed with malocclusions and tongue dysfunctions. The second, comparative group included 17 subjects (7 boys, 10 girls) diagnosed with malocclusions but without tongue dysfunctions.

The EMG device was placed on a dental cabinet, right next to a patient. The device was not located in the immediate vicinity of devices that generated electromagnetic fields (laptop, mobile phone), because it was proven that it interfered with examination outcomes. The patient's position on a dental chair allowed for complete relaxation of facial muscles responsible for facial expression. The patient was in a semi-lying position, with their head resting on the chair headrest. This body position is necessary to ensure that the microvolt reading during the examination is as low as possible. Readings between 3.5 and 5 microvolts are considered muscle relaxation (although preferably they should not exceed 3.5 microvolts). All measurements were made before noon due to changes in muscle tension during the day. Before proceeding with the proper examination, each patient was explained the procedure and instructed what they should do during the examination. The upper and lower lip area was rubbed with sterile gauze and Octenisept (Schulke & Mayr GmbH, Germany) to cleanse and degrease the skin in order to improve electrode attachment. Electrodes were placed in positions recommended by the Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM). Self-adhesive disposable silver chloride electrodes (AgCl) with a circular cross-section and a diameter of 20 mm were used. Each electrode was individually adjusted to anatomical conditions of the child's face. First channel electrodes were placed on the skin of the face along fibers of the orbicularis oris muscle, symmetrically, above the upper lip, on both sides of the nasolabial sulcus. Second channel electrodes were located at places corresponding to the placement of first channel electrodes, along the lower part of the muscle, under the lower lip (Fig. 1). In order to obtain the highest accuracy, an adhesive electrode with a reference cable was always attached to the bone point, i.e. the elbow of the patient's right upper limb. Proper measurements were performed in the contraction-relaxation mode. The patient prepared for the exercise for 8 seconds, then was recommended to pucker their lips to whistle for 5 seconds (contraction), then the muscle was relaxed for 8 seconds (relaxation). Results were obtained in the form of sEMG signals (time series), one per channel per patient (Fig. 2) (Tab. 1).

## Results

Clinical observations show that lip tension in patients with malocclusions and tongue dysfunctions may differ from that in patients without such disorders. Additionally, it was noted that a breathing route potentially differentiates study groups.

*Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions*

układała wargi w pozycji „do gwizdania” (tryb skurcz), dalej następowała 8-sekundowa relaksacja mięśnia (tryb relaks). Otrzymywano wyniki w postaci sygnałów (szeregów czasowych) sEMG po jednym na każdy kanał dla danego pacjenta (Ryc. 2), (Tab. 1).

## Wyniki

Z obserwacji badań klinicznych wynika, że napięcie warg u pacjentów z wadą zgryzu i dysfunkcją języka może się różnić od pacjentów, którzy nie mają tej nieprawidłowości. Dodatkowo zauważono, że tor oddychania potencjalnie różnicuje badane grupy. W zastosowanej metodzie przyjęto, że prawidłowe napięcie wargi górnej i dolnej mieści się w stałych przedziałach, dlatego nie porównano otrzymanych wyników z wynikami w grupie kontrolnej (dzieci z normą zgryzową i prawidłowym typem połykania). Wyniki zestawiono jedynie z rezultatami, jakie uzyskali pacjenci z grupy porównawczej (dzieci z wadą zgryzu i prawidłowym typem połykania).

### Porównanie napięcia warg między dziewczętami i chłopcami w grupie badanej

W grupie badanej (dzieci z wadą zgryzu i dysfunkcją języka) stwierdzono, że różnice nie okazały się istotne statystycznie. Uzyskane wyniki mogą jednak mieć wartość biologiczną (medyczną) pomiędzy grupami płci w zakresie zmiennej dMVC relaks WG ( $p = 0,052$ ). Pozostałe zmienne nie różnią się pomiędzy obydwooma płciami w sposób istotny statystycznie ( $p > 0,05$ ). U dziewcząt wartość średnia była niższa niż u chłopców (Tab. 2, 3, 4, 5).

### Porównanie napięcia warg między dziewczętami i chłopcami w grupie porównawczej

W grupie porównawczej (dzieci z wadą zgryzu, bez dysfunkcji języka) nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy dziewczętami i chłopcami w zakresie żadnego z parametrów napięcia wargi górnej (WG) i wargi dolnej (WD) ( $p > 0,05$ ). Pomiarów dokonano w fazie skurczu (układanie ust „jak do gwizdania”) oraz w fazie relaksu (usta ułożone w pozycji spoczynkowej) (Tab. 6, 7).

Na potrzeby badania został wprowadzony parametr dMVC, który porównuje wartość średnią skurczu/relaksu do maksymalnej wartości skurczu/relaksu w danej fazie. Im większa wartość, tym bardziej stabilny zapis.

**Porównanie napięcia warg pomiędzy grupami** Zestawienie grupy badanej z grupą porównawczą wykazało istotne statystycznie różnice w zakresie następujących zmiennych: dMVC relaks WG ( $p = 0,0057$ ), %dMVC relaks WG ( $p = 0,0098$ ), dMVC relaks WD ( $p = 0,020$ ) i %dMVC relaks WD ( $p = 0,026$ ). Pozostałe zmienne nie wykazały istotności statystycznej ( $p > 0,05$ ) (Tab. 8).

### Porównanie napięcia warg w trzech grupach

U pacjentów z wadą zgryzu i dysfunkcją języka bardzo często stwierdza się ustny tor oddychania, dlatego też podzielono dzieci z grupy badanej na dwie podgrupy. Analiza wyników

The method used assumed that normal upper and lower lip tension was within constant compartments, therefore the results obtained were not compared with those in the control group (children with normal occlusion and a normal swallowing pattern). Results were compared only with results obtained by patients from the comparative group (children with malocclusions and a normal swallowing pattern).

### Comparison of lip tension between girls and boys in the study group

In the study group (children with malocclusions and tongue dysfunctions) it was found that differences were not statistically significant. However, results obtained may have a biological (medical) value between sex groups regarding the dMVC relaxation UL variable ( $p = 0.052$ ). Other variables do not differ statistically significantly between two sexes ( $p > 0.05$ ). In girls, the mean value was lower than in boys (Tables 2, 3, 4, 5).

### Comparison of lip tension between girls and boys in the comparative group

In the comparative group (children with malocclusions, without tongue dysfunctions) there were no statistically significant differences between girls and boys with respect to any of upper lip (UL) and lower lip (LL) tension parameters ( $p > 0.05$ ). Measurements were taken during contraction (puckering lips to whistle) and during relaxation (lips at rest) (Tab. 6, 7).

The dMVC parameter was introduced for the purpose of this study to compare the mean value of contraction/relaxation to the maximum value of contraction/relaxation in a given phase. The higher the value, the more stable the recording.

### Comparison of lip tension between groups

Comparison of the study group with the comparative group showed statistically significant differences in the following variables: dMVC relaxation UL ( $p = 0.0057$ ), %dMVC relaxation UL ( $p = 0.0098$ ), dMVC relaxation LL ( $p = 0.020$ ) and %dMVC relaxation LL ( $p = 0.026$ ). Remaining variables did not show any statistical significance ( $p > 0.05$ ) (Tab. 8).

### Comparison of lip tension in three groups

In patients with malocclusions and tongue dysfunctions, oral breathing route is very often observed, therefore, children from the study group were divided into two subgroups. An analysis of results in three groups: the study group (children with malocclusions and tongue dysfunctions) breathing through the nose and the study group (children with malocclusions and tongue dysfunctions) breathing through the mouth, and the comparative group (children with malocclusions without tongue dysfunctions) showed statistically significant differences regarding the dMVC relaxation UL ( $p = 0.006$ ). For this variable, significant differences were present between the comparative group and subjects breathing through the mouth ( $p = 0.0046$ ) and between the comparative group and subjects breathing through the nose ( $p = 0.043$ ). A difference in %dMVC

Tabela 1. Wykaz parametrów do elektromiografii powierzchniowej

Table 1. List of parameters for surface electromyography

Parametr / Parameter	Opis / Description
Wartość średnia <i>Mean value</i>	średnia wartość amplitudy EMG dla danej fazy <i>the mean value of the EMG amplitude for a given phase</i>
Moda <i>Modal value</i>	najczęściej występująca wartość amplitudy EMG dla danej fazy <i>the most frequently occurring value of the EMG amplitude for a given phase</i>
Mediana <i>Median</i>	wartość środkowa amplitudy EMG dla danej fazy <i>the middle value of the EMG amplitude for a given phase</i>
Maksimum <i>Maximum</i>	wartość maksymalna amplitudy EMG dla danej fazy <i>the maximum value of the EMG amplitude for a given phase</i>
Minimum <i>Minimum</i>	wartość minimalna amplitudy EMG dla danej fazy <i>the minimum value of the EMG amplitude for a given phase</i>
Q3	kwartyl górny – powyżej tej wartości znajduje się 25% wszystkich wartości próbek w danej fazie <i>upper quartile – 25% of all sample values for a given phase lie above this value</i>
Q1	kwartyl dolny – poniżej tej wartości znajduje się 25% wszystkich wartości próbek w danej fazie <i>lower quartile – 25% of all sample values for a given phase lie below this value</i>
Wariancja <i>Variance</i>	określa stopień rozrzutu chwilowych wartości amplitudy sygnału EMG wokół wartości średniej <i>determines a degree of dispersion of momentary values of the EMG signal amplitude around the mean value</i>
Odchylenie standardowe (SD) <i>Standard deviation (SD)</i>	miara rozrzutu (pierwiastek z wariancji do kwadratu) <i>measure of dispersion (the square root of the variance)</i>
Rozstęp <i>Range</i>	różnica między wartością maksymalną a minimalną <i>difference between the maximum and minimum value</i>
IQR	różnica między kwartylem górnym a dolny <i>difference between the upper and lower quartile</i>
Procentowy współczynnik zmienności <i>Percentage coefficient of variation</i>	stosunek SD do wartości średniej, wyrażony w procentach <i>the ratio of SD to the mean value, expressed as percentage</i>
dMVC	parametr wprowadzony na potrzeby tego badania o roboczej nazwie „dynamiczne MVC”. Dmvc porównuje wartość średnią do wartości maksymalnej w danej fazie. Im większa wartość MVC tym bardziej stabilny/ stacjonarny zapis. <i>the parameter introduced for the purposes of this study with the working name “dynamic MVC”. Dmvc compares the mean value to the maximum value in a given phase. The higher the MVC value, the more stable/stationary the recording.</i>
% dMVC	wartość dMVC wyrażona w procentach <i>the dMVC value expressed as percentage</i>

w trzech grupach: grupy badanej (dzieci z wadą zgryzu i dysfunkcją języka) oddychającej przez nos oraz grupy badanej (dzieci z wadą zgryzu i dysfunkcją języka) oddychającej przez usta, a także grupy porównawczej (dzieci z wadą zgryzu bez dysfunkcji języka) wykazała istotne statystycznie różnice w zakresie zmiennej dMVC relaks WG ( $p = 0,006$ ). Dla tej zmiennej różnice istotne wystąpiły między grupą porównawczą i badanymi oddychającymi przez usta

relaxation UL ( $p = 0.0099$ ) was also significant, but this time a significant discrepancy was observed only between the comparative group and subjects breathing through the mouth ( $p = 0.0078$ ) (Tab. 9).

Regarding dMVC relaxation LL, a statistically significant difference was found between three groups ( $p = 0.029$ ), but when comparing groups in pairs this significance was demonstrated between the comparative group and subjects

## Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions

Tabela 2. Wyniki napięcia warg w grupie dziewcząt (grupa badana)

Tabela 2. Results of lip tension in the group of girls (study group)

Parametr / Parameter	Średnia / Mean	Mediana / Median	Minimum / Minimum	Maksimum / Maximum	Odch. standard / SD
Skurcz WG / Contraction UL	80.028	88.960	20.130	129.750	30.064
dMVC skurcz WG / dMVC contraction UL	0.490	0.480	0.240	0.640	0.090
%dMVC skurcz WG / %dMVC contraction UL	49.014	48.180	24.110	63.550	8.955
Skurcz WD / Contraction LL	118.624	122.070	33.310	200.600	52.748
dMVC skurcz WD / dMVC contraction LL	0.487	0.510	0.180	0.610	0.090
%dMVC skurcz WD / %dMVC contraction LL	48.711	50.780	17.8600	61.270	9.094
Relaks WG / Relaxation UL	14.315	14.380	4.830	25.680	5.754
dMVC relaks WG / dMVC relaxation UL	0.129	0.120	0.060	0.210	0.036
%dMVC relaks WG / %dMVC relaxation UL	12.905	12.020	6.240	20.980	3.631
Relaks WD / Relaxation LL	18.090	17.110	8.700	35.750	7.577

Tabela 3. Wyniki napięcia warg w grupie chłopców (grupa badana)

Tabela 3. Results of lip tension in the group of boys (study group)

Parametr / Parameter	Średnia / Mean	Mediana / Median	Minimum / Minimum	Maksimum / Maximum	Odch. standard / SD
Skurcz WG / Contraction UL	68.183	69.380	7.480	167.320	34.267
dMVC skurcz WG / dMVC contraction UL	0.456	0.460	0.220	0.580	0.083
%dMVC skurcz WG / %dMVC contraction UL	45.502	45.760	22.150	57.660	8.311
Skurcz WD / Contraction LL	155.918	146.580	32.950	292.870	76.7541
dMVC skurcz WD / dMVC contraction LL	0.477	0.490	0.290	0.590	0.082
%dMVC skurcz WD / %dMVC contraction LL	47.825	48.880	29.310	59.100	8.094
Relaks WG / Relaxation UL	13.280	11.410	3.000	27.830	6.751
dMVC relaks WG / dMVC relaxation UL	0.144	0.140	0.050	0.210	0.0331
%dMVC relaks WG / %dMVC relaxation UL	14.444	13.960	5.420	20.840	3.321
Relaks WD / Relaxation LL	22.083	20.710	6.430	49.120	10.991
dMVC relaks WD / dMVC relaxation LL	0.132	0.130	0.050	0.210	0.0341
%dMVC relaks WD / %dMVC relaxation LL	13.140	12.550	5.100	20.740	3.4121

( $p = 0,0046$ ) oraz między grupą porównawczą i badanymi oddychającymi przez nos ( $p = 0,043$ ). Swoista okazała się także różnica w zakresie %dMVC relaks WG ( $p = 0,0099$ ), ale tym razem istotną rozbieżność odnotowano tylko pomiędzy grupą porównawczą a grupą badanych oddychających przez usta ( $p = 0,0078$ ) (Tab. 9).

W zakresie zmiennej dMVC relaks WD stwierdzono istotną statystycznie różnicę pomiędzy trzema grupami ( $p = 0,029$ ), ale przy porównaniu grup parami tę istotność wykazano między grupą porównawczą a badanymi oddychającymi przez usta ( $p = 0,025$ ). Biorąc pod uwagę zmienną %dMVC relaks WG, zaobserwowano znamienne statystyczną różnicę pomiędzy trzema grupami ( $p = 0,040$ ), ale także – w porównaniu grup parami – wykazano istotność między

breathing through the mouth ( $p = 0,025$ ). Taking into account %dMVC relaxation UL, a statistically significant difference was observed between three groups ( $p = 0,040$ ), but also – in comparison of groups in pairs – significance was demonstrated between the comparative group and subjects breathing through the mouth ( $p = 0,034$ ).

To sum up, in children with tongue dysfunctions the most common symptoms are oral breathing route and increased tension of lip muscles at rest.

Lip tension and breathing route.

1. Comparison of lip tension in the study group – measurements during contraction:
  - a. Upper lip tension (Tab. 10).



Tabela 4. Wyniki napięcia warg w grupie badanej (dziewczęta i chłopcy)

Table 4. Results of lip tension in the study group (girls and boys)

Parametr / Parameter	Średnia / Mean	Mediana / Median	Minimum / Minimum	Maksimum / Maximum	Odch. standard / SD
Skurcz WG / Contraction UL	73.697	72.895	7.480	167.320	32.647
dMVC skurcz WG / dMVC contraction UL	0.472	0.470	0.220	0.640	0.087
%dMVC skurcz WG / %dMVC contraction UL	47.137	46.845	22.150	63.550	8.721
Skurcz WD / Contraction LL	138.557	130.335	32.950	292.870	68.716
dMVC skurcz WD / dMVC contraction LL	0.4827	0.500	0.180	0.610	0.085
%dMVC skurcz WD / %dMVC contraction LL	48.238	50.230	17.860	61.270	8.509
Relaks WG / Relaxation UL	13.762	13.420	3.000	27.830	6.274
dMVC relaks WG / dMVC relaxation UL	0.137	0.130	0.050	0.210	0.035
%dMVC relaks WG / %dMVC relaxation UL	13.728	13.270	5.420	20.980	3.524
Relaks WD / Relaxation LL	20.224	18.085	6.430	49.120	9.685
dMVC relaks WD / dMVC relaxation LL	0.128	0.130	0.050	0.240	0.037
%dMVC relaks WD / %dMVC relaxation LL	12.771	12.545	5.100	24.080	3.620

Tabela 5. Porównanie parametrów napięcia warg między dziewczętami a chłopcami (grupa badana)

Table 5. Comparison of lip tension parameters between girls and boys (study group)

Parametr / Parameter	Wartość statystyki Z w teście Manna-Whitney'a Value of the Z statistics in the Mann-Whitney test	Istotność statystyczna p Statistical significance p
Skurcz WG / Contraction UL	1.668	0.095
dMVC skurcz WG / dMVC contraction UL	1.506	0.132
%dMVC skurcz WG / %dMVC contraction UL	1.543	0.123
Skurcz WD / Contraction LL	1.707	0.088
dMVC skurcz WD / dMVC contraction LL	0.678	0.497
%dMVC skurcz WD / %dMVC contraction LL	0.655	0.513
Relaks WG / Relaxation UL	0.655	0.513
dMVC relaks WG / dMVC relaxation UL	1.944	0.052
%dMVC relaks WG / %dMVC relaxation UL	1.871	0.061
Relaks WD / Relaxation LL	1.356	0.175
dMVC relaks WD / dMVC relaxation LL	1.019	0.308
%dMVC relaks WD / %dMVC relaxation LL	0.889	0.374

grupą porównawczą a badanymi oddychającymi przez usta ( $p = 0,034$ ).

Podsumowując, u dzieci z dysfunkcją języka obserwuje się najczęściej ustny tor oddychania oraz zwiększone napięcie mięśni warg w pozycji spoczynkowej.

Napięcie warg a tor oddychania.

1. Porównanie napięcia warg w grupie badanej – pomiary w fazie skurczu:

a. Napięcie wargi górnej (Tab. 10).

In the study group (children with malocclusions and tongue dysfunctions, breathing through the mouth) there was less upper lip tension. In addition, the mean upper lip tension was significantly lower than in subjects breathing through the nose ( $76.6 \pm 27.5$  and  $81.1 \pm 37.6$ ), but this difference was not statistically significant ( $p > 0.05$ ).

b. Lower lip tension (Tab. 11).

In the study group, in patients breathing through the nose, the mean lower lip tension was significantly higher than in

## Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions

Tabela 6. Wyniki napięcia warg między dziewczętami a chłopcami - grupa porównawcza

Table 6. Results of lip tension between girls and boys – comparative group

Parametr / Parameter	Średnia / Mean	Mediana / Median	Minimum / Minimum	Maksimum / Maximum	Odch. standard / SD
Skurcz WG / Contraction UL	76.587	67.500	35.170	141.490	32.214
dMVC skurcz WG / dMVC contraction UL	0.448	0.430	0.200	0.590	0.097
%dMVC skurcz WG / %dMVC contraction UL	44.819	43.010	20.320	58.530	9.614
Średnia skurcz WD / Average contraction LL	137.808	157.650	23.440	211.700	64.303
dMVC skurcz WD / dMVC contraction LL	0.494	0.530	0.310	0.610	0.088
%dMVC skurcz WD / %dMVC contraction LL	49.288	53.380	30.580	60.830	8.831
Relaks WG / Relaxation UL	13.548	11.240	6.980	28.160	6.502
dMVC relaks WG / dMVC relaxation UL	0.115	0.100	0.050	0.290	0.060
%dMVC relaks WG / %dMVC relaxation UL	11.562	10.040	4.600	29.500	6.180
Relaks WD / Relaxation LL	16.976	16.070	4.300	26.970	5.862
dMVC relaks WD / dMVC relaxation LL	0.111	0.100	0.070	0.220	0.038
%dMVC relaks WD / %dMVC relaxation LL	11.286	10.340	7.400	22.290	3.819

Tabela 7. Porównanie parametrów napięcia warg między dziewczętami a chłopcami – grupa porównawcza

Table 7. Comparison of lip tension parameters between girls and boys – comparative group

Parametr / Parameter	Wartość statystyki Z w teście Manna-Whitney'a Value of the Z statistics in the Mann-Whitney test	Istotność statystyczna p Statistical significance p
Skurcz WG / Contraction UL	0.439	0.661
dMVC skurcz WG / dMVC contraction UL	0.245	0.807
%dMVC skurcz WG / %dMVC contraction UL	0.244	0.807
Skurcz WD / Contraction LL	0.732	0.464
dMVC skurcz WD / dMVC contraction LL	0.049	0.961
%dMVC skurcz WD / %dMVC contraction LL	0.049	0.961
Relaks WG / Relaxation UL	0.146	0.884
dMVC relaks WG / dMVC relaxation UL	0.147	0.883
%dMVC relaks WG / %dMVC relaxation UL	0.049	0.961
Relaks WD / Relaxation LL	-0.244	0.807
dMVC relaks WD / dMVC relaxation LL	1.136	0.256
%dMVC relaks WD / %dMVC relaxation LL	1.122	0.262

W grupie badanej (dzieci z wadą zgryzu i dysfunkcją języka, oddychające przez usta) zaobserwowano mniejsze napięcie wargi górnej. Ponadto stwierdzono u nich znacznie mniejsze średnie napięcie wargi górnej niż u badanych oddychających przez nos ( $76,6 \pm 27,5$  i  $81,1 \pm 37,6$ ), jednak ta różnica nie okazała się znamienna statystycznie ( $p > 0,05$ ).

b. Napięcie wargi dolnej (Tab. 11).

W grupie badanej, wśród pacjentów oddychających przez nos, odnotowano znacznie większe średnie napięcie wargi

subjects breathing through the mouth ( $150.3 \pm 68.7$  and  $142.0 \pm 64.2$ ). The difference was not statistically significant ( $p > 0.05$ ).

2. Comparison of lip tension in the study group – measurements during relaxation:  
a. Upper lip tension (Tab. 12).

During relaxation, i.e. when lips were at rest, decreased upper lip tension was observed in subjects breathing through the mouth in comparison to patients from the comparative group breathing through the nose. Subjects

Tabela 8. Porównanie parametrów napięcia warg pomiędzy grupami

Table 8. Comparison of lip tension parameters between groups

Parametr / Parameter	Wartość statystyki Z w teście Manna-Whitney'a Value of the Z statistics in the Mann-Whitney test	Istotność statystyczna p Statistical significance p
Skurcz WG / Contraction UL	0.114	0.909
dMVC skurcz WG / dMVC contraction UL	1.077	0.285
%dMVC skurcz WG / %dMVC contraction UL	1.101	0.271
Skurcz WD / Contraction LL	0.266	0.790
dMVC skurcz WD / dMVC contraction LL	0.646	0.518
%dMVC skurcz WD / %dMVC contraction LL	0.633	0.527
Relaks WG / Relaxation UL	0.297	0.766
dMVC relaks WG / dMVC relaxation UL	2.765	0.0057
%dMVC relaks WG / %dMVC relaxation UL	2.582	0.0098
Relaks WD / Relaxation LL	0.911	0.362
dMVC relaks WD / dMVC relaxation LL	2.321	0.0203
%dMVC relaks WD / %dMVC relaxation LL	2.227	0.026

Tabela 9. Porównanie parametrów napięcia warg pomiędzy grupami

Table 9. Comparison of lip tension parameters between groups

Parametr / Parameter	Wartość statystyki Z w teście Manna-Whitney'a Value of the Z statistics in the Mann-Whitney test	Istotność statystyczna p Statistical significance p	Różnice istotne statystycznie p Differences are statistically significant p
Skurcz WG / Contraction UL	0.352	0.983	
dMVC skurcz WG / dMVC contraction UL	1.246	0.536	
%dMVC skurcz WG / %dMVC contraction UL	1.269	0.530	
Skurcz WD / Contraction LL	0.573	0.751	
dMVC skurcz WD / dMVC contraction LL	0.777	0.678	
%dMVC skurcz WD / %dMVC contraction LL	0.731	0.694	
Relaks WG / Relaxation UL	0.424	0.809	
dMVC relaks WG / dMVC relaxation UL	10.222	0.0060	(P)-(U) p=0.0046 (P)-(N) p=0.0430
%dMVC relaks WG / %dMVC relaxation UL	9.228	0.0099	(P)-(U) p=0.0078
Relaks WD / Relaxation LL	2.951	0.229	
dMVC relaks WD / dMVC relaxation LL	7.077	0.0291	(P)-(U) p=0.0251
%dMVC relaks WD / %dMVC relaxation LL	6.438	0.0400	(P)-(U) p=0.0342

(U)- grupa badana- osoby oddychające przez usta  
(N)- grupa badana- osoby oddychające przez nos  
(K)- grupa porównawcza

(U)-study group – subjects breathing through the mouth  
(N)-study group – subjects breathing through the nose  
(K)- comparative group

*Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions*

dolnej niż u badanych, którzy oddychali przez usta ( $150,3 \pm 68,7$  i  $142,0 \pm 64,2$ ). Różnica nie była znamienna statystycznie ( $p > 0,05$ ).

2. Porównanie napięcia warg w grupie badanej – pomiary w fazie relaksu:

a. Napięcie wargi górnej (Tab. 12).

W fazie relaksu, tj. w pozycji spoczynkowej warg, odnotowano zmniejszone napięcie wargi górnej u badanych oddychających przez usta, w stosunku do pacjentów z grupy porównawczej oddychających przez nos. Oddychający ustnym torem uzyskali znacznie mniejszą średnią napięcia wargi górnej niż oddychający przez nos ( $14,6 \pm 6,17$  i  $19,1 \pm 24,4$ ). Mimo dość znacznej różnicy nie okazała się ona jednak znamienna statystycznie ( $p > 0,05$ ).

b. Napięcie wargi dolnej (Tab. 13).

U pacjentów oddychających przez usta zaobserwowano podwyższone napięcie wargi dolnej, w porównaniu do pacjentów oddychających przez nos. Dzieci oddychające przez usta uzyskały znacznie większą średnią niż badani, którzy oddychali przez nos ( $22,7 \pm 11,0$  i  $17,6 \pm 6,13$ ). Różnica nie była znamienna statystycznie.

Podsumowując, dzieci z wadą zgryzu i dysfunkcją języka, które oddychają przez usta, mają mniejsze napięcie górnego pęczka i większe dolnego mięśnia okrężnego ust, jednak uzyskane wyniki nie są znamienne statystycznie.

3. Wyniki pomiaru napięcia warg w grupie porównawczej (Tab. 14):

W grupie porównawczej wszyscy badani oddychali przez nos, zatem przedstawiono tylko uzyskane wyniki pomiaru napięcia warg, ale nie dokonano porównań.

a. Krzywe ROC (Receiver Operating Characteristic) (Ryc. 3, 4, 5, 6)

Najczęściej testy diagnostyczne opierają się na zmiennych ciągłych lub o uporządkowanych kategoriach. W takiej sytuacji właściwym środkiem oceny zdolności testu do rozróżnienia obiektów z daną cechą (np. osoby chore) od obiektów bez danej cechy (np. osoby zdrowe) są krzywe ROC.

W celu uszczegółowienia analizy statystycznej wprowadzono krzywe ROC, aby znaleźć punkt dyskryminacyjny, oddzielający np. wartości prawidłowe od nieprawidłowych. Należało wytyczyć punkt, który wyznacza nam określone wartości pozwalające sądzić, że poniżej tej wartości można podejrzewać, że badane osoby będą mieć dysfunkcję języka.

Krzywe ROC wyznaczono tylko w tych przypadkach, gdy napięcie warg w grupie badanej różniło się istotnie od grupy porównawczej. Jeśli bowiem wartość napięcia mięśnia okrężnego ust nie była znamienna pomiędzy grupami, to nie podejrzewano dysfunkcji języka. Ponadto wyliczono wartości graniczne (znajdujące się w opisach pod kolejnymi rycinami), powyżej których możemy podejrzewać nieprawidłową funkcję i położenie języka. Wzięto również pod uwagę tor oddychania, ponieważ – jak wiadomo – jest to czynnik predestynujący do występowania dysfunkcji języka.

Dla zmiennych, dla których uzyskano istotność statystyczną różnicy pomiędzy grupą badaną a porównawczą (osób

with an oral breathing route have achieved much lower mean upper lip tension than those breathing through the nose ( $14.6 \pm 6.17$  and  $19.1 \pm 24.4$ ). Despite a considerable difference, it did not turn out to be statistically significant ( $p > 0.05$ ).

b. Lower lip tension (Tab. 13).

In subjects breathing through the mouth, increased lower lip tension was observed compared to patients breathing through the nose. Children breathing through the mouth had a much higher mean score than those breathing through the nose ( $22.7 \pm 11.0$  and  $17.6 \pm 6.13$ ). The difference was not statistically significant.

In conclusion, children with malocclusions and tongue dysfunctions who breathe through the mouth have less tension of the upper bundle and higher tension of the lower bundle of the orbicularis oris muscle, but the results are not statistically significant.

3. Results of lip tension measurements in the comparative group (Tab. 14):

In the comparative group all subjects were breathing through the nose, so the results of lip tension measurements were only presented, and no comparisons were made.

a. Receiver Operating Characteristic (ROC) (Fig. 3, 4, 5, 6)

Most diagnostic tests are based on continuous variables or structured categories. In this case, ROC curves are an appropriate tool to assess the ability of a test to distinguish between objects with a given feature (e.g. sick people) and objects without a given feature (e.g. healthy people).

In order to make a statistical analysis more detailed, ROC curves were introduced to find a discriminating point, separating e.g. correct values from incorrect ones. It was necessary to determine a point that divides specific values in such a way that it allows us to believe that below this value it is possible to suspect that subjects will have a tongue dysfunction.

ROC curves were determined only in cases when lip tension in the study group differed significantly from the comparative group. If the value of tension of the orbicularis oris muscle was not significant between groups, no tongue dysfunction was suspected. In addition, limit values (shown in descriptions below the following figures) were calculated, above which we can suspect incorrect functions and position of the tongue. The respiratory route has also been taken into account as it is known to be a predisposing factor for tongue dysfunctions.

For variables for which statistical significance of a difference between the study group and the comparative group was obtained (subjects with tongue dysfunctions breathing through the mouth or nose), i.e. for dMVC relaxation UL, % dMVC relaxation UL, dMVC relaxation LL and %dMVC relaxation LL, ROC curves were used to estimate values above which it can be assumed that subjects will have tongue dysfunctions.

Tabela 10. Wyniki pomiaru napięcia wargi górnej w zależności od toru oddychania

Table 10. Results of measurement of upper lip tension depending on a breathing route

Oddychanie Breathing	Obliczone parametry (skurcz WG) / Calculated parameters (contraction UL)				
	Min	Max	x	Me	SD
Nos / Nose	29.1	167.3	81.1	73.8	37.6
Usta / Mouth	20.1	129.8	76.6	71.4	27.5
Porównanie / Comparison	z=0.284; p>0.05				

Tabela 11. Wyniki pomiaru napięcia wargi dolnej w zależności od toru oddychania

Table 11. Results of measurement of lower lip tension depending on a breathing route

Oddychanie Breathing	Obliczone parametry (skurcz WG) / Calculated parameters (contraction UL)				
	Min	Max	x	Me	SD
Nos / Nose	52.8	292.9	142.0	127.6	64.2
Usta / Mouth	33.3	287.2	150.3	155.3	68.7
Porównanie / Comparison	z=0.488; p>0.05				

Tabela 12. Wyniki pomiaru napięcia wargi górnej w zależności od toru oddychania

Table 12. Results of measurement of upper lip tension depending on a breathing route

Oddychanie Breathing	Obliczone parametry (relaks WG) / Calculated parameters (relaxation UL)				
	Min	Max	x	Me	SD
Nos / Nose	3.0	127.6	19.1	14.4	24.4
Usta / Mouth	6.8	27.8	14.6	13.1	6.17
Porównanie / Comparison	z=0.148; p>0.05				

Tabela 13. Wyniki pomiaru napięcia wargi dolnej w zależności od toru oddychania

Table 13. Results of measurement of lower lip tension depending on a breathing route

Oddychanie Breathing	Obliczone parametry (dół relaks) / Calculated parameters (bottom, relaxation)				
	Min	Max	x	Me	SD
Nos / Nose	6.6	29.2	17.6	16.4	6.13
Usta / Mouth	8.7	48.3	22.7	20.3	11.0
Porównanie / Comparison	z=1.351; p>0.05				

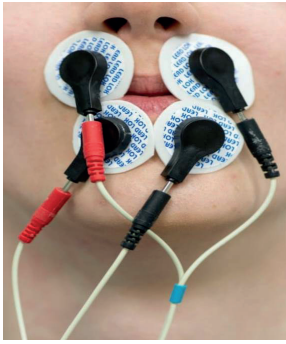
(p&gt;0.05)

Tabela 14. Wyniki pomiaru napięcia warg osób z grupy porównawczej

Table 14. Results of measurement of lip tension in subjects from the comparative group

Napięcie warg Lip tension	Obliczone parametry napięcia warg / Calculated parameters of lip tension				
	Min	Max	x	Me	SD
Skurcz WG / UL contraction	7.48	128.7	64.9	63.2	33.7
Skurcz WD / Contraction LL	7.5	211.7	122.0	131.1	70.5
Relaks WG / Relaxation UL	3.44	25.7	12.3	10.1	6.76
Relaks WD / Relaxation LL	4.3	49.1	19.4	17.7	9.97

## Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions



**Rycina 1. Rozmieszczenie elektrod. Źródło-material własny.**

*Figure 1. Placement of electrodes. Source – own material.*



**Rycina 2. Wykres przedstawiający wynik badania EMG. Źródło-material własny.**

*Figure 2. Chart showing EMG results. Source – own material.*

z dysfunkcją języka oddychających przez usta lub nos), a więc dla zmiennych dMVC relaks WG, % dMVC relaks WG, dMVC relaks WD i %dMVC relaks WD, za pomocą krzywych ROC oszacowano wartości, powyżej których można przypuszczać, że badane osoby będą miały dysfunkcję języka.

## Dyskusja

W niniejszych badaniach stwierdzono, że u dzieci z grupy badanej (wada zgryzu powikłana dysfunkcją języka) napięcie warg było wyższe zarówno w stosunku do pacjentów z grupy porównawczej, jak i do pacjentów z normą zgryzową. Natomiast u dzieci z grupy porównawczej (dzieci z wadą zgryzu bez dysfunkcji języka) występuje zwiększone napięcie mięśnia okrężnego ust, zarówno w jego dolnej, jak i górnej części, w porównaniu do pacjentów z normą zgryzową. Różnice występowały również w przypadku toru oddychania. Aktywność mięśnia okrężnego ust, szczególnie jego dolnej części, była większa u osób z grupy badanej, które oddychają przez usta, niż u badanych oddychających przez nos. Stwierdzono wówczas zmniejszone napięcie wargi górnej (skurcz 81,1 vs 76,6) (relaks 19,2 vs 14,6) zaś zwiększone napięcie wargi dolnej (skurcz 142,0 vs 150,3) (relaks 17,6 vs 22,7) zarówno w fazie skurczu, jak i relaksu. Mimo że uzyskane wyniki nie są statystycznie znamienne, to mają znaczenie kliniczne, ponieważ wynik aktywności pęczka górnego lub dolnego mięśnia okrężnego ust mogą wskazywać na występowanie dysfunkcji języka. W związku z tym zasadnym wydaje się badanie napięcia mięśnia okrężnego ust oraz zwiększenie nacisku na reedukację toru oddychania. W świetle dostępnego piśmiennictwa i wyników badań własnych można wysnuć wniosek, że występuje korelacja pomiędzy napięciem mięśnia okrężnego ust a typem przełykania. Pacjenci z niemowlęcym typem wykazują zwiększoną aktywność mięśnia okrężnego ust w czasie spoczynku i w pozycji

## Discussion

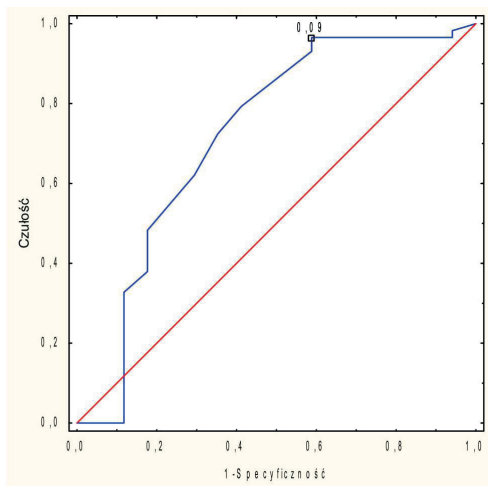
This study found that in children in the study group (malocclusion complicated by tongue dysfunction) lip tension was higher both in the comparative group and in patients with normal occlusion. However, in children in the comparative group (children with malocclusions without tongue dysfunctions) there is increased tension of the orbicularis oris muscle, both in its lower and upper part, compared to patients with normal occlusion. There were also differences regarding a breathing route. The activity of the orbicularis oris muscle, especially its lower part, was higher in subjects in the study group who breathe through the mouth than in those who breathe through the nose. It was then found that upper lip tension was decreased (contraction 81.1 vs 76.6) (relaxation 19.2 vs 14.6) while lower lip tension was increased (contraction 142.0 vs 150.3) (relaxation 17.6 vs 22.7) both during contraction and relaxation. Although the results obtained are not statistically significant, they are of clinical importance because the activity of the upper or lower bundle of the orbicularis oris muscle may indicate tongue dysfunctions. Therefore, it seems appropriate to test tension of the orbicularis oris muscle and to pay more attention to re-education of a breathing route. In the light of available literature and results of own studies, it can be concluded that there is a correlation between tension of the orbicularis oris muscle and a swallowing pattern. Patients with an infantile swallowing pattern show increased activity of the orbicularis oris muscle at rest and in a forced position. Obtained results confirm observations by Dutra et al. (11) who compared the activity of the mentalis muscle and the lower bundle of the orbicularis oris muscle in 34 patients with an oral and nasal breathing route at the age of 11–14 years. Increased activity of both muscles was

wymuszonej. Uzyskane wyniki potwierdzają obserwacje Dutra i wsp. (11), którzy porównali aktywność mięśnia bródkowego i dolnego pęczka mięśnia okrężnego ust u 34 pacjentów z ustnym i nosowym torem oddychania w wieku od 11 do 14 lat. Zaobserwowano zwiększoną aktywność obu mięśni w trakcie pozycji spoczynkowej oraz w czasie poszczególnych czynności u pacjentów oddychających przez usta.

Saccucci i wsp. (16) przeprowadzili badania na grupie 13 osób (średnia wieku  $9 \pm 1,5$ ) ze zdiagnozowaną II klasą, zgryzem głębokim i niekompetentnymi wargami. Grupę kontrolną stanowiło 15 pacjentów z normą zgryzową

observed at rest and during individual activities in patients breathing through the mouth.

Saccucci et al. (16) conducted studies in a group of 13 people (mean age  $9 \pm 1.5$ ) diagnosed with class II, deep bite and lip incompetence. The control group consisted of 15 patients with normal occlusion and normal lip competence (mean age  $9.5 \pm 0.8$ ). Measurements of tension of the orbicularis oris muscle were recorded during such positions as resting position, saliva swallowing, mandibular protrusion, mouth opening, teeth grinding, kissing. Lower tension of the lower part of the orbicularis oris muscle was found at rest



Rycina 3. Parametr dMVC relaks - mierzony na wardze górnej w pozycji spoczynkowej. Proponowany punkt odcięcia wynosi 0,09

*Figure 3. dMVC relaxation parameter – measured on the upper lip at rest. Proposed cut-off point is 0.09*

AUC (ang. Area Under Curve), czyli pole pod krzywą ROC wynosi 0,721, dlatego z prawdopodobieństwem 0,95 (95%) możemy domniemywać, że wartości pomiarów napięcia wargi górnej w pozycji spoczynkowej dMVC, poniżej wyliczonej przez program STATISTICA wartości 0,09 (zaznaczonej na wykresie) świadczyć mogą o występowaniu dysfunkcji.

SE (błąd) - 0,082

Ufność - 95% - 0,56

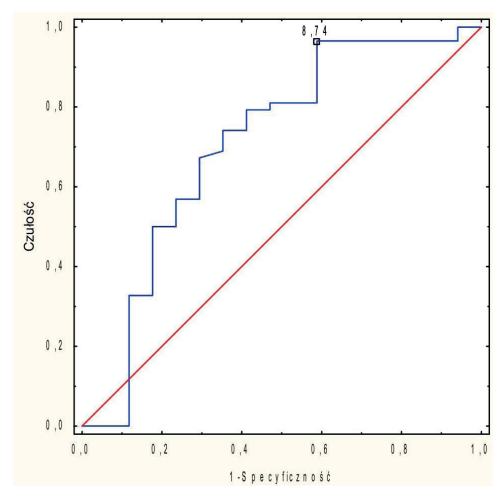
Ufność + 95% - 0,882

*AUC (Area Under Curve), i.e. the area under the ROC curve is 0.721, therefore with probability of 0.95 (95%) we can assume that values of upper lip tension measurements at rest dMVC, below the value of 0.09 calculated by STATISTICA software (visible on the chart), may indicate the presence of dysfunction.*

SE (error) - 0.082

Confidence - 95% - 0.56

Confidence + 95% - 0.882



Rycina 4. Parametr %dMVC relaks - mierzony na wardze górnej w pozycji spoczynkowej. Proponowany punkt odcięcia wynosi 8,74

*Figure 4. %dMVC relaxation parameter – measured on the upper lip at rest. Proposed cut-off point is 8.74*

AUC (ang. Area Under Curve), czyli pole pod krzywą ROC wynosi 0,707, dlatego z prawdopodobieństwem 0,95 (95%) możemy domniemywać, że wartości pomiarów napięcia wargi górnej w pozycji spoczynkowej %dMVC, poniżej wyliczonej przez program STATISTICA wartości 8,74 (zaznaczonej na wykresie) świadczyć mogą o występowaniu dysfunkcji.

SE (błąd) - 0,082

Ufność - 95% - 0,546

Ufność + 95% - 0,862

*AUC (Area Under Curve), i.e. the area under the ROC curve is 0.707, therefore with probability of 0.95 (95%) we can assume that values of upper lip tension measurements at rest %dMVC, below the value of 8.74 calculated by STATISTICA software (visible on the chart), may indicate the presence of dysfunction.*

SE (error) - 0.082

Confidence - 95% - 0.546

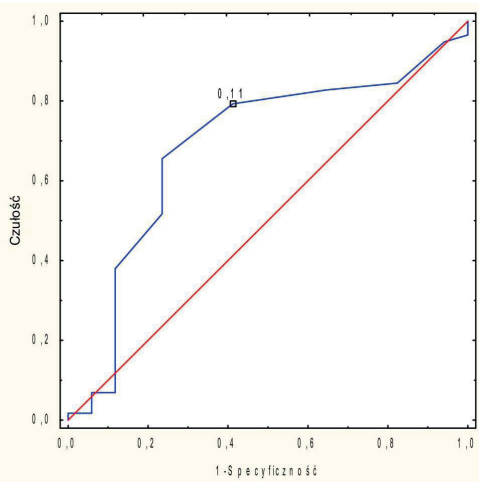
Confidence + 95% - 0.862

## Use of surface electromyography for diagnosis of tongue dysfunctions

i prawidłowym kontaktem warg (średni wiek  $9,5 \pm 0,8$ ). Pomiary napięcia mięśnia okrężnego ust rejestrowano podczas takich pozycji jak pozycja spoczynkowa, połykanie śliny, wysuwanie żuchwy, otwieranie ust, zgrzytanie zębami, całowanie. Stwierdzono niższe napięcie dolnej części mięśnia okrężnego ust w pozycji spoczynkowej i w czasie ruchów doprzednich żuchwy w grupie badanej, w porównaniu do grupy kontrolnej. Wzrost napięcia górnego i dolnego pęczka mięśnia okrężnego ust zarejestrowano w trakcie wykonywania pozostałych ruchów, jednakże wynik nie był znamieny statystycznie. Uzyskanego rezultatu nie potwierdzają badania

and during anterior mandibular movements in the study group in comparison to the control group. Increased tension of the upper and lower bundle of the orbicularis oris muscle was observed during other movements, but results were not statistically significant. Obtained results are not confirmed by our own studies, because during muscle relaxation higher activity of the lower bundle of the orbicularis oris muscle was observed.

Siqueira et al. (6) compared tension of the orbicularis oris muscle between 25 girls diagnosed with class II with protrusion of upper incisors and 25 girls with normal



Rycina 5. Parametr dMVC relaks mierzony na wardze dolnej w pozycji spoczynkowej. Proponowany punkt odcięcia wynosi 0,11

Figure 5. dMVC relaxation parameter measured on the lower lip at rest. Proposed cut-off point is 0.11

AUC (ang. Area Under Curve), czyli pole pod krzywą ROC wynosi 0,686, dlatego z prawdopodobieństwem 0,95 (95%) możemy domniemywać, że wartości pomiarów napięcia wargi dolnej w pozycji spoczynkowej dMVC, poniżej wyliczonej przez program STATISTICA wartości 0,11 (zaznaczonej na wykresie) świadczyć mogą o występowaniu dysfunkcji.

SE (błąd) – 0,686

Ufność - 95% - 0,536

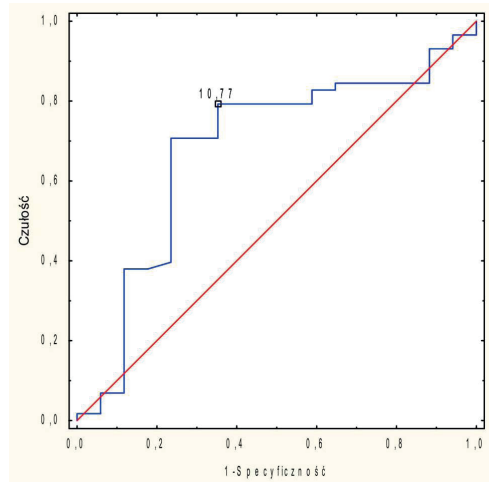
Ufność + 95% - 0,835

AUC (Area Under Curve), i.e. the area under the ROC curve is 0.686, therefore with probability of 0.95 (95%) we can assume that values of lower lip tension measurements at rest dMVC, below the value of 0.11 calculated by STATISTICA software (visible on the chart), may indicate the presence of dysfunction.

SE (error) – 0.686

Confidence - 95% - 0.536

Confidence + 95% - 0.835



Rycina 6. Parametr %dMVC relaks mierzony na wardze dolnej w pozycji spoczynkowej. Proponowany punkt odcięcia wynosi 10,77

Figure 6. %dMVC relaxation parameter measured on the lower lip at rest. Proposed cut-off point is 10.77

AUC (ang. Area Under Curve), czyli pole pod krzywą ROC wynosi 0,679, dlatego z prawdopodobieństwem 0,95 (95%) możemy domniemywać, że wartości pomiarów napięcia wargi dolnej w pozycji spoczynkowej dMVC, poniżej wyliczonej przez program STATISTICA wartości 10,77 (zaznaczonej na wykresie) świadczyć mogą o występowaniu dysfunkcji.

SE (błąd) – 0,078

Ufność - 95% - 0,527

Ufność + 95% - 0,831

AUC (Area Under Curve), i.e. the area under the ROC curve is 0.679, therefore with probability of 0.95 (95%) we can assume that values of lower lip tension measurements at rest dMVC, below the value of 10.77 calculated by STATISTICA software (visible on the chart), may indicate the presence of dysfunction.

SE (error) – 0.078

Confidence - 95% - 0.527

Confidence + 95% - 0.831



własne, ponieważ w trakcie relaksacji mięśnia zaobserwowano wyższą aktywność pęczka dolnego mięśnia okrężnego ust.

Siqueira i wsp. (6) porównali napięcie mięśnia okrężnego ust pomiędzy 25 dziewczętami ze zdiagnozowaną II klasą z protruzją siekaczy górnych z 25 dziewczętami w których stwierdzono normę zgryzową. Zaobserwowano zwiększone napięcie górnego i dolnego pęczka mięśnia okrężnego ust w czasie relaksu u pacjentów z grupy badanej, w porównaniu do pacjentów z normą zgryzową. Autorzy uzyskany wynik tłumaczą niekompetencją warg i tym samym wymuszoną pozycją ust, tworzącą uszczelnienie przednie w trakcie spoczynku. Wynik w zakresie napięcia wargi dolnej zgadza się z rezultatem uzyskanym w badaniach własnych, w których pacjenci z grupy badanej z ustnym torem oddychania mieli zmniejszone napięcie wargi górnej i zwiększone wargi dolnej.

Gamboa i wsp. (15) przebadali elektromiografią powierzchniową 20 osób z kompetentnymi i 20 z niekompetentnymi wargami. W obu grupach stwierdzono u pacjentów normę zgryzową. Zaobserwowano, że pacjenci z niekompetentnymi wargami i prawidłową okluzją mają wyższą aktywność górnego i dolnego pęczka mięśnia okrężnego ust, w porównaniu do pacjentów z ich prawidłowym kontaktem. Przedstawione wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach Gustafssona i Ahlgrena (8) oraz Tosello i wsp. (13).

Na podstawie dostępnej literatury na temat elektromiografii powierzchniowej jako narzędzia diagnostycznego dysfunkcji języka można stwierdzić, że liczby badanych dzieci w poszczególnych grupach są porównywalne do tych objętych obecną analizą. Różnice w napięciu warg u poszczególnych pacjentów w kolejnych próbach mogą wynikać z doboru grupy niehomogennej pod względem wady zgryzu w badaniach własnych. Dlatego uzyskane wyniki mogą być podstawą dalszych badań, a w szczególności pomocne byłoby wykorzystanie krzywych ROC do różnicowania dzieci z wadą zgryzu pod kątem występowania dysfunkcji języka.

## Wnioski

Diagnostyka kliniczna nie zawsze umożliwia rozpoznanie dysfunkcji języka, dlatego w celu wykrycia jego nieprawidłowej funkcji i położenia pomocne wydaje się wykorzystanie takich metod, jak elektromiografia powierzchniowa. W przypadku rozpoznania klinicznego może ona stanowić obiektywną dokumentację umożliwiającą weryfikację rozpoznania i ustalenie właściwego planu leczenia.

Elektromiografia powierzchniowa stanowi dobre narzędzie do diagnozowania dysfunkcji języka u dzieci. Zastosowanie w analizie statystycznej krzywych ROC pozwala oszacować w zakresie zmiennych napięcia warg, którzy badani będą mieli dysfunkcję języka.

occlusion. Increased tension of the upper and lower bundle of the orbicularis oris muscle was observed during relaxation in patients in the study group, compared to patients with normal occlusion. According to the authors, results are explained by lip incompetence, namely a forced position of the mouth, forming a front seal at rest. Results of lower lip tension are consistent with those obtained in our own studies where patients in the study group with an oral breathing route had decreased upper lip tension and increased lower lip tension.

Gamboa et al. (15) examined 20 people with lip competence and 20 with lip incompetence using surface electromyography. Patients with normal occlusion were in both groups. It was observed that patients with lip incompetence and normal occlusion had higher activity of the upper and lower bundle of the orbicularis oris muscle compared to patients with normal lip competence. Presented results are confirmed by studies of Gustafsson and Ahlgren (8), and Tosello et al. (13).

Based on the available literature on surface electromyography as a diagnostic tool for tongue dysfunctions, it can be concluded that the numbers of children studied in individual groups are comparable to those covered by a current analysis. Differences in lip tension in individual patients in subsequent trials may result from the selection of a heterogeneous group with respect to malocclusions in our own studies. Therefore, results obtained may serve as a basis for further research, and in particular it would be helpful to use ROC curves to differentiate between children with malocclusions for tongue dysfunctions.

## Conclusions

Clinical diagnostics does not always allow the diagnosis of tongue dysfunctions, so it is helpful to use methods such as surface electromyography to detect abnormal functions and positions of the tongue. When a clinical diagnosis has been made, it may provide objective documentation to verify the diagnosis and establish an appropriate treatment plan.

Surface electromyography is a good tool for diagnosing tongue dysfunctions in children. The use of ROC curves in a statistical analysis allows to estimate which subjects might have tongue dysfunctions in relation to lip tension variables.

**Piśmiennictwo / References**

1. Kołodziejczyk K, Kawala B, Kawala M, Bednarska J, Antoszewska-Smith J. EMG a precyzja i dokładność w stomatologii. *Dent Med Probl* 2015; 52: 466-71.
2. Cooper BC. The role of bioelectronic instrumentation in the documentation and management of temporomandibular disorders. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997; 83: 91-100.
3. Castrolorio T, Bracco P, Farina D. Surface electromyography in the assessment of jaw elevator muscles. *J Oral Rehabil* 2008; 35: 638-45.
4. Andrade AS, Gavião MB, DeRossi M. Electromyographic activity and thickness of masticatory muscles in children with unilateral posterior crossbite. *Clin Anat* 2009; 22: 200-6.
5. Rossi DM, Rossi DA, Hallak JEC, Vitti M, Regato Hallak SC. Electromyographic evaluation in children having rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136: 355-60.
6. Vieira de Siqueira VC, Alves de Sousa M, Bérzin F, Souza Casarini CA. Electromyographic analysis of the orbicularis oris muscle in youngsters with Class II, Division 1 and normal occlusion. *Dent Press J Orthod* 2011; 16: 5: 54-61.
7. Nęcka A, Kawala E, Matthews-Brzozowska T. Badanie napięcia mięśni mimicznych przy użyciu elektromiografii u pacjentów z zespołem Downa. *Rocz PAM* 2007; 53: 98-101.
8. Gustafsson M, Ahlgren J. Mentalis and orbicularis oris activity in children with incompetent lips: an electromyographic and cephalometric study. *Acta Odontol Scand* 1975; 33: 355-63.
9. Bakhtiyari J, Dadgar H, Sadolahi A, Khatoonabadi RA. Oral stereognosis in children with cleft palate and normal children. *Middle East J Rehabil Health* 2014; 1: e20840.
10. Stepp CE. Surface Electromyography for Speech and Swallowing Systems: Measurement, Analysis, and Interpretation. *JSLHR* 2012; 55: 1232-46.
11. Dutra EH, Mauro H, Vianna-Lara MS. Electromyographic activity evaluation and comparison of the orbicularis oris (lower fascicle) and mentalis muscles in predominantly nose- or mouth- breathing subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129; 6: 722 e1-9.
12. Wheeler-Hegland KM, Rosenbek JC, Sapienza CM. Submental sEMG and Hyoid Movement During Mendelsohn Manoeuvre, Effortful Swallow, and Expiratory Muscle Strength Training. *J Speech Lang Hear Res* 2008; 51: 1643.
13. Tosello DO, Vitti M, Berzin F. EMG activity of the orbicularis oris and mentalis muscles in children with malocclusion, incompetent lips and atypical swallowing part I. *J Oral Rehabil* 1998; 25: 838-46.
14. Mańka-Malara K, Gawlak D, Łuniewska J. Zastosowanie elektromiografii powierzchniowej w stomatologii-przegląd piśmiennictwa. *Protet Stomatol* 2014; 64: 369-76.
15. Gamboa NA, Miralles R, Valenzuela S, Santander H, Cordova R, Bull R, Espinoza DA, Martínez CA. Comparison of muscle activity between subjects with or without lip competence: Electromyographic activity of lips, supra- and infrahyoid muscles. *Cranio* 2017; 35: 385-91.
16. Saccucci M, Tecco S, Ierardo G, Luzzi V, Festa F, Polimieni A. Effects of interceptive orthodontic on orbicularis muscle activity: A surface electromyographic study in children. *J Electromio Kinesiol* 2011; 21: 665-71.