

Bioelectrical activity changes of selected head and neck muscles in patients with centrally located oral cavity cancer before and after surgery – preliminary report*

Zmiany bioelektrycznej aktywności wybranych mięśni głowy i szyi u pacjentów z centralną lokalizacją nowotworu jamy ustnej, przed i po zabiegu chirurgicznym. Doniesienie wstępne*

Dorota Margula-Jaśkowska¹, Ludmila Halczy-Kowalik¹, Edward Kijak²

¹ Samodzielna Pracownia Rehabilitacji Pooperacyjnej Chirurgii Szczękowo-Twarzowej, Pomorski Uniwersytet Medyczny, Szczecin, Polska
Independent Laboratory of Postoperative Rehabilitation in Maxillofacial Surgery, Pomeranian Medical University, Szczecin, Poland
Head: dr hab. L. Halczy-Kowalik

² Zakład Protetyki, Pomorski Uniwersytet Medyczny, Szczecin, Polska
Department of Prosthetic Dentistry, Pomeranian Medical University, Szczecin, Poland
Head: prof. dr hab. B. Frączak

Abstract

Introduction. One of the main factors affecting the quality of life is natural oral nutrition. Damage to oral cavity structures that is associated with the cancer treatment within the area of head and neck can impede or prevent oral nutrition. Return to natural nutrition requires muscle exercising that lead to the creation of a new swallowing pattern due to changes in the order and intensity of muscle contractions in the stomatognathic system resulting from their adaptation capability. **Aim of the study.** To evaluate the activity of selected head and neck muscles during swallowing after the removal of a centrally located oral cancer; and to undertake self-assessment of oral cavity functions performed by the patients after each electromyographic examination. **Materials and methods.** The study group comprised patients who underwent surgery due to centrally located cancer of the oral mucosa. In the early post-surgical period, the patients were practising to improve sealing of their mouths and saliva swallowing. Each patient was examined three times with the use of surface

Streszczenie

Wprowadzenie. Jedną z głównych cech wpływających na jakość życia jest możliwość odżywiania drogą naturalną. Uszkodzenie struktur jamy ustnej związane z leczeniem nowotworów tej okolicy utrudnia lub uniemożliwia doustne odżywianie. Przywrócenie normalnego odżywiania wymaga ćwiczeń mięśniowych prowadzących do wytworzenia nowego modelu połykania dzięki zmianie kolejności oraz intensywności skurczów mięśni układu stomatognatycznego wynikających z ich zdolności adaptacyjnych. **Cel pracy.** Celem pracy była ocena aktywności podczas połykania wybranych mięśni głowy i szyi po usunięciu nowotworu jamy ustnej o centralnej lokalizacji oraz samoocena funkcji jamy ustnej dokonana przez pacjentów każdorazowo po badaniu elektromiograficznym. **Materiał i metody.** Grupę badaną stanowili chorzy operowani z powodu raka wywodzącego się z błony śluzowej jamy ustnej z jego lokalizacją w okolicy pośrodkowej. W okresie wczesnopooperacyjnym, chorzy pracowali nad poprawą zwarcia szpary ust i połykaniem śliny.

KEYWORDS:

oral cancer, electromyography, masticatory muscles, mouth rehabilitation

HASŁA INDEKSOWE:

nowotwory jamy ustnej, elektromiografia, mięśnie żucia, rehabilitacja jamy ustnej

* This study was co-financed by the “Young researcher” grant No. MB – 284-90/13.

* Badanie zostało współfinansowane przez projekt „Młody badacz” dotacja Nr MB – 284-90/13.

electromyography (pre-operatively, at one month and at three months after the surgery). Bilateral masseters, sternocleidomastoids, suprahyoid and orbicularis oris muscles were the examined muscles. The examination was performed with the use of Zebris 8 EMG Bluetooth device (Zebris, Isny im Allgau, Germany) and surface electrodes. Compensatory mechanisms to facilitate swallowing and self-assessment by the patients to evaluate oral functions i.e. chewing, swallowing, speech according to Functional Intraoral Glasgow Scale were recorded. **Results.** During post-surgical examinations, a general increase in the activity of the majority of selected head and neck muscles was observed. There were no statistically significant differences between the average muscle tensions on the right or left side. Patients using compensatory mechanisms manifested a statistically higher tension of selected muscles. Chewing function was assessed by the patients as the worst before surgery, then it deteriorated after the procedure, and significantly improved three months post-surgically. **Conclusion.** The assumption that the extra-oral muscles are involved in the patient's efforts aimed at maintaining nutrition naturally despite extensive removal of intra-oral structures responsible for swallowing was confirmed by the results of the research.

Introduction

Every year, 550.000 new cases of head and neck cancer are recorded worldwide.¹ Most of the patients are subjected to a combined treatment of a surgery followed by radiotherapy, which results in the detriment of their quality of life.²⁻⁵

One of the main factors affecting the quality of life is the ability to enjoy oral nutrition. Damage to oral cavity structures due to cancer treatment disturbs the activation and course of mastication and swallowing, making their performance difficult or impossible.⁶⁻⁸ In the case of treatment of neoplastic lesions localized on one side of the body, the other side, not affected by surgery, can take over some of the activities associated with the act of food intake thanks to a process of spontaneous adaptation.^{9,10}

However, if the tumour is in a central location then the combined therapy can result in changes associated with non-effective oral transport,

U każdego pacjenta przeprowadzono badania elektromiograficzne przedoperacyjnie, 1 miesiąc oraz 3 miesiące po zabiegu operacyjnym. Badaniu elektromiograficznemu poddano następujące mięśnie: obustronnie żwacze, mostkowo-obojęczkowo-sutkowe, nadgnykowe oraz górną i dolną część mięśnia okrężnego ust. Badanie przeprowadzono urządzeniem Zebris 8 EMG bluetooth (Zebris, Isny im Allgäu, Niemcy) z wykorzystaniem elektrod powierzchniowych. Rejestrowano kompensacyjne mechanizmy ułatwiające połykanie i samoocenę pacjentów ich funkcji żucia, połykania i mowy według skali FIGS (Functional Intraoral Glasgow Scale). **Wyniki.** W badaniach pooperacyjnych zaobserwowano ogólny wzrost aktywności większości wybranych mięśni głowy i szyi. Średnie napięcia mięśni strony prawej i strony lewej nie różniły się w sposób istotny. Pacjenci stosujący mechanizmy kompensacyjne wykazywali statystycznie wyższe napięcia wybranych mięśni. Funkcja żucia była najgorzej ocenianą przez chorych funkcją przed zabiegiem, uległa ona pogorszeniu po zabiegu i istotnej poprawie po upływie 3 miesięcy. **Wnioski.** Przyjęte założenie, że mięśnie zewnątrzustne biorą udział w wysiłkach chorego zmierzających do utrzymania odżywiania drogą naturalną, pomimo obszernego wycięcia struktur wewnątrzustnych odpowiedzialnych za połykanie, znalazło potwierdzenie w wynikach uzyskanych badań.

Wstęp

Co roku na świecie odnotowuje się 550 000 nowych przypadków zachorowań na nowotwory głowy i szyi.¹ Większość pacjentów zostaje poddana skojarzonemu leczeniu chirurgiczno-radio-terapeutycznemu, które skutkuje pogorszeniem jakości życia.²⁻⁵

Jednym z głównych czynników wpływających na jakość życia jest możliwość odżywiania drogą doustną. Uszkodzenie struktur jamy ustnej związane z leczeniem nowotworu zaburza aktywację i przebieg faz żucia i połykania, utrudniając lub uniemożliwiając ich przeprowadzenie.⁶⁻⁸ W przypadku terapii zmian nowotworowych zlokalizowanych jednostronnie, strona przeciwna do zabiegu, w procesie spontanicznej adaptacji, może przejąć część czynności związanych z aktem przyjmowania pokarmu.^{9,10}

Gdy nowotwór zlokalizowany jest pośrodkowo, wtedy skojarzona terapia może skutkować wy-

delays in the pharyngeal phase, and the lack of synchronization of the activities constituting the pharyngeal phase of swallowing.¹¹ Each of these disorders can lead to food aspiration into the airways.^{6,7,12}

The purpose of rehabilitation is to help the patients in creating a new swallowing pattern, free from aspiration, which, due to adaptation, compensation and practising to swallow using postural and swallowing maneuvers, is capable of transporting food from the mouth to the stomach. In this study, it has been assumed that extra-oral muscles are involved in the restoration of natural nutrition in patients after resection of a centrally localized tumour.

The aim of this study is to evaluate the activity of selected head and neck muscles during the process of swallowing rehabilitation after excision of an oral tumour with a central location, and the self-assessment of oral cavity functions performed by the patient.

Materials and methods

The study group comprised patients with squamous cell carcinoma of the oral cavity with central localization who had undergone surgery in the Department of Oral and Maxillofacial Surgery. The study was carried out in the period between November 2013 and November 2015. The criterion for inclusion into the group was the presence of primary oral cancer originating in mucosa, and its surgical treatment. Exclusion criteria were the presence of a recurrence or the second focus of cancer of the mouth.

During the early post-surgical period, the patients were practising movement of the lip muscles three times a day for five minutes (pretending to whistle, blowing directly at a piece of paper lying on the table) and swallowing saliva every hour on the hour. At two weeks postoperatively, the patients were trying to practise swallowing of 3 ml 0.9% saline solution.

Each patient was subjected to three examinations (pre-surgically, at one month and at three months after the surgery) of the selected muscles of the head and neck (i.e. bilateral sternocleidomastoid muscle, masseter, suprahyoid muscles, and the

wołaniem zmian związanych z nieefektywnym transportem ustnym, opóźnioną inicjacją fazy gardłowej, brakiem synchronizacji czynności tworzących gardłową fazę połykania.¹¹ Każde z wymienionych zaburzeń może powodować aspirację treści pokarmowej do dróg oddechowych.^{6,7,12}

Celem rehabilitacji połykania jest pomoc choremu w stworzeniu nowego modelu połykania, wolnego od aspiracji, w którym dzięki adaptacji, kompensacji i nauce połykania z użyciem manewrów posturalnych i połknięciowych jest możliwy transport pożywienia z jamy ustnej do żołądka. Założyliśmy, że w przywracanie naturalnego sposobu odżywiania u chorych po wycięciu nowotworu środkowej części jamy ustnej są zaangażowane mięśnie zewnątrzustne.

Celem pracy jest ocena aktywności wybranych mięśni głowy i szyi, dokonana podczas rehabilitacji połykania, u chorych po wycięciu nowotworu jamy ustnej o centralnej lokalizacji oraz samoocena funkcji jamy ustnej dokonywana przez pacjenta.

Materiał i metody

Grupę badaną stanowili pacjenci operowani z powodu raka płaskonabłonkowego zlokalizowanego w środkowej części jamy ustnej w Klinice Chirurgii Szczękowo-Twarzowej. Badania były przeprowadzone w okresie od listopada 2013 r. do listopada 2015 r. Kryterium włączenia do grupy była obecność pierwotnego nowotworu wywodzącego się z błony śluzowej jamy ustnej oraz jego leczenie operacyjne. Kryterium wyłączenia była obecność wznowy lub drugiego ogniska nowotworu złośliwego jamy ustnej.

We wczesnym okresie pooperacyjnym pacjenci ćwiczyli szczelne zamykanie ust trzy razy dziennie przez okres 5 minut (układanie ust do gwizdania, dmuchanie na kartkę papieru ułożoną na stole) oraz połykanie śliny o każdej pełnej godzinie. Po upływie dwóch tygodni od zabiegu operacyjnego, pacjenci podejmowali próby połykania 3ml 0,9% soli fizjologicznej.

U każdego pacjenta przeprowadzono trzykrotnie: przedoperacyjnie, 1 miesiąc po zabiegu oraz 3 miesiące po zabiegu – badanie elektromiograficzne wybranych mięśni głowy i szyi (obu-

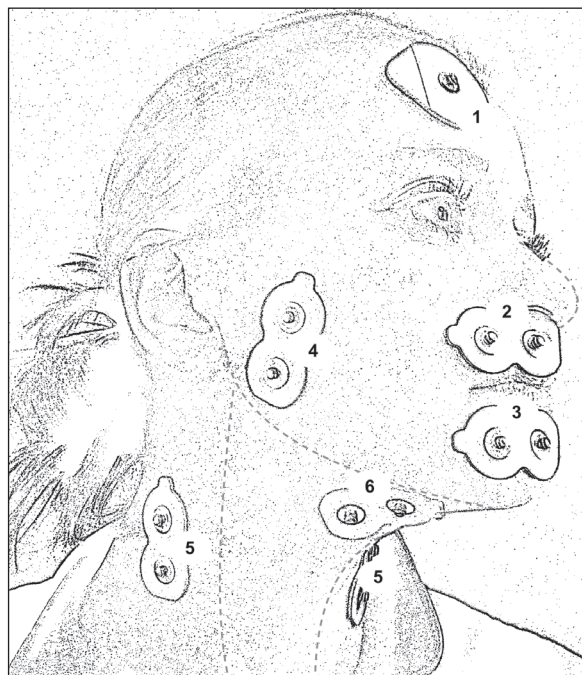


Fig. 1. The localization of surface electrodes.
Lokalizacja elektrod powierzchniowych.

upper and lower part of the orbicularis oris muscle). The Zebris 8 EMG Bluetooth device (Zebris, Isny im Allgäu, Germany) was employed with one single and eight double disposable surface electrodes Ag/AgCl (Noraxon, Scottsdale, USA). Dual Naroxon electrodes have the 8-shaped adhesive surface with dimensions of 4 cm x 2.2 cm, the diameter of a single conductive surface is 1 cm and interelectrode distance is 1.75 cm. The single Noraxon electrode has the adhesive area of 3.8 cm with the diameter of the circular conductive area of 1 cm. Figure 1 presents the localization of surface electrodes. Electrode 1 is a single reference electrode placed within the forehead area. Electrode 2 records the measurement of the upper part of the orbicularis muscle tension, electrode 3 the lower part of the orbicularis muscle tension, electrode 4 the mean tension of the masseter, electrode 5 the sternocleidomastoid muscle, and electrode 6 the suprahyoid muscles of a particular side (it is placed at the height of the front belly of the digastric muscle).

During the study, the patients were seated

stronnie mięśni mostkowo-obojczykowo-sutkowych, żwaczy, mięśni nadgnykowych i mięśnia okrężnego ust – części górnej i dolnej). W badaniu użyto urządzenia Zebris 8 EMG bluetooth (Zebris, Isny im Allgäu, Niemcy) w zestawie z jedną pojedynczą oraz ośmioma podwójnymi jednorazowymi elektrodami powierzchniowymi Ag/AgCl (Noraxon, Scottsdale, USA). Elektrody typu dual firmy Noraxon mają powierzchnię adhezyjną w kształcie cyfry 8, o wymiarach 4 cm x 2,2 cm, średnicę pojedynczej powierzchni przewodzącej długości 1cm i stałą odległość pomiędzy elektrodami wynoszącą 1,75 cm. Elektroda pojedyncza ma powierzchnię adhezyjną o średnicy 3,8 cm z powierzchnią przewodzącą o średnicy 1 cm. Rycina 1 przedstawia lokalizację elektrod powierzchniowych. Elektroda 1 jest pojedynczą elektrodą referencyjną umieszczaną w okolicy czołowej. Elektroda o numerze 2 odczytuje pomiar napięcia górnej części mięśnia okrężnego ust, 3 jego części dolnej. Elektroda 4 rejestruje pomiar średniego napięcia żwacza, 5 mięśnia mostkowo-obojczykowo-sutkowego, natomiast 6 mięśni nadgnykowych danej strony (umieszczona jest na wysokości przedniego brzuśca mięśnia dwubrzuścowego).

Podczas badania pacjenci znajdowali się w swobodnej pozycji siedzącej. Skóra pacjentów była każdorazowo przygotowywana do badania zgodnie z wytycznymi SENIAM, a elektrody umieszczane w tych samych pozycjach.^{13,14} Pomiary prowadzono podczas połykania 3 ml jałowej soli fizjologicznej. Każdy pacjent był badany trzykrotnie: przed zabiegiem operacyjnym, około 1 miesiąc i 3 miesiące po operacji. Każdorazowo pomiar napięcia mięśni był wykonywany przez tego samego badającego. U każdego chorego podczas jednego badania wykonywano dwukrotnie pomiar w pozycji stojącej i siedzącej, podczas połykania śliny i płynu. Do powyższego opracowania wybrano drugi kolejny pomiar połykania płynu w pozycji siedzącej.

Rejestrowano stosowane przez chorych mechanizmy kompensacyjne. Po zakończeniu każdego badania elektromiograficznego, chorzy dokonywali samooceny funkcji jamy ustnej (żucia, połykania, mowy) – według kwestionariusza FIGS

Table 1. Functional Intra-oral Glasgow Scale (FIGS)

FIGS score:					
I can chew:		I can swallow:		My speech is:	
Any food, no difficulty	5	Any food, no difficulty	5	Clearly understand always	5
Solid food, with difficulty	4	Solid food, with difficulty	4	Requires repetition sometimes	4
Semi-solid food, no difficulty	3	Semi-solid food only	3	Requires repetition many times	3
Semi-solid food, with difficulty	2	Liquids only	2	Understood by relatives only	2
Cannot chew at all	1	Cannot swallow at all	1	Unintelligible	1

comfortably. The patient's skin was prepared in accordance with the SENIAM project, and electrodes were placed in the same position each time.^{13,14} The measurements were carried out while the patients were swallowing 3 ml of sterile saline. Each patient was examined three times: before the surgery, at one month post-surgically, and at three months post-surgically. Each time the measurement of the muscle tension was performed by the same examiner. In every patient during one examination the measurement was taken twice in a sitting and standing position, as saliva and liquid were being swallowed. For this particular research, the second measurement of liquid swallowing in a sitting position was chosen.

Compensatory mechanisms used by the patients were also observed and recorded.

After each electromyography study, the patients received a FIGS self-assessment questionnaire to rate their oral cavity functions (chewing, swallowing, speech) – Table 1.^{15,16} If the patient is unable to perform any of the aforementioned functions, the score of choice is 1. If the patient's speech is intelligible only to his/her relatives, the score is 2; if the speech requires multiple repetitions, the score is 3; if the speech requires single repetition, the score is 4; if the speech is fully intelligible, the score is 5. Assessing the swallowing, the patient reports the kind of food he/she is able to swallow, and a degree of difficulty. If the patient swallows liquids only, the score is 2; if the patient swallows semisolid food only, the

Functional Intraoral Glasgow Scale – tabela 1.^{15,16} W przypadku gdy pacjent nie może zrealizować żadnej z wymienionych funkcji, oceną z wyboru jest 1. W sytuacji gdy mowa pacjenta jest zrozumiała jedynie przez krewnych, przysługuje ocena 2, jeżeli wymaga wielokrotnych powtórzeń 3, pojedynczych powtórzeń 4, natomiast gdy jest całkowicie zrozumiała, oceną z wyboru jest 5. Oceniając połykanie pacjent podaje, jakie pożywienie może połykać i z jaką trudnością. Jeżeli połyka jedynie płyny, przysługuje ocena 2, półtwarde pokarmy 3, twarde z trudnościami 4 i każdy rodzaj pokarmu bez trudności 5. Podobnie sytuacja przedstawia się z funkcją żucia. W przypadku żucia pokarmów półtwardych z trudnościami przysługuje ocena 2, bez trudności 3, twarde z trudnościami 4, natomiast żując każdy pokarm bez trudności, pacjent zaznacza ocenę 5. Kwestionariusz został przetłumaczony przez badacza prowadzącego pomiary.

Wszystkie zmienne ciągłe sprawdzano ze względu na normalność rozkładów testem Kołmogorowa-Smirnowa. Zmienne te opisano przez średnie odchylenia standardowe, mediany, kwartale oraz wartości minimalne i maksymalne. Sprawdzenie różnic statystycznych między dwoma grupami wykonano testem Manna-Whitney'a lub t-Studenta dla zmiennych niezależnych. Poziom istotności różnic między dwoma badaniami sprawdzano testem Wilcoxon'a par związanych lub testem t-Studenta dla zmiennych zależnych. Zmienne nieciągłe opisano przez ich liczbę i częstość występowania. Do badania sta-

score is 3; if the patient swallows solid food with difficulties, the score is 4; in the case of swallowing all kinds of food without any difficulties, the score is 5. In case of chewing semisolid food with difficulties, the score is 2; for chewing the semisolid food without difficulties, the score is 3; for chewing solid foods with difficulties, the score is 4; for chewing any food without any difficulties, the score is 5. The questionnaire was translated from the English language by the researcher who performed the examination.

All constant variables were checked for the normality of distributions with Kolmogorov-Smirnov test. These variables are described through the mean, standard deviation, median, quarter, and the minimum and maximum values. Checking the statistical differences between the two groups was performed using Mann-Whitney or t-Student test for independent variables. The level of significance of differences between the two studies was tested in pair-related Wilcoxon test or t-Student test for dependent variables. Discontinuous variables were described by the amount and frequency. Pearson's χ^2 test was used to study statistical correlations between the discontinuous variables. Spearman rank correlation was used to study the correlations between ordinal and nominal discontinuous variables (coded variables: 0/1) and continuous variables. The results were described by the correlation coefficient R and p for probability. Statically significant differences were described with the probability of $p < 0.05$. The level of significance $p = 0.051-0.099$ was indicated as a borderline statistical significance trend.

Statistical analysis was performed using the statistical program STATA 11 Licence No. 30110532736.

This study was approved by the Bioethics Committee No. KB-0012/102/12

Results

The study group comprised twelve patients with squamous cell carcinoma of the oral cavity with central localization who had undergone a surgical procedure in the Department of Oral and Maxillofacial Surgery. Table 2 presents the patients' basic data, age, gender, tumour

tystycznych zależności pomiędzy zmiennymi nieciągłymi zastosowano test χ^2 Pearsona. Do badania korelacji między zmiennymi nieciągłymi: porządkowymi i nominalnymi (zmienne kodowane: 0/1) oraz zmiennymi ciągłymi stosowano korelację rang Spearmana. Wyniki opisano przez współczynnik korelacji R i prawdopodobieństwo p. Za różnice istotne statystycznie we wszystkich przeprowadzonych testach uznano te, dla których prawdopodobieństwo $p < 0,05$. Poziom istotności $p = 0,051-0,099$ oznaczono jako trend na granicy istotności statystycznej.

Analizy statystyczny przeprowadzono za pomocą programu statystycznego STATA 11 nr licencji 30110532736.

Na wykonanie badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej nr KB-0012/102/12.

Wyniki

Grupę badaną stanowiło 12 pacjentów operowanych z powodu raka płaskonabłonkowego zlokalizowanego w środkowej części jamy ustnej w Klinice Chirurgii Szczerkowo-Twarzowej. Tabela 2 przedstawia podstawowe dane pacjentów, wiek, płeć lokalizację nowotworu, stadium zaawansowania klinicznego, zakres przeprowadzonego zabiegu chirurgicznego i ewentualne rekonstrukcje.

W badaniu pierwszym, u chorych z nowotworem jamy ustnej, zarejestrowano symetryczne napięcia badanych mięśni, niższe niż $20 \mu V$, z wyjątkiem dolnej części mięśnia okrężnego ust, którego napięcie było dwa razy wyższe od napięcia pozostałych mięśni.

W badaniach po zabiegu operacyjnym zarejestrowano wzrost napięcia większości badanych mięśni. Istotny statystycznie był wzrost średniego napięcia mięśni: żwacza i nadgnykowych strony prawej, żwacza, nadgnykowych i mięśnia mostkowo-obojęczkowo-sutkowego strony lewej oraz górnej części mięśnia okrężnego ust.

Brak istotnej statystycznie różnicy między medianami napięcia mięśni strony prawej i strony lewej oraz górnej i dolnej części mięśnia okrężnego ust. Wyjątek stanowi badanie pierwsze, w którym zaobserwowano istotną statystycznie różnicę w napięciu pomiędzy górną a dolną częścią mięśnia

localization, clinical stage of the tumour, range of the surgery, and possible reconstructions.

During the first examination, symmetrical tension in the examined muscles of less than 20 microvolts was recorded in patients with oral cancer, with the exception of the lower part of orbicularis oris muscle, where tension was twice higher than tension of the other muscles.

Results of post-surgical examinations showed a general increase in the activity of the majority of the selected head and neck muscles. Statistically significant increase in an average tension of the muscles was observed: masseter and suprahyoid on the right side, masseter, suprahyoid and sternocleido-mastoid of the left side and the upper part of the orbicularis oris muscle.

There were no differences between the medians of muscle tensions on the right and left side and in the upper and lower parts of orbicularis oris.

okrężnego ust, z większym zaangażowaniem jego części dolnej (43,2 μ V) niż górnej (15,5 μ V), której aktywność zwiększa się istotnie statystycznie w badaniu drugim i trzecim oraz drugie badanie ze zbliżonym zaangażowaniem obustronnie mięśni nadgnykowych.

Największy wzrost średnich napięć dotyczył mięśni nadgnykowych strony prawej (54,2 μ V).

Rycina 2 ilustruje średnie (mediany) napięcia badanych mięśni w kolejnych badaniach.

Tabela 3 ukazuje wartości określające napięcie badanych mięśni (minimalne, maksymalne i medianę) w kolejnych badaniach.

W samoocenie funkcji jamy ustnej wg kwestionariusza FIGS, przed zabiegiem operacyjnym pacjenci najgorzej oceniali funkcję żucia. W pierwszym badaniu po zabiegu największemu pogorszeniu uległa funkcja połykania, uzyskując największą poprawę w badaniu trzecim. Wymienione zmiany

Table 2. Basic patient's data containing information about the patient, tumour and surgery

No.	Age	Gender	TNM	Tumour localization	Treatment
1	67	M	T4N1M0	floor of mouth, gingiva reg 35-45	TR+MR+bilat. SL
2	59	M	T3N0M0	hard palate, gingiva reg 15-25	TR+PR+bilat. SL
3	42	M	T1N1M0	uvula, soft palate	TR+bilat. SL
4	66	M	T4N2aM0	gingiva reg 35-45	TR+SR+bilat. SL+FFF
5	60	M	T4aN2M0	gingiva reg 34-45	TR+MR+bilat. SL+RFFF
6	60	F	T4aN2cM0	gingiva reg 34-45	TR+SR+bilat. SL+FFF
7	75	M	T4aN2cM0	gingiva reg 35-45	TR+MR+bilat. MRND
8	64	M	T1N0M0	uvula	TR
9	54	M	T4aN2cM0	gingiva reg 35-45, floor of the mouth	TR+MR+bilat. MRND
10	67	F	T4aN2bM0	gingiva reg 35-45, floor of the mouth	TR+SR+bilat. SL+FFF
11	56	F	T4aN2cM0	gingiva reg 33-43, floor of the mouth	TR+MR+bilat. SL
12	37	M	T4aN1M0	gingiva reg 35-42	TR+MR+bilat. SL+RFFF

F – Female, M – Male, bilat. – bilateral, reg – region (numeration in the Localization column is given in FDI teeth notation), TR – tumour resection with a margin of macroscopically unchanged tissues, MR – Marginal Resection of the mandible, SR – Segmental Resection of the mandible, PR – Prosthetic Reconstruction with obturator, MRND – modified radical neck dissection, RMRND – right sided modified radical neck dissection, LMRND – left sided modified radical neck dissection, SL – suprahyoid lymphangiectomy, FFF – free fibula flap, RFFF – radial forearm free flap.

The exception was the first examination in which a statistically significant difference in tension between the upper and lower part of orbicularis oris muscle was observed, with greater involvement of the lower part (43,2 μ V) than the upper one (15,5 μ V) the activity of which was increasing significantly on the second and third examination, and on the second examination with almost equal involvement of bilateral suprahyoid muscles.

The biggest difference in the median muscle tension was found in the suprahyoid muscle of the right side (54,2 μ V).

Figure 2 shows the average (median) of the examined muscles tension on subsequent examinations.

Table 3 shows the values that determine muscle tension (minimum, maximum and median) on subsequent examinations.

Pre-surgically, chewing was the lowest-rated self-assessed oral function in the FIGS questionnaire. During the first post-surgical examination, the function of swallowing was the most deteriorated one, but the greatest improvement of this function was recorded during the third examination. The aforementioned changes were statistically significant. The slightest changes of all the functions were observed in speech self-assessment between the first and third examinations; however, they were statistically significant between subsequent examinations, as well as between the initial and final examination (Table 4).

Changes in percentage ratings of oral functions in the subsequent examinations are shown in Figure 3. During the subsequent examinations there were significant changes in the perception of oral function and their efficiency.

In the self-assessment of oral functions in accordance with the FIGS questionnaire there was significant deterioration of all oral functions after the surgery, with its significant improvement on the third examination (Table 5)

Figure 4 graphically shows the changes of all oral functions on subsequent examinations.

Additional acts of swallowing were the most frequently used compensatory mechanisms by the patients during swallowing. Table 6 presents

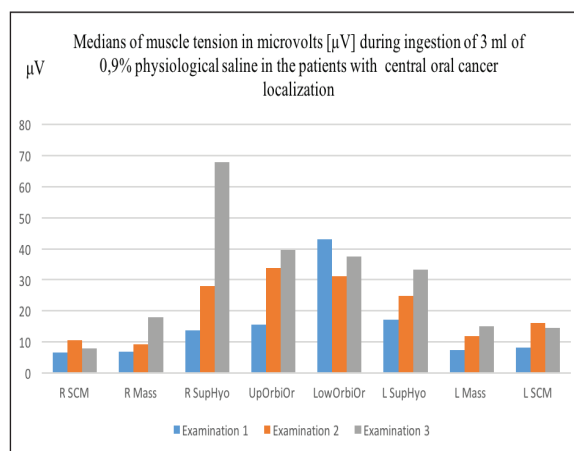


Fig. 2. Medians of muscle tension in microvolts [μ V] during ingestion of 3 ml of 0.9% physiological saline in the patients with central oral cancer location; R SCM – Sternocleidomastoid muscle on right side, R Mass – Masseter muscle on right side, R SupHyo – Suprahyoid muscles on right side, UpOrbiOr – Upper part of orbicularis oris muscle, LowOrbiOr – Lower part of orbicularis oris muscle, L SupHyo – Suprahyoid muscle on left side, L Mass – Masseter muscle on left side, L SCM – Sternocleidomastoid muscle on left side.

Mediany napięcia badanych mięśni w mikrovoltach [μ V] u pacjentów po usunięciu nowotworu jamy ustnej położonego centralnie podczas połykania 3ml 0,9% soli fizjologicznej; P MOS – mięsień mostkowo-obończykowo-sutkowy strony prawej, P Żwacz – mięsień żwacz strony prawej, P Nadgnyk – mięśnie nadgnykowe strony prawej, OkrGór – Góra część mięśnia okrężnego ust, OkrDol – Dolna część mięśnia okrężnego ust, L Nadgnyk – mięśnie nadgnykowe strony lewej, L Żwacz – mięsień żwacz strony lewej, L MOS – mięsień mostkowo-obończykowo-sutkowy strony lewej.

były istotne statystycznie. Najmniejsze zmiany spośród wszystkich funkcji zaobserwowano w zakresie samooceny mowy pomiędzy pierwszym a trzecim badaniem, aczkolwiek były one statystycznie istotne zarówno pomiędzy kolejnymi badaniami, jak i pomiędzy stanem wyjściowym a końcowym (tabela 4).

Zmiany procentowego udziału ocen funkcji jamy ustnej w kolejnych badaniach ilustruje rycina 3. W czasie kolejnych badań dochodziło do wyraźnych zmian w postrzeganiu funkcji jamy ustnej i ich wydajności.

W samoocenie funkcji jamy ustnej zgodnie z kwestionariuszem FIGS doszło do istotnego pogorszenia wszystkich funkcji po zabiegu, z jej istotną poprawą w trzecim badaniu (tabela 5).

Rycina 4 ukazuje graficznie zmiany wszystkich funkcji jamy ustnej w kolejnych badaniach.

Table 3. Changes in individual muscle tension during subsequent examinations

Muscles	Examination	N	Ten [μ V]		
			Min.	Max.	Median
R SCM	1	12	2.8	14.8	6.6
R SCM	2	12	2.0	1276.6	10.5
R SCM	3	12	3.1	847.4	8.0
R Mass	1	12	4.4	19.1	7.0
R Mass	2	12	2.7	55.4	9.3
R Mass	3	12	5.0	956.7	18.1
R SupHyo	1	12	5.8	57.7	13.7
R SupHyo	2	12	7.5	223.7	28.1
R SupHyo	3	12	4.6	442.0	67.9
UpOrbiOr	1	12	4.3	60.8	15.5
UpOrbiOr	2	12	8.1	178.6	33.7
UpOrbiOr	3	12	11.7	467.4	39.7
LowOrbiOr	1	12	7.4	90.0	43.2
LowOrbiOr	2	12	13.0	88.1	31.2
LowOrbiOr	3	12	6.5	308.6	37.5
L SupHyo	1	12	3.8	100.9	17.2
L SupHyo	2	12	4.1	64.7	24.9
L SupHyo	3	12	8.1	683.2	33.3
L Mass	1	12	2.7	42.3	7.4
L Mass	2	12	2.5	21.6	12.0
L Mass	3	12	4.7	360.8	15.0
L SCM	1	12	4.4	20.8	8.2
L SCM	2	12	5.4	279.7	16.0
L SCM	3	12	6.5	490.1	14.5

Ten – Tension, R SCM – Sternocleidomastoid muscle on right side, R Mass – Masseter muscle on right side, R SupHyo – Suprahyoid muscles on right side, UpOrbiOr – Upper part of orbicularis oris muscle, LowOrbiOr – Lower part of orbicularis oris muscle, L SupHyo – Suprahyoid muscle on left side, L Mass – Masseter muscle on left side, L SCM – Sternocleidomastoid muscle on left side.

the kind and frequency of all of the observed compensatory mechanisms employed by the patients.

Najczęściej stosowanym przez pacjentów mechanizmem kompensacyjnym podczas połykania były dodatkowe połknięcia. Tabela 6 informu-

Table 4. Self-assessment of oral functions in FIGS questionnaire

Examination	Chewing	Swallowing	Speech	FIGS total
First	4.2	4.4	5	13.6
Second	2.8	2.9	3.9	9.7
Third	3.3	3.8	4.6	11.8
Maximum	5	5	5	15

Table 5. Total self-assessment of the mouth basic functions (speech, chewing, swallowing) on FIGS scale

Compared examination		Dependent variable	p	N1	N2
Examination	1 2	FIGS total	0.000	12	12
Examination	1 3	FIGS total	0.026	12	12
Examination	2 3	FIGS total	0.015	12	12

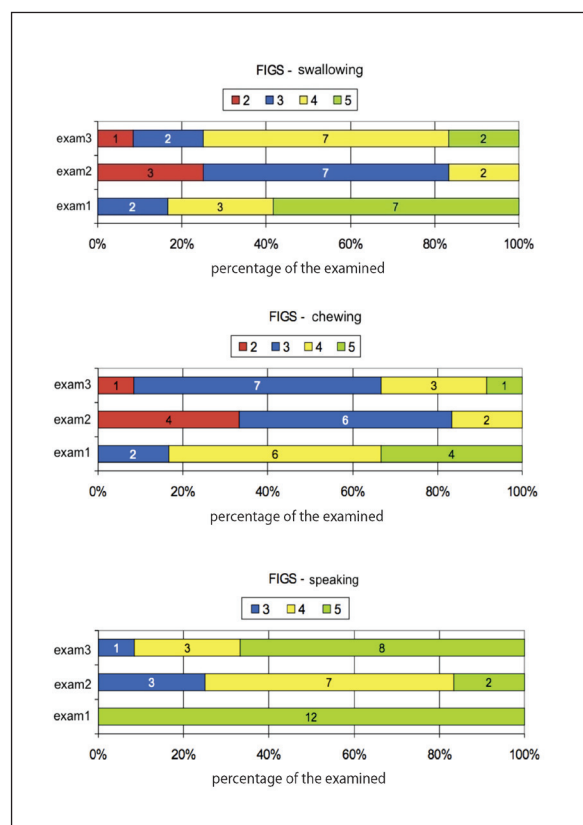


Fig. 3. Percentage of individual ratings in the oral functions self-assessment.

Procentowy udział poszczególnych ocen w samoocenie funkcji jamy ustnej.

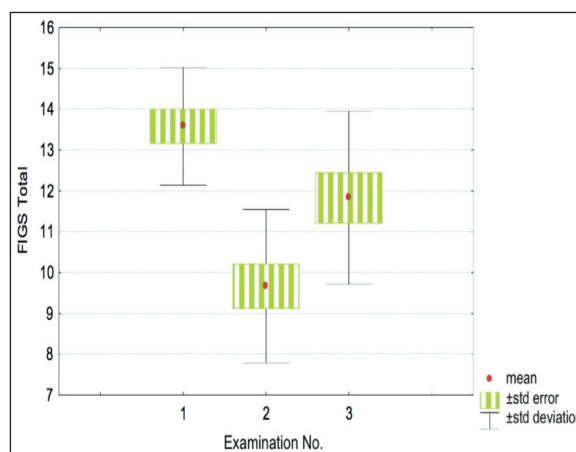


Fig. 4. Total changes in self-assessment of the mouth basic functions (speech, chewing, swallowing) over time.

Zmiany łącznej samooceny podstawowych funkcji jamy ustnej (mowa, żucie, polykanie) w czasie.

Table 6. Compensation mechanisms used by the patients

Compensatory mechanism	Percentage of patients from study group
Additional swallowing	91.67%
Prolonged breath holding	75%
Buccal pressing movements of the cheeks	75%
Cyclic closure of the jaws	75%
Chin up	66.67%
Effortful swallowing	50%
Chin down	25%
Head tilt	8.33%

Table 7. Correlation between the activation of individual muscles and compensatory mechanisms

Compensatory mechanisms	Muscles showing increase of average tension in the third study
Elongated breath holding	R SupHyo, L SupHyo, L SCM
Buccal pressing movements of the cheeks	R SupHyo, L SupHyo, R Mass
Cyclic closure of the jaws	R SupHyo, L SupHyo, R Mass
Chin down	L SupHyo
Effortful swallowing	R SupHyo, L SupHyo, R SCM, R Mass, L SCM, UpOrbiOr

Patients using different compensatory mechanisms had a worse assessment of their oral functions than the patients who did not implement a specific method of compensation.

A negative correlation between tensions medians in the suprahyoid muscles of the right and left side, the upper part of the orbicularis oris muscle, the left sterno-cleido-mastoid muscle on the one hand and various functions of the mouth on the other was observed. Higher values of median muscular tension were accompanied by a lower rating of particular functions on the FIGS scale.

A statistically significant increase in the average tension of the selected muscles in the patients who implemented compensatory mechanisms was observed during the third examination. Table

je o częstości stosowania przez chorych wszystkich obserwowanych mechanizmów kompensacyjnych.

Pacjenci stosujący poszczególne mechanizmy kompensacji gorzej oceniali swoje funkcje, aniżeli pacjenci, którzy nie wdrażali danej metody kompensacji.

Zaobserwowano ujemną korelację pomiędzy medianami napięć mięśni nadgnykowych strony prawej i lewej, górnej części mięśnia okrężnego ust oraz mięśnia mostkowo-obojęczkowo-sutkowego strony lewej a poszczególnymi funkcjami jamy ustnej. Wyższymi wartościami median napięcia powyższych mięśni towarzyszyła niższa ocena poszczególnych funkcji w skali FIGS.

Zaobserwowano w badaniu trzecim istotny statystycznie wzrost średnich napięć poszczególnych

7 shows the statistically significant correlation between average tension of the selected muscles and the compensatory mechanisms that were implemented.

Discussion

Maintaining the possibility of oral nutrition, despite the extensive removal of oral structures, is possible if food consistency is properly modified, the patient adapts to the changed conditions existing in the mouth by means of mechanisms to compensate inefficient functions of the oral cavity, and swallowing is rehabilitated.¹⁷ In their study, *Hirano et al.*¹⁸ observed that excision of the tumour from the floor of the mouth causes swallowing impairments. If, however, there is no damage to the suprahyoid muscles (i.e., geniohyoid, mylohyoid) then this function is not significantly impaired.

This observation was confirmed in studies in which significant participation of the suprahyoid muscles during swallowing was noted.

*Spiro et al.*⁹ conducted an electromyographic examination of the geniohyoid, mylohyoid and anterior belly of the digastric muscle, and found that the participation of these muscles in the swallowing process varies among the patients, and is the result of individual adaptability and rehabilitation skills.

In the post-surgical study, an increased bilateral tension of the suprahyoid muscles, which could be related to the compensatory mechanisms employed by the patients (i.e. additional acts of swallowing) and the rehabilitation process, was observed.

Proper closure of the mouth during ingestion creates an adequate pressure which enables bolus movement and its maintenance in the oral cavity. *Speksnijder et al.*¹⁹ observed that the lack of proper closure of the mouth and the removal of the patient's teeth and mandibular bones results in the deterioration of their chewing and swallowing functions. Even without any disorders in muscle morphology, a surgery results in changes or reduction of bone support of the orbicularis oris muscle, which can result in a change in its functions and lack of proper lip competence, which was proved in the studies by *Devine et al.*²⁰

mięśni u pacjentów stosujących wybrane mechanizmy kompensacji. Zależność napięcia badanych mięśni od stosowanego mechanizmu kompensacji ukazuje tabela 7.

Dyskusja

Utrzymanie możliwości odżywiania drogą naturalną, pomimo rozległego wycięcia struktur jamy ustnej jest możliwe dzięki odpowiedniej zmianie konsystencji pożywienia, adaptacji chorego do zmienionych warunków istniejących w jamie ustnej, użyciu przez chorego mechanizmów kompensujących niewydolne funkcje jamy ustnej oraz dzięki rehabilitacji połykania.¹⁷ *Hirano i wsp.*¹⁸ zauważyli w swoich badaniach, że usunięcie nowotworu dna jamy ustnej powoduje upośledzenie połykania, jednak gdy nie dochodzi do uszkodzenia mięśni nadgnykowych (bródkowo-gnykowego, żuchwowo-gnykowego), funkcja ta nie ulega znacznemu pogorszeniu.

Znalazło to potwierdzenie w przeprowadzonych badaniach, w których zaobserwowano duży udział w procesie połykania, mięśni nadgnykowych.

Badania elektromiograficzne mięśni gnykowo-bródkowego, gnykowo-żuchwowego i przednich brzuśców mięśni dwubrzuścowych przeprowadzili *Spiro i wsp.*⁹ zauważając, że udział tych mięśni w procesie połykania u poszczególnych pacjentów różni się i jest rezultatem zdolności adaptacyjnych i rehabilitacji.

W przeprowadzonych badaniach pooperacyjnych odnotowano obustronne zwiększone napięcie mięśni nadgnykowych, które mogło być związane zarówno ze stosowanymi przez pacjentów mechanizmami kompensacyjnym w postaci dodatkowych połknięć, jak również z procesem rehabilitacji.

Szczelne zamknięcie jamy ustnej podczas połykania umożliwia utrzymanie kęsa pokarmowego w jamie ustnej i wytworzenie odpowiedniego ciśnienia pozwalającego na jego przemieszczanie. *Speksnijder i wsp.*¹⁹ zaobserwowali, że brak szczelnego zwarcia ust i fakt usunięcia u pacjentów zębów i kości żuchwy wpływa na pogorszenie funkcji żucia i połykania. Utrata i zmiana podparcia w zakresie mięśnia okrężnego ust, nawet bez

The majority of tumours in the study group were located in the floor of the mouth and in the lower gingiva (in nine patients out of twelve). During the second, post-operative examination the patients experienced a reduction in median tension in the lower part of the orbicularis oris muscle (from 43.2 μ V to 31.2 μ V), reflected by a deterioration in the swallowing function on self-assessment despite the compensatory mechanisms that increased the activity of the upper part of the orbicularis oris muscle (tension median from 15.5 μ V to 33.7 μ V). Only during the examinations performed three months post-surgically, were both parts of the orbicularis oris muscle activated sufficiently (tension median of the lower part was 37.5 μ V, and of the upper one 39.7 μ V), which was accompanied by effective swallowing, and reflected in the improved self-assessment ratings in the FIGS questionnaire.

Higher values of the selected muscle tension were accompanied by a lower assessment of the particular oral functions on the FIGS scale. It may indicate that the patients with reduced oral functions make more effort to activate their muscles to achieve the desired effect (to perform functions). Changes in the activity of muscles may be due to compensatory mechanisms implemented by the patient. In the study, in the case of the masseter muscles, there was an increase in the median tension on the right side from 7 μ V to 18.1 μ V, and on the left side from 7.4 μ V to 15 μ V. At that time, 75% of the patients implemented cyclic movements of closure of the jaws which involve masseters.

Blanksma et al.²¹ observed that masseters are involved in the process of adduction and abduction of the mandible. These muscles are activated in the cyclic movements of occlusion.

Moreover, when the hyoid bone is stabilized, suprahyoid muscles are involved in abduction whose activity increased after the surgery.

Miyaoka et al.²² observed that the activity of the muscles with the stabilized hyoid bone in raising the larynx depends, inter alia, on the volume of the bolus confirming their significant involvement in the act of swallowing.

In the research, there was a statistically

zmian w jego morfologii spowodowanych zabiegiem, powoduje zmianę jego funkcji i brak prawidłowej kompetencji warg, co znalazło potwierdzenie w badaniach *Devine* i wsp.²⁰

Większość nowotworów u badanych pacjentów było zlokalizowanych na dnie jamy ustnej i w dziąśle dolnym (9 pacjentów spośród 12). W przeprowadzonym badaniu po zabiegu doszło do zmniejszenia mediany napięcia dolnej części mięśnia okrężnego ust z wartości 43,2 μ V do 31,2 μ V, któremu towarzyszyło pogorszenie oceny połykania przez pacjentów, mimo kompensacyjnego wzrostu aktywności górnej części mięśnia okrężnego ust od wartości mediany napięcia 15,5 μ V do 33,7 μ V. Dopiero w badaniach wykonanych 3 miesiące po zabiegu obie części mięśnia ulegają dostatecznie dużej aktywacji (mediana napięcia części dolnej 37,5 μ V i górnej 39,7 μ V), której towarzyszyło sprawne połykanie, oceniane wyżej w kwestionariuszu FIGS.

Wyższym wartościom napięcia wybranych mięśni towarzyszyła niższa ocena poszczególnych funkcji jamy ustnej w skali FIGS. Sytuacja powyższa pozwala przypuszczać, że pacjenci z gorszą funkcją w większym zakresie aktywują mięśnie celem osiągnięcia efektu (wykonania funkcji). Zmiany aktywności mięśni mogą wynikać z wdrażanych przez pacjentów mechanizmów kompensacji. W przeprowadzonym badaniu, w przypadku mięśni żwaczy był to wzrost wartości median napięcia po stronie prawej od 7,0 μ V do 18,1 μ V, a po stronie lewej od 7,4 μ V do 15,0 μ V. W tym czasie 75% badanych pacjentów jako mechanizm kompensacji wdrożyło cykliczne ruchy zwierania szczęk, w których biorą udział mięśnie żwacze.

Blanksma i wsp.²¹ zauważyli, że mięśnie żwacze są zaangażowane w proces przywodzenia i odwodzenia żuchwy. Mięśnie powyższe aktywują się w ruchach cyklicznych zwierania szczęk.

Ponadto przy ustabilizowanej kości gnykowej w procesie odwodzenia żuchwy, biorą udział mięśnie nadgnykowe, których aktywność w przeprowadzonym badaniu wzrosła po zabiegu.

Miyaoka i wsp.²² zaobserwowali, że aktywność tych mięśni w unoszeniu krtani przy ustabilizowanej żuchwie jest zależna między innymi od objętości kęsa pokarmowego, potwierdzając ich

significant increase in the median muscle tension of the right and left suprahyoid muscles in the patients producing cyclic closure of the jaws as compensation in comparison with the patients not applying this method of compensation.

In the study, statistically significant increases were also observed in the median tension values of muscles: sterno-cleido-mastoid, masseter and suprahyoid of the right side, sterno-cleido-mastoid and suprahyoid of the left side and the upper part of orbicularis oris muscle in the case of patients using activation of the whole body (effortful swallowing) as a compensation in comparison with patients not applying this compensation method. This observation may be indicative of a significant impact of the examined muscles in performing the effortful swallowing.

*Huckabee et al.*²³ obtained similar results within the area of electromyographic measurements of the suprahyoid muscles during the effortful swallowing in comparison with normal swallowing activity.

A change in the head position during swallowing is an individual process for every healthy subject; a different head position may be the most optimal. It was proven in the research by *Sakuma et al.*²⁴ who were examining the tension of the suprahyoid and subhyoid muscles during swallowing in healthy subjects.

Similar correlations may be observed in patients after surgical procedures due to oral cavity neoplasm. The role of the chosen muscles during swallowing after the surgery is consistent regarding the surgery range, but may be slightly different in every patient. Electromyographic examination performed individually in every patient may facilitate the choice of the most optimal exercising method during rehabilitation.

The results show some changes in the self-assessment of the oral cavity function, which is significantly decreased after the surgery. The compensatory mechanisms applied by the patients during swallowing are accompanied by the increased activity of the chosen muscles. The final result is the improvement of swallowing efficiency and self-assessment of oral activity functions.

istotny udział w procesie połykania.

W przeprowadzonych badaniach, u pacjentów stosujących jako mechanizm kompensacji cykliczne ruchy zwierania szczęk w porównaniu z pacjentami nie stosującymi tej metody kompensacji, zaobserwowano statystycznie istotny wzrost median napięcia mięśni nadgnykowych strony prawej i lewej.

W przypadku stosowania przez pacjentów aktywacji całego ciała (połykanie wysiłkowe) zaobserwowano, w porównaniu z pacjentami nie stosującymi tej metody kompensacji istotne statystycznie wzrosty wartości median napięcia dla mięśni: mostkowo-obojczykowo-sutkowego, żwacza i nadgnykowych strony prawej, mostkowo-obojczykowo-sutkowego i nadgnykowych strony lewej oraz górnej części mięśnia okrężnego ust. Sytuacja ta sugeruje istotny udział większości badanych mięśni w przeprowadzeniu wysiłkowego połykania.

Podobne wyniki w zakresie pomiarów elektromiograficznych mięśni nadgnykowych podczas połykania wysiłkowego w porównaniu do normalnego połykania uzyskali *Huckabee i wsp.*²³

Zmiana ułożenia głowy podczas połykania jest procesem indywidualnym dla każdego zdrowego badanego; inne ułożenie głowy może okazać się najbardziej optymalnym. Dowiedli tego w swoich badaniach *Sakuma i wsp.*,²⁴ badając napięcie mięśni nadgnykowych i podgnykowych podczas połykania u zdrowych pacjentów.

Podobne zależności można zaobserwować u pacjentów po zabiegach operacyjnych z powodu nowotworu jamy ustnej. Udział wybranych mięśni podczas połykania po operacji jest powtarzalny w odniesieniu do zakresu zabiegu, różniąc się jednak w niewielkim zakresie u każdego chorego. Indywidualnie przeprowadzone u każdego pacjenta badanie elektromiograficzne może ułatwić dobór najbardziej optymalnej metody ćwiczeń podczas procesu rehabilitacji.

Uzyskane wyniki pokazują zmiany w zakresie samooceny funkcji jamy ustnej, która ulega znacznemu obniżeniu po operacji. Włączanym przez pacjentów mechanizmom kompensacyjnym podczas połykania towarzyszą wzrosty aktywności wybranych mięśni. Efektem końcowym

Summary

The use of surface electromyography as a diagnostic method enables repetitive use of non-invasive tests. Methodological limitations include the fact that surface electromyography is less accurate than needle electromyography and sensitivity to external factors related to improper preparation of the skin or its condition (presence of non-healing wounds and fistulae, excessive sweating, uncontrolled flow of saliva).²⁵⁻²⁷

The assumption that the extra-oral muscles are involved in the patient's efforts to maintain the natural way of alimentation despite the removal of intraoral structures responsible for swallowing was confirmed in the obtained results. Further extra-oral muscle activity studies are needed in patients after resection of various oral structures to establish guidelines for the planned rehabilitation of swallowing.

tych zdarzeń jest poprawa sprawności połykania i samooceny funkcji jamy ustnej.

Podsumowanie

Wykorzystanie elektromiografii powierzchniowej, jako metody diagnostycznej, umożliwia wielokrotne powtarzanie nieinwazyjnych pomiarów. Ograniczeniami stosowanej metody są: mniejsza dokładność w porównaniu do elektromiografii igłowej oraz wrażliwość na czynniki zewnętrzne związane z nieprawidłowym przygotowaniem lub stanem skóry (obecność niegojących się ran i przetok, nadmierna potliwość, niekontrolowany wypływ śliny).²⁵⁻²⁷

Założenie badania, że mięśnie zewnątrzustne biorą udział w wysiłkach chorego zmierzających do utrzymania odżywiania drogą naturalną, pomimo wycięcia struktur wewnątrzustnych odpowiedzialnych za połykanie, znalazło potwierdzenie w uzyskanych pomiarach. Potrzebne są dalsze badania aktywności mięśni zewnątrzustnych, u chorych po wycięciu odmiennych struktur jamy ustnej dla ustalenia wytycznych dla planowej rehabilitacji połykania.

Acknowledgements

We would like to extend our gratitude to Professor *Katarzyna Sporniak-Tutak* for essential guidance and substantive assistance in preparing the final version of this paper, and to Doctor *Robert Kowalczyk* and the whole team at the Maxillofacial Surgery Clinic for their help in conducting the examination.

Podziękowanie

Autorzy dziękują dr hab. n. med. *Katarzynie Sporniak-Tutak*, prof. PUM za udzielenie niezbędnych wskazówek i pomocy merytorycznej w przygotowaniu ostatecznej wersji artykułu, dr *Robertowi Kowalczykowi* oraz całemu zespołowi kliniki chirurgii szczękowo-twarzowej za pomoc w przeprowadzeniu badania.

References

1. *Jemal A, Bray F, Center MM, Ferlay J, Ward E, Forman D*: Global cancer statistics. *CA Cancer J Clin* 2011; 61: 69-90.
2. *List MA, Mumby P, Haraf D*: Performance and quality of life outcome in patients completing concomitant chemo-radiotherapy for head and neck cancers. *Qual Life Res* 1997; 6: 274-284.
3. *Konstantinović VS*: Quality of life after surgical excision followed by radiotherapy for cancer of the tongue and floor of the mouth: evaluation of 78 patients. *J Craniomaxillofac Surg* 1999; 27: 192-197.
4. *Raber-Durlacher JE, Brennan MT, Verdonck-de Leeuw IM, Gibson RJ, Eilers JG, Waltimo T, et al.*: Swallowing dysfunction in cancer patients; *Support Care Cancer* 2012; 20: 433-443.
5. *Gillespie MB, Brodsky MB, Day TA, Lee FS, Martin-Harris B*: Swallowing-related quality of life after head and neck cancer treatment. *Laryngoscope* 2004; 114: 1362-1367.
6. *Mittal BB, Pauloski BR, Haraf DJ, Pelzer HJ, Argiris A, Vokes EE, et al.*: Swallowing dysfunction--preventative and rehabilitation strategies in patients with head-and-neck cancers treated with surgery, radiotherapy, and chemotherapy: a critical review. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 57: 1219-1230.
7. *Kronenberger MB, Meyers AD*: Dysphagia following head and neck cancer surgery. *Dysphagia* 1994; 9: 236-244.
8. *Pauloski BR*: Rehabilitation of Dysphagia Following Head and Neck Cancer. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2008; 19: 889-928.
9. *Spiro J, Rendell JK, Gay T*: Activation and coordination patterns of the suprahyoid muscles during swallowing. *Laryngoscope* 1994; 104: 1376-1382.
10. *Nicoletti G, Soutar DS, Jackson MS, Wrench AA, Robertson G*: Chewing and swallowing after surgical treatment for oral cancer: functional evaluation in 196 selected cases. *Plast Reconstr Surg* 2004; 114: 329-338.
11. *Halczy-Kowalik L, Wiktor A, Rzewuska A, Kowalczyk R, Wysocki R, Posio V*: Compensatory mechanisms in patients after a partial or total glossectomy due to oral cancer. *Dysphagia* 2015; 30: 738-750.
12. *Halczy-Kowalik L*: Zaburzenia połykania, smaku i czucia przestrzennego po wycięciu nowotworów jamy ustnej. *Rozprawa habilitacyjna. Rocznik PAM* 1997; supl 37: 1-125.
13. *Merletti R, Hermens H*: Introduction to the special issue on the SENIAM European Concerted Action. *J Electromyogr Kinesiol* 2000; 10: 283.
14. *Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G*: Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol* 2000; 10: 361-374.
15. *Goldie SJ, Jackson MS, Soutar DS, Shaw-Dunn J*: The functional intraoral Glasgow scale (FIGS) in retromolar trigone cancer patients. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006; 59: 743-746.
16. *Ellabban MA, Shoaib T, Devine J, McMahon J, Morley S, Adly OA, et al.*: The functional intraoral Glasgow scale in floor of mouth carcinoma: longitudinal assessment of 62 consecutive patients. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013; 270: 1055-1066.
17. *Buchholz DW, JF Bosma, Donner MW*: Adaptation, Compensation and decompensation of the pharyngeal swallow. *Gastrointest Radiol* 1985; 10: 235-239.
18. *Hirano M, Matsuoka H, Kuroiwa Y, Sato K, Tanaka S, Yoshida T*: Dysphagia following various degrees of surgical resection for oral cancer. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1992; 101: 138-141.
19. *Speksnijder CM, van der Glas HW, van der Bilt A, van Es RJJ, van der Rijt E, Koole R*: Oral function after oncological intervention in the oral cavity: a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68: 1231-1237.
20. *Devine JC, Rogers SN, McNally D, Brown JS, Vaughan ED*: A comparison of the aesthetic, functional and patient subjective outcomes Following lip-split mandibulotomy and mandibular lingual access releasing procedures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2001; 30: 199-204.
21. *Blanksma NG, van Eijden TMGJ*: Electromyographic heterogeneity in the human temporalis and masseter muscles during static biting, open/close excursions, and chewing. *J Dent Res* 1995; 74: 1318-1327.
22. *Miyaoka Y, Ashida I, Kawakami S, Tamaki Y, Miyaoka S*: Activity patterns of the suprahyoid muscles during swallowing of different fluid volumes. *J Oral Rehabil* 2010; 37: 575-582.
23. *Huckabee ML, Butler SG, Barclay M, Jit S*: Submental surface electromyographic measurement and pharyngeal pressures during normal and effortful swallowing. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 2144-2149.
24. *Sakuma T, Kida I*: Relationship between ease of

- swallowing and deglutition related muscle activity in various postures. *J Oral Rehab* 2010; 37: 583-589.
25. *Manfredini D, Cocilovo F, Favero L, Ferronato G, Tonello S, Guarda-nardini L*: Surface electromyography of jaw muscles and kinesiographic recordings: diagnostic accuracy for myofascial pain; *J Oral Rehabil* 2011; 38: 791-799.
26. *Crary MA, Carnaby GD, Groher ME*: Biomechanical correlates persons surface electromyography signals during swallowing obtained by healthy adults. *J Speech Lang Hear Res* 2006; 49: 186-193.
27. *Pullman SL, Goodin DS, Marquinez AI, Tabbal S, Rubin M*: Clinical Utility of surface EMG: report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2000; 55: 171-177.

Address: 71-252 Szczecin, ul. Unii Lubelskiej 1
Tel.: +4891 4250417
e-mail: jenny@uznam.net.pl

Received: 30th December 2015
Accepted: 22nd February 2016