Abstract. The aim is establishing correlations between the papillary-marginal index and immunological indicators of oral fluid in children with chronic catarrhal gingivitis who live in environmentally polluted areas. In order to solve the set goals and objectives, a dental examination was carried out in 120 schoolchildren (the main group) from the cities of Yavoriv and Zhydachiv, Lviv region, which belong to the ecologically polluted region (EZR). The comparison group consisted of 80 children from the city of Lviv, whose ecological condition was characterized as a «conditionally clean» region (HCR). The examination was conducted in the key age groups of 7, 12, and 15 years of age in accordance with WHO recommendations. The papillary-marginal alveolar index (PMA) was used to determine the intensity of the periodontal inflammatory process. In order to assess the adaptive capabilities of the body and determine the risk factors for the occurrence of periodontal tissue damage, we investigated the number of leukocytes and the content of immunoglobulins in the oral fluid of children living in environmentally polluted areas. In addition, a correlation analysis was conducted between indicators of the immunological status of children's oral fluid, their age and place of residence. The obtained results indicate that despite the same trends of increasing values of the PMA index depending on age in the children of the study groups, the PMA index values were higher in residents of the ESR than in children living in an ecologically clean region. The study of the immunological status of the oral fluid of the examined children showed that in children with CHC from both regions of residence, the concentration of IgA, IgM, IgG decreases with increasing age, and the values obtained in children from ecologically polluted areas were lower than in children with CHC, which were not adversely affected by the surrounding environment. At the same time, as a result of the research, it was found that the number of leukocytes in the oral fluid in all age categories was significantly lower in children with CHC living in an ecologically clean region than in children with CHC who were exposed to negative impact of the surrounding environment.

Key words: chronic catarrhal gingivitis, children, environmental situation.

ORCID and contributionship: / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:
Bezvushko E. V.: https://orcid.org/0000-0003-0460-7953 [CEF]
Malko N. V.: https://orcid.org/0000-0002-3272-1836 [ABD]

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:
The Authors declare no conflict of interest. / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції
Malko Nataliya Volodymyrivna / Малко Наталія Володимирівна
Danylo Halytsky Lviv National Medical University / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького
Ukraine, 790010, Lviv, 69 Pekarska str / Адреса: Україна, 79010, м. Львів, вул. Пекарська 69
Tel.: +380966780097 / Тел.: +380966780097
E-mail: malkonatalj@gmail.com

A – Work concept and design, **B** – Data collection and analysis, **C** – Responsibility for statistical analysis, **D** – Writing the article, **E** – Critical review, **F** – Final approval of the article **/ A** – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Received 01.06.2023 / Стаття надійшла 01.06.2023 року
Accepted 10.11.2023 / Стаття прийнята до друку 10.11.2023 року

DOI 10.29254/2077-4214-2023-4-171-417-426
UDC 612.311:612.741

[1]Bezkorovaina L. P., [2]Harliauskaite I. Yu., [3]Ponomarenko Yu. V.

ELECTROMYOGRAPHY IN THE STUDY OF THE FUNCTIONAL STATUS OF MASTIC MUSCLES IN HEALTHY PEOPLE

[1]Bohomolets National Medical University (Kyiv, Ukraine)
[2]LLC "Medgarant" (Kyiv, Ukraine)
[3]LLC "MC Neurodiagnostic Centre" (Kyiv, Ukraine)
larisabp73@gmail.com

Electromyography (EMG) is an objective method of studying the neuromuscular system by recording the bioelectrical activity of the nerve and muscle. The primary purpose of our study was to develop and validate an EMG protocol for the study of masticatory muscles and to determine the normative values of muscle bioelectrical activity at rest and during functional tests in healthy individuals. We examined 12 healthy individuals aged 18 to 35 with no complaints from the dentoalveolar pathology, intact dentition, or physiological occlusion. Surface EMG of the masseter and temporalis muscles was performed simultaneously and symmetrically on both sides.

The examination protocol included a study of bioelectrical activity at rest, during teeth clenching, during mouth opening, during dynamic tests, investigation and of the mandibular reflex in the position with the mouth open and in the position with slight teeth clenching. The average values of the complex EMG indicators were obtained. The values of the maximum amplitude of the bioelectrical activity of the masticatory and temporalis muscles at rest and

during functional loads, the duration of muscle bioelectrical activity decay (activation) during the mandibular reflex test, the number of chewing movements and the duration of the chewing cycle in different chewing patterns were calculated. The results are helpful for comparison with similar indicators in patients with dentoalveolar pathology. The priority of the approach to the study of normality and pathology justifies the search for new methods of early diagnosis, as well as methods of prevention and treatment of patients with MLD of TMJ.

Key words: *temporomandibular joint, electromyography, muscle function, mandibular reflex.*

Connection of the publication with planned research works.

The study is a fragment of the planned research topic of the Department of Dentistry of the Institute of Postgraduate Education of the Bogomolets National Medical University, «Scientific substantiation of early diagnosis of generalised periodontal diseases of chronic and acute course», state registration number 0118U100471.

Introduction.

The neuromuscular system is a structurally and functionally connected system of skeletal muscles and nerves. It is known that the human neuromuscular system is susceptible to various physiological and pathological conditions occurring in the body [1].

A coordinated muscle function is the timely relaxation of antagonist muscles during the contraction of agonist muscles. Functional changes in the facial muscles (changes in tone, painful myofascial syndromes) result in a disruption of their synchronised function. It is crucial in planning implantation, orthopaedic and orthodontic treatment [2].

The main cause of facial pain is occlusal-muscular pain/dysfunction, which affects the relationship between the temporomandibular joint (TMJ) and the occlusal contacts. Emotional stress stimulates muscle hypercontraction, which leads to the overloading of the teeth and supporting structures of the TMJ, and uncoordinated muscle contraction during teeth clenching creates a pull on the articular disc [3].

Myofascial pain is one of the most common causes of TMJ musculo-articular dysfunction (TMJ MJD), affecting 85% of the general population over the course of a lifetime with an overall prevalence of approximately 46% [4, 5].

The cause of the painful form of TMJ MJD is muscle spasm, with trigger points (TP) forming in the area of painful muscle thickening. There are two mechanisms of local spasm formation. According to the first one, during stress, anxiety or depression, central mechanisms of muscle spasm formation are triggered. In this case, muscle tension is realised through the cortico-nuclear-muscle pathway. According to the second mechanism, a reflex muscle spasm occurs in the presence of chronic dentoalveolar diseases and acute changes in occlusal relationships [6].

An objective confirmation of the presence of disorders provoked by occlusal trauma is a change in the bioelectrical activity of the masticatory muscles. To study the function of the neuromuscular system and assess the coordinated muscle activity and synchronous muscle function in TMJ MJD, one of the most reliable ways to diagnose and monitor the effectiveness of treatment is to perform surface (global) electromyography (EMG) with simultaneous, symmetrical recording of the myogram of the masticatory and temporalis muscles [7, 8, 9].

Surface EMG is widely used as a non-invasive method for assessing the peripheral neuromotor apparatus and coordination of the maxillofacial muscles in patients with TMJ MJD, as well as for analysing the electrophysiological behaviour of muscles [10]. As emphasised by T. Kostiuk, EMG is the most objective and reliable method of assessing muscle function by determining its electrical potentials, which makes it possible to assess the degree and duration of muscle activity. The advantages of using EMG include ease of use, accessibility, cost-effectiveness, and non-invasiveness [11].

Ramfjord and Ash demonstrated EMG signs of «decreased muscle activity and harmonisation of muscle action» after eliminating the effect of occlusion on the position of the articular heads and disrupting the ste-

Figure 1 – Performing a surface (global) EMG of the masticatory muscles.

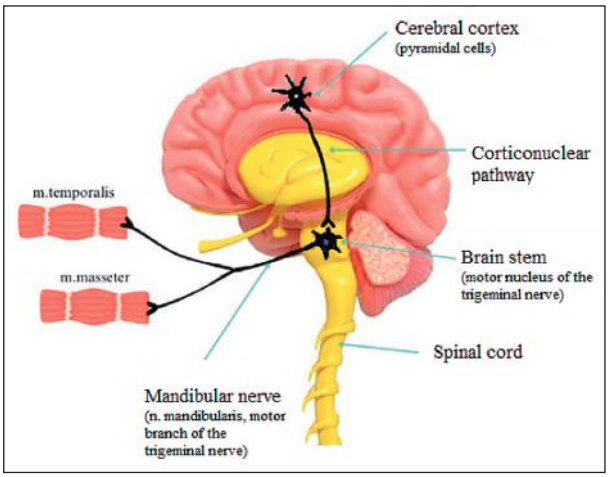

Figure 2 – Diagram of the cortico-nuclear-muscular pathway.

reotypical muscular guidance of the mandible into the usual occlusion [12].

However, there is a lack of data in the literature covering the surface EMG parameters of the masticatory muscles in healthy people. These are used to clarify topical diagnoses and objectify pathological or recovery processes. Therefore, the study of EMG parameters of the masticatory muscles in healthy individuals remains relevant at present.

The aim of the study.

To develop and substantiate the protocol for EMG examination of the masticatory muscles and to determine the average values of muscle bioelectrical activity at rest and during functional tests in healthy people.

Object and research methods.

We studied 12 healthy people aged 18 to 35 with no complaints from the dentoalveolar system, intact dentition and physiological bite forms. The examination was performed on a multifunctional computer complex, Neuro-MVP «Neuro-EMG-Micro», manufactured by UKRMEDSPECTOR, Ukraine. Surface EMG of the masseter and temporalis muscles were conducted simultaneously and symmetrically on both sides. During the examination, the patient was in a comfortable reclining position with the muscles of the extremities, upper arm, neck and face maximally relaxed **(fig. 1)**.

The examination protocol included an examination of bioelectrical activity (BEA) at rest, with teeth clenching, with mouth opening, with mandibular forward, with mandibular forward to the right, with mandibular forward to the left, with random chewing, with a given chewing on the right side, with a given chewing on the left side, examination of the mandibular reflex in the open-mouthed position and in the position with slight teeth clenching.

Informed consent was obtained from the patients for the study.

Research results and their discussion.

For a correct understanding of the main indicators and results of EMG studies, a dental clinician needs to fully understand the elements of the organisation of the human neuromotor system and the electrophysiological processes that occur in it.

The neuromotor system, which ensures muscle activity, is realised through two nerve cells (motoneurons). The body of the first motor neuron (pyramidal cell) is located in the cerebral cortex. It is where the movement that a person consciously performs is «born». In the same way, the «origin of movement» can occur in the cortex unconsciously during emotional tension, stress, and depression.

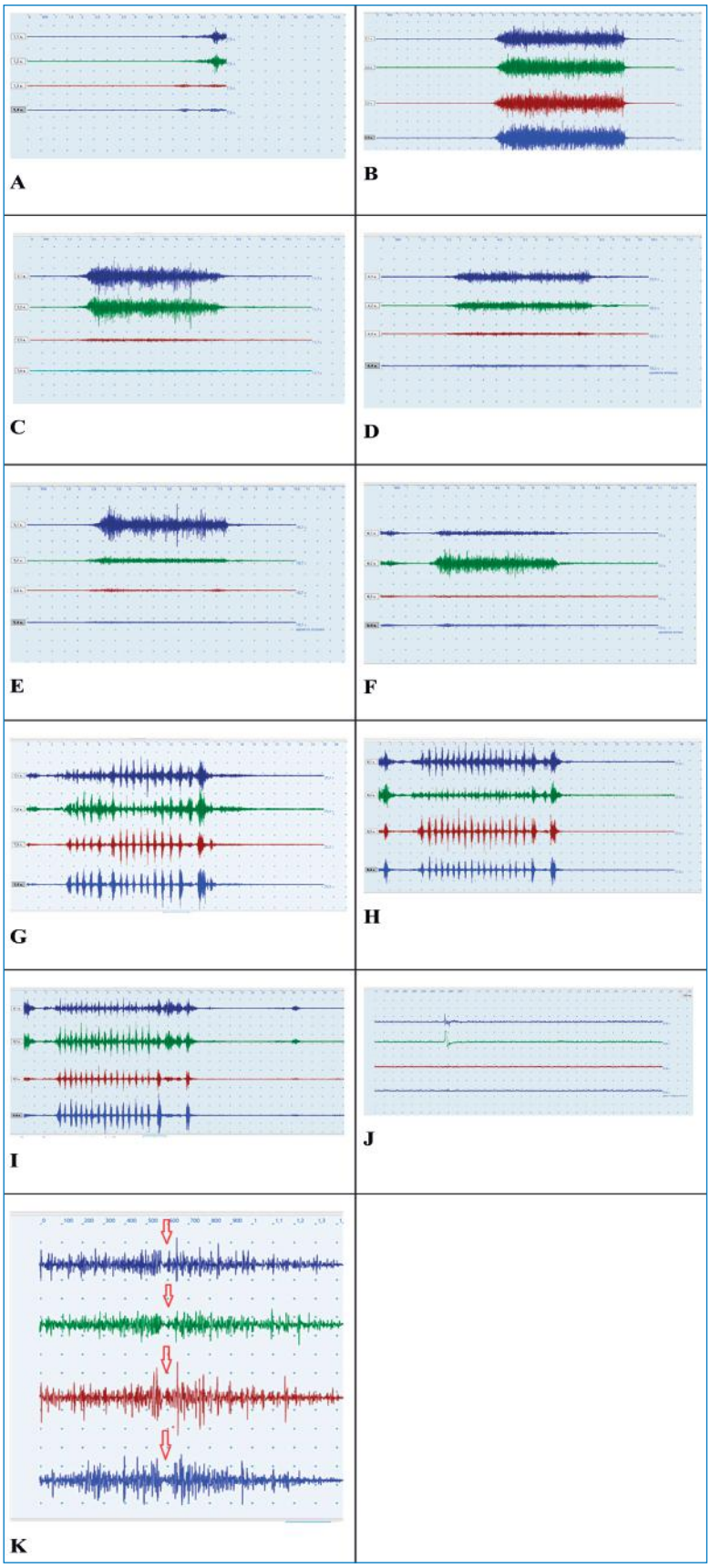

Figure 3 – An example of EMG of the masticatory muscles in a healthy 28-year-old man. 1k – m. masseter dex., 2k m. masseter sin. 3k m. temporalis dex. 4k m. temporalis sin. A – rest, B – teeth clenching, C – mouth opening, D – mandibular forward movement, E – mandibular displacement to the right, F – mandibular displacement to the left, G – random chewing (hazelnuts), H – set chewing on the right side (hazelnuts), I – set chewing on the left side (hazelnuts), J – mandibular reflex (with relaxed muscles), K – mandibular reflex (with tense muscles).

Diagram – Mandibular reflex (depending on the nature of the reflex muscle response)

Mandibular (myostatic reflex) – the mechanism of the reflex is muscle contraction in response to its stretching ↓ starting position – jaws open ↓ irritation (light blow) with a neurological hammer on the midline of the chin ↓ response – muscle contraction (closing of the dentition) ↓ biological significance of the reflex – a protective reaction of the muscle against overstretching	Mandibular reflex – the mechanism of the reflex is to relax the muscle during contraction ↓ starting position – jaws closed ↓ irritation (light blow) with a neurological hammer on the midline of the chin ↓ response – muscle relaxation (opening of the dentition) ↓ biological significance of the reflex – a protective muscle reaction against injury to the sensitive TMJ and occlusive damage

Table 1 – Maximum amplitude of muscle activity of the masticatory muscles in healthy people (n=12) at rest and during functional loads

Indicator	M±δ
EMG, rest (maximum amplitude), μV	
m. masseter dex.	58,6±41,4
m. masseter sin.	59,8±39,5
m. temporalis dex.	51,2±20,1
m. temporalis sin.	52±13,2
EMG, compression (maximum amplitude), μV	
m. masseter dex.	818±598,9
m. masseter sin.	731,8±569
m. temporalis dex.	1036,4±558,6
m. temporalis sin.	1135,6±700,2
EMG, random chewing (maximum amplitude), μV	
m. masseter dex.	1332,4±657,7
m. masseter sin.	1365,6±498,4
m. temporalis dex.	1598±419,6
m. temporalis sin.	1808,8±349,1
EMG, mouth opening (maximum amplitude), μV	
m. masseter dex.	802±742,1
m. masseter sin.	794,8±609,9
m. temporalis dex.	141±63,9
m. temporalis sin.	108,4±13,1
EMG, mandibular forward movement (maximum amplitude), μV	
m. masseter dex.	462±305,2
m. masseter sin.	585±398,6
m. temporalis dex.	158,6±82
m. temporalis sin.	132±24
EMG, mandibular extension to the right side (maximum amplitude), μV	
m. masseter dex	564,6±782,2
m. masseter sin	296,2±98,9
m. temporalis dex.	155±116,9
m. temporalis sin.	120,8±69,2
EMG, mandibular extension to the left side (maximum amplitude), μV	
m. masseter dex	257,6±74,8
m. masseter sin	714,2±463
m. temporalis dex.	93,2±20,2
m. temporalis sin.	226,4±101,1

Damage to the first motor neuron leads to central paresis (pyramidal insufficiency). The body of the second motor neuron is located in the motor nuclei of the cranial nerves: trigeminal (nervus trigeminus), facial (nervus facialis), lingual (nervus glossopharyngeus), and hypoglossal (nervus hypoglossus). Damage to the second motor neuron leads to peripheral paresis and muscle atrophy. During local irritation of the dentoalveolar system (inflammatory, dysfunctional and degenerative processes), a reflex increase in muscle tone occurs. This reflex is implemented through the nuclei of the cranial nerves without the intervention of the cerebral cortex [13] **(fig. 2)**.

The mandibular reflex is studied to assess the reflex muscle response. As is well known, mandibular movements and masticatory muscle activity are measured to determine whether the reflexes contribute to maintaining the jaw position during locomotion [14].

The mandibular reflex can be elicited in two ways, which have different physiological mechanisms **(diagram)**.

In the first variant, tapping with a neurological hammer on the midline of the chin is performed with the jaw dropped. The reflex leads to the closure of the dentition. A short-term burst of muscle activity is recorded on the EMG (**fig. 3, J)**. In the second variant, tapping the chin with a neurological hammer is performed with the jaws closed. The reflex causes the dentition to open. A short-term cessation of muscle activity (the period of «silence») is recorded on the EMG **(fig. 3, K).**

In TMJ MJD, reflex inhibition of muscle activity occurs in the masticatory muscles. An increase in the duration of this inhibition may indicate a disruption of the reflex activity of the masticatory muscles. The biological significance of this protective reflex is that it is a reflex muscle response aimed at eliminating the damaging agent and protecting the body from its effects **(fig. 3)**.

The basis for the developed method of EMG of masticatory muscles was taken from the existing methods presented in the literature. The authors propose to perform EMG of the muscles in the resting phase, teeth clenching, chewing, and mouth opening. Less data is available on muscle function during jaw forward and lateral movement [15]. There are few references to the study of the mandibular reflex, but there are almost no normative values. In order to study muscle function in different functional states, we chose the following tests:

1) Investigation of the maximum amplitude of EMG activity at rest, during teeth clenching, during mouth opening, during forward and lateral movement of the mandible and during chewing **(fig. 3 A, B, C, D, F, G, H, I)**.

2) Number of chewing movements in one chewing cycle during random chewing and during a given chewing to the right and left sides (**fig. 3 G, H, I)**.

3) Duration of the chewing cycle during free chewing and during the set chewing on the right and left sides **(fig. 3 G, H, I)**.

4) Duration of reflex inhibition of masticatory muscle activity (mandibular reflex) **(fig. 3 K)**.

Table 2 – Number of chewing movements and duration of the chewing cycle in healthy subjects (n-12) during chewing of 1 standard nut (hazelnut) at random, chewing on the right and left sides

Number of chewing movements (NCM) and chewing cycle duration (CCD)	M±δ
NCM_RC	17,8±4,1
CCD_RC_s;	13,6±3,4
NCM_C on the right	18,2±2,8
CCD_C on the right	14,4±3,4
NCM_C_ on the left	17,8±5,1
CCD_C on the left	14,6±3,2

5) Duration of reflex excitation of masticatory muscle activity (myostatic reflex) **(fig. 3 J).**

In a relaxed position, the muscles often retain a specific muscle tone. When performing movements with the mandible, the facial muscles are activated, primarily the masseter and temporalis muscles. The work of the muscles is accompanied by electrical activity, which is recorded by electromyographic sensors. The more tense the muscle, the greater the amplitude of the recorded electrical activity. **Table 1** shows the mean values and standard deviation of the maximum amplitude of EMG activity of the masticatory muscles at rest and during various functional tests.

Chewing requires a certain number of chewing movements and a certain amount of time to achieve the result of effective chewing. The chewing cycle lasts from the beginning of the chewing motion to the first swallow. In pathology, the number of chewing movements and the time of the chewing cycle may vary. **Table 2** shows the data obtained on the number of chewing movements in one cycle and the duration of the chewing cycle during random chewing and chewing on one and the other side.

Table 3 – Duration of the mandibular reflex in healthy people (n=12)

EMG, mandibular_reflex_(EMG_in_ms)	M±δ
m. masseter dex	50±20
m. masseter sin	50±20
m. temporalis dex.	50±20
m. temporalis sin.	50±20
Mandibular myostatic_reflex (in_ms)	
m. masseter dex	34±5,5
m. masseter sin	34±5,5

A light blow to the chin with a hammer while the masseter muscles are relaxed results in a reflex short-term contraction. If you hit the chin with a hammer while the masticatory muscles are tense, on the contrary, their reflex short-term relaxation occurs **(fig. 3 J and K)**. Theoretically, the duration of reflex changes in muscle tone will vary with musculoskeletal dysfunction. **Table 3** shows the obtained indicators of the duration of reflex inhibition and reflex excitation of masticatory muscle activity in response to a neurological hammer blow to the chin.

Conclusions.

The protocols of electromyographic studies have been developed. Average values of bioelectrical activity of muscles at rest and during functional tests in healthy people have been established.

Prospects for further research.

The data obtained may be helpful in further studies and comparisons with similar indicators in patients with dentoalveolar pathology.

DOI 10.29254/2077-4214-2023-4-171-417-426
УДК 612.311:612.741

[1]Безкоровайна Л. П., [2]Гарляускайте І. Ю., [3]Пономаренко Ю. В.

ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЯ В ДОСЛІДЖЕННІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЖУВАЛЬНИХ М'ЯЗІВ У ЗДОРОВИХ ЛЮДЕЙ

[1]Національний медичний університет імені О.О. Богомольця (м. Київ, Україна)
[2]ТОВ "Медгарант" (м. Київ, Україна)
[3]ТОВ "МЦ "Центр нейродіагностики" (м. Київ, Україна)
larisabp73@gmail.com

Електроміографія (ЕМГ) – об'єктивний метод дослідження нейром'язової системи шляхом реєстрації біоелектричної активності нерва та м'яза. Основною метою нашого дослідження було розроблення та обґрунтування протоколу ЕМГ-дослідження жувальних м'язів та визначення нормативних значень біоелектричної активності м'язів в стані спокою та під час функціональних проб у здорових людей. Обстежено 12 здорових осіб віком від 18 до 35 років, які не мають скарг з боку зубощелепної системи, мають інтактні зубні ряди та фізіологічні форми прикусу. Проводилась поверхнева ЕМГ власне жувальних та скроневих м'язів одночасно та симетрично з обох сторін.

Протокол обстеження включав: дослідження біоелектричної активності в спокої, при стисканні зубів, при відкриванні рота, при динамічних пробах, дослідження мандибулярного рефлексу в положенні з привідкритим ротом та в положенні з легким стисненням зубів. Отримані середні значення комплексу ЕМГ показників. Вирахувані значення максимальної амплітуди біоелектричної активності власне жувальних та скроневих м'язів в спокої та при функціональних навантаженнях, тривалість затухання (активації) біоелектричної активності м'язів при тестуванні мандибулярного рефлексу, кількість жувальних рухів та тривалість жувального циклу при різних варіантах жування. Результати корисні для порівнянні з аналогічними показниками у пацієнтів з патологією зубощелепного апарата. Пріоритетність підходу до вивчення норми і патології обґрунтовує пошук нових методів ранньої діагностики, а також способів профілактики і лікування пацієнтів з МСД СНЩС.

Ключові слова: *скронево-нижньощелепний суглоб, електроміографія, м'язова функція, мандибулярний рефлекс.*

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження є фрагментом планової науково-дослідної теми кафедри стоматології Інституту післядипломної освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця "Наукове обґрунтування ранньої діагностики генералізованих захворювань пародонта хронічного та загостреного перебігу», № держреєстрації 0118U100471.

Вступ.

Нервово-м'язова система є структурно і функціонально поєднаною системою скелетних м'язів і нервів. Відомо, що нервово-м'язова система людини дуже чутлива до різних фізіологічних та патологічних станів, що відбуваються в організмі [1].

Координована м'язова функція – це своєчасне розслаблення м'язів антагоністів під час скорочення м'язів агоністів. При функціональних змінах м'язів лиця (зміна тонусу, больові міофасціальні синдроми) виникає порушення синхронної їх роботи. Це є вирішальним фактором при плануванні імплантації, ортопедичного та ортодонтичного лікувань [2].

Основною причиною лицьового болю є оклюзійно-м'язовий біль/дисфункція, що торкається взаємовідносин між скронево-нижньощелепним суглобом (СНЩС) і оклюзійними контактами. Внаслідок емоційного напруження стимулюється гіперскорочення м'язів, що веде до перевантаження зубів та опорних структур СНЩС, а некоординоване скорочення м'язів під час стискання зубів створюють тягу на суглобовий диск [3].

Рисунок 1 – Проведення поверхневої (глобальної) ЕМГ жувальних м'язів.

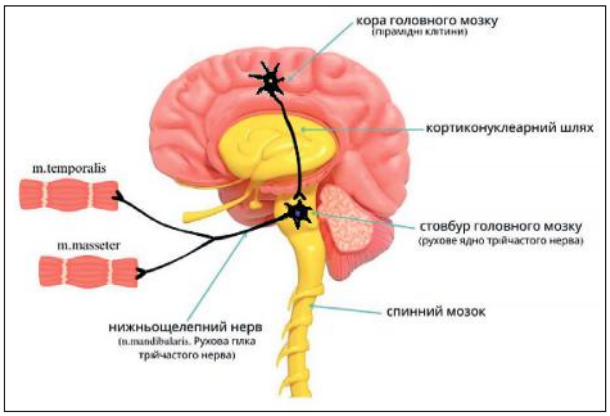

Рисунок 2 – Схема кортико-нуклеарно-м'язового шляху.

Міофасціальний біль є однією з найпоширеніших причин м'язово-суглобової дисфункції СНЩС (МСД СНЩС), що вражає 85% загального населення протягом життя із загальною поширеністю приблизно 46% [4, 5].

Причиною больової форми МСД СНЩС є м'язовий спазм, з формуванням тригерних точок (ТТ) в ділянці болючих м'язових потовщень. Можна виділити два механізми формування локальних спазмів. За першим – під час стресу, тривоги чи депресії запускаються центральні механізми формування м'язового спазму. М'язове напруження реалізується, в такому випадку, через кортико-нуклеарно-м'язовий шлях. За другим механізмом при наявності хронічних дентоальвеолярних захворювань, гострих змін оклюзійних взаємовідносин, виникає рефлекторний спазм м'язів [6].

Об'єктивним підтвердженням наявності порушень, спровокованих оклюзійною травмою, є зміна біоелектричної активності жувальних м´язів. Для дослідження функції нейром'язової системи і оцінки координованої м'язової активності та синхронної роботи м'язів при МСД СНЩС одним з надійних способів діагностики та контролю ефективності лікування є проведення поверхневої (глобальної) електроміографії (ЕМГ) з одночасною, симетричною реєстрацією міограми власне жувальних та скроневих м'язів [7, 8, 9].

Поверхнева ЕМГ широко використовується як неінвазивний метод для оцінки периферичного нейромоторного апарату і координації м'язів щелепно-лицевої області у пацієнтів із МСД СНЩС, а також для аналізу електрофізіологічної поведінки м'язів [10]. Як підкреслює Т. Костюк, ЕМГ є найбільш об'єктивним і надійним методом оцінки функції м'язів шляхом визначення їх електричних потенціалів, що дає можливість оцінити ступінь і тривалість м'язової активності. Переваги використання ЕМГ включають простоту використання, доступність, економічність і неінвазивність [11].

Ramfjord і Ash продемонстрували ЕМГ-ознаки "зменшення рівня м'язової активності і гармонізація дії м'язів" після усунення впливу оклюзії на положення суглобових голівок і порушення стереотипного м'язового ведення нижньої щелепи в звичну оклюзію [12].

Однак в літературі недостатньо даних, що висвітлюють показники поверхневої ЕМГ жувальних м'язів у здорових людей, які використовують для уточнення топічної діагностики та об'єктивізації патологічних або відновлюваних процесів. Тому дослідження ЕМГ показників жувальної мускулатури у здорових осіб на даний час залишається актуальним.

Мета дослідження.

Розробити та обґрунтувати протокол ЕМГ-дослідження жувальних м'язів та визначити нормативні значення біоелектричної активності м'язів в стані спокою та під час функціональних проб у здорових людей.

Об'єкт і методи дослідження.

Досліджено 12 здорових людей віком від 18 до 35 років, які не мали скарг з боку зубощелепної системи, мають інтактні зубні ряди та фізіологічні форми прикусу. Обстеження проводилося на багатофункціональному комп'ютерному комплексі Нейро-МВП "Нейро-ЕМГ-Мікро" компанії "УКРМЕДСПЕКТР", Україна. Проводилась поверхнева ЕМГ власне жувальних (m. masseter) та скроневих (m. temporalis) м'язів одночасно та симетрично з обох сторін. При обстеженні пацієнт знаходився в зручному положенні, напівлежачи з максимально розслабленими м'язами кінцівок, надпліччя, шиї та лиця **(рис. 1)**.

Протокол обстеження включав: дослідження біоелектричної активності (БЕА) в спокої, при стисканні зубів, при відкриванні рота, при висуванні нижньої щелепи вперед, при висуванні нижньої щелепи вправо, при висуванні нижньої щелепи вліво, при довільному жуванні, при заданому жуванні на праву сторону, при заданому жуванні на ліву сторону, дослідження мандибулярного рефлексу в положенні з привідкритим ротом та в положенні з легким стисненням зубів.

Отримано інформативну згоду від пацієнтів на дослідження.

Результати дослідження та їх обговорення.

Для правильного розуміння основних показників і результатів ЕМГ-досліджень клініцисту-стоматологу необхідно в повній мірі уявляти собі елементи організації нейромоторної системи людини та електрофізіологічні процеси, які в ній відбуваються.

Нейромоторна система, що забезпечує активність м'язів, реалізується через дві нервові клітини (мотонейрони). Тіло першого мотонейрона (пірамідної клітини) знаходиться в корі головного мозку. Там "зароджується рух" який людина свідомо виконує. Таким же чином "зародження руху" може виникати в корі при емоційному напруженні, стресі, депресії несвідомо. Ураження першого мотонейрона призводить до центрального парезу (пірамідної недостатності). Тіло другого мотонейрона знаходиться в рухових ядрах краніальних нервів: трійчастого (*nervus trigeminus*), лицевого (*nervus facialis*), язикоглоткового (*nervus glossopharyngeus*) під'язикового (*nervus hypoglossus*).Ураження другого мотонейрона призводить до периферичних парезів і атрофій м'язів. Під час локального подразнення зубо-щелепної системи (запальні, дисфункціональні та

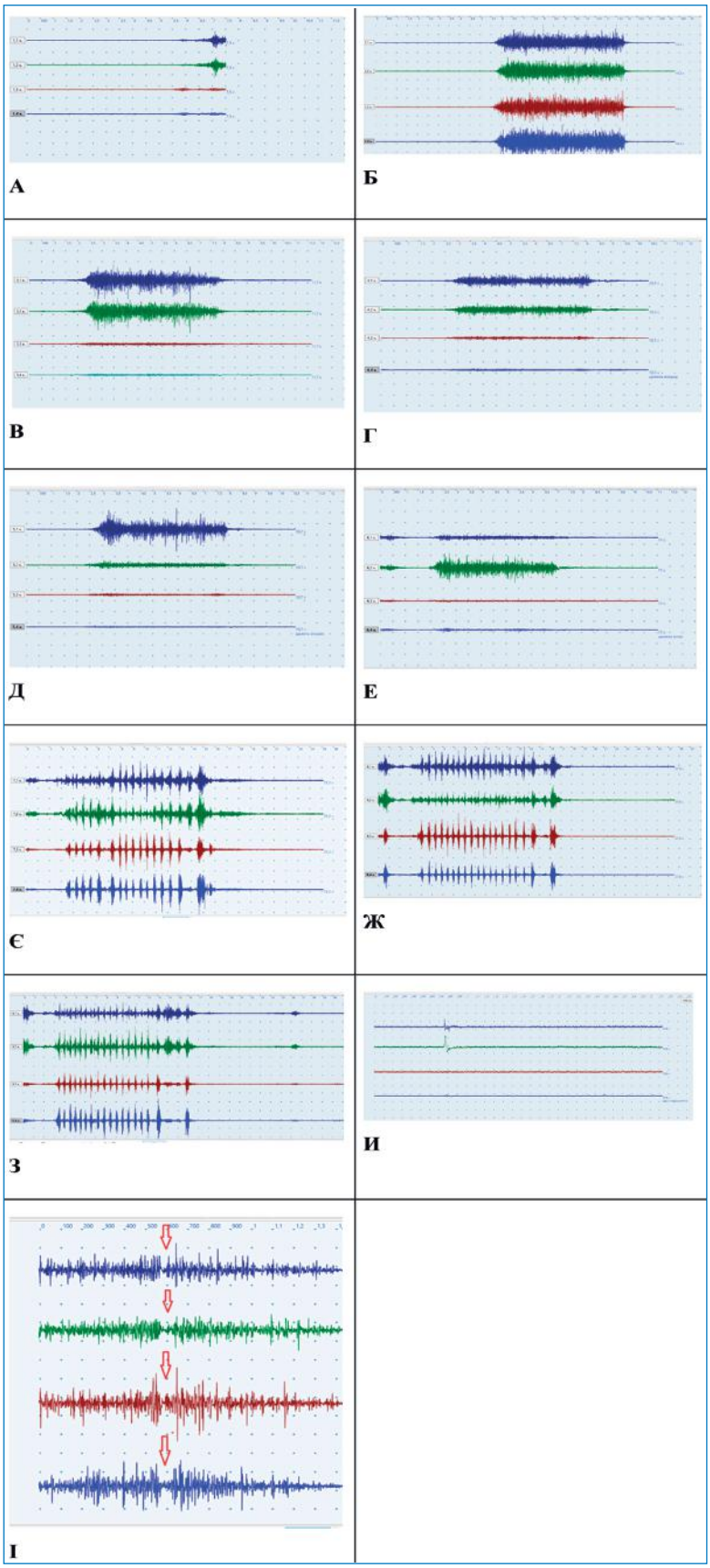

Рисунок 3 – Приклад ЕМГ жувальних м'язів у здорового чоловіка 28 років. 1к – m. masseter dex., 2к m. masseter sin. 3к m. temporalis dex. 4к m. temporalis sin. А – спокій, Б – стиснення зубів, В – відкривання рота, Г – висування нижньої щелепи вперед, Д – зміщення нижньої щелепи вправо, Е – зміщення нижньої щелепи вліво, Є – довільне жування (фундук), Ж – задане жування на правий бік (фундук), З – задане жування на лівий бік (фундук), И – мандибулярний рефлекс (при розслаблених м'язах), І – мандибулярний рефлекс (при напружених м'язах).

Схема – Мандибулярний рефлекс (в залежності від характеру рефлекторної м'язової відповіді)

Мандибулярний(міостатичний рефлекс) – механізм рефлексу полягає в скороченні м'яза у відповідь на його розтягнення ↓ початкове положення – щелепи розімкнені ↓ подразнення (легкий удар) неврологічним молоточком по середній лінії підборіддя ↓ відповідь – скорочення м'язів (зімкнення зубних рядів) ↓ біологічне значення рефлекса – захисна реакція м'яза від перерозтягнення	Мандибулярний рефлекс – механізм рефлексу полягає в розслабленні м'яза під час скорочення ↓ початкове положення – щелепи зімкнуті ↓ подразнення (легкий удар) неврологічним молоточком по середній лінії підборіддя ↓ відповідь – розслаблення м'язів (розімкнення зубних рядів) ↓ біологічне значення рефлекса – захисна реакція м'яза від травми чутливого СНЩС та оклюзійних пошкоджень

Таблиця 1 – Максимальна амплітуда м'язової активності жувальних м'язів у здорових людей (n=12) в спокої та при функціональних навантаженнях

Показник	M±δ
ЕМГ, спокій (максимальна амплітуда), мкВ	
m. masseter dex.	58,6±41,4
m. masseter sin.	59,8±39,5
m. temporalis dex.	51,2±20,1
m. temporalis sin.	52±13,2
ЕМГ, стискання (максимальна амплітуда), мкВ	
m. masseter dex.	818±598,9
m. masseter sin.	731,8±569
m. temporalis dex.	1036,4±558,6
m. temporalis sin.	1135,6±700,2
ЕМГ, довільне жування (максимальна амплітуда), мкВ	
m. masseter dex.	1332,4±657,7
m. masseter sin.	1365,6±498,4
m. temporalis dex.	1598±419,6
m. temporalis sin.	1808,8±349,1
ЕМГ, відкривання рота (максимальна амплітуда), мкВ	
m. masseter dex.	802±742,1
m. masseter sin.	794,8±609,9
m. temporalis dex.	141±63,9
m. temporalis sin.	108,4±13,1
ЕМГ, висування нижньої щелепи вперед (максимальна амплітуда), мкВ	
m. masseter dex.	462±305,2
m. masseter sin.	585±398,6
m. temporalis dex.	158,6±82
m. temporalis sin.	132±24
ЕМГ, висування нижньої щелепи в праву сторону (максимальна амплітуда), мкВ	
m. masseter dex	564,6±782,2
m. masseter sin	296,2±98,9
m. temporalis dex.	155±116,9
m. temporalis sin.	120,8±69,2
ЕМГ, висування нижньої щелепи в ліву сторону (максимальна амплітуда), мкВ	
m. masseter dex	257,6±74,8
m. masseter sin	714,2±463
m. temporalis dex.	93,2±20,2
m. temporalis sin.	226,4±101,1

дегенеративні процеси) виникає рефлекторне підвищення м'язового тонусу. Даний рефлекс реалізується через ядра краніальних нервів без втручання кори головного мозку [13] **(рис. 2)**.

Для оцінки рефлекторної м'язової відповіді вивчається мандибулярний рефлекс. Як відомо, рухи нижньої щелепи та активність жувальних м'язів вимірюють, щоб визначити, чи сприяють рефлекси утриманню положення щелепи під час локомоції [14].

Мандибулярний рефлекс можна викликати двома варіантами, які мають різні фізіологічні механізми **(схема)**.

При першому варіанті, постукування неврологічним молоточком по середній лінії підборіддя виконується при опущеній щелепі. Реалізація рефлексу призводить до змикання зубних рядів. На ЕМГ реєструється короткочасний сплеск м'язової активності **(рис. 3, И)**. При другому варіанті, постукування неврологічним молоточком по підборіддю виконується при зімкнутих щелепах. Реалізація рефлексу викликає розмикання зубних рядів. На ЕМГ реєструється короткочасне припинення м'язової активності (період "мовчання") **(рис. 3, І)**.

При МСД СНЩС в жувальних м'язах виникає рефлекторне гальмування м'язової активності. Підвищення тривалості якого може свідчити про порушення рефлекторної діяльності жувальних м'язів. Біологічне значення даного захисного рефлексу полягає в рефлекторній м'язовій відповіді, що направлена на усунення пошкоджуючого агента і захисті організму від його впливу **(рис. 3)**.

Основою для розробленої нами методики ЕМГ жувальних м'язів були взяті існуючі методики, що представлені в літературі. Авторами запропоновано проводити ЕМГ м'язів в фазі спокою, стисканні зубів, жуванні, відкриванні рота. Менше даних наводять про роботу м'язів при висуванні щелепи вперед та в бік [15]. Є поодинокі вказівки про дослідження мандибулярного рефлексу, але майже не представлені його нормативні значення. Для того щоб дослідити роботу м'язів в різних функціональних станах нами були вибрані такі проби:

1) Дослідження максимальної амплітуди ЕМГ активності в спокої, при стисканні зубів, при відкриванні рота, при висуванні нижньої щелепи вперед і в боки та при жуванні **(рис. 3 А, Б, В, Г, Д, Е, Є, Ж, З)**.

2) Кількість жувальних рухів в одному жувальному циклі при довільному жуванні та при заданому жуванні на правий та лівий боки **(рис. 3 Є, Ж, З)**.

3) Тривалість жувального циклу при довільному жуванні та при заданому жуванні на правий та лівий боки **(рис. 3 Є, Ж, З)**.

4) Тривалість часу рефлекторного гальмування активності жувальних м'язів (мандибулярний рефлекс) **(рис. 3 І)**.

Таблиця 2 – Кількість жувальних рухів та тривалість жувального циклу у здорових людей (n-12) під час жування 1 стандартного горіха (фундук) при довільному жуванні, жуванні на праву та ліву сторону

Кількість жувальний рухів (КЖР) та тривалість жувального циклу (ТЖЦ)	M±δ
КЖР_ДЖ	17,8±4,1
ТЖЦ_ДЖ_с;	13,6±3,4
КЖР_ЗЖ справа	18,2±2,8
ТЖЦ_ЗЖ справа	14,4±3,4
КЖР_ЗЖ_зліва	17,8±5,1
ТЖЦ_ЗЖ зліва	14,6±3,2

5) Тривалість часу рефлекторного збудження активності жувальних м'язів (міостатичний рефлекс) **(рис. 3 И)**.

В розслабленому положенні частіше всього в м'язах зберігається певний м'язовий тонус. При виконанні рухів нижньою щелепою включаються м'язи лиця, в першу чергу власне жувальні та скроневі м'язи. Робота м'язів супроводжується електричною активністю, яка реєструється електроміографічними датчиками. Чим більше напружений м'яз, тим більше амплітуда зареєстрованої електричної активності. В **табл. 1** представлені середні показники та стандартне відхилення максимальної амплітуди ЕМГ активності жувальних м'язів в спокої та при різних функціональних пробах.

При жуванні потрібна певна кількість жувальних рухів і певний час для отримання результату – ефективного пережовування. Жувальний цикл триває від початку жувальних рухів до першого ковтання. При патології к ількість жувальних рухів та час жувального циклу можуть змінюватися. **Табл. 2** висвітлює отримані дані щодо кількості жувальних рухів в одному

Таблиця 3 – Тривалість мандибулярного рефлексу у здорових людей (n=12)

ЕМГ, мандибулярний_рефлекс_(ЕМГ_РГАМ_в_мс)	M±δ
m. masseter dex	50±20
m. masseter sin	50±20
m. temporalis dex.	50±20
m. temporalis sin.	50±20
Мандибулярний міостатичний_рефлекс (РЗАМ_в_мс)	
m. masseter dex	34±5,5
m. masseter sin	34±5,5

циклі та тривалості жувального циклу при довільному жуванні та жуванні на одну та іншу сторони.

При легкому ударі молоточком по підборіддю з розслабленими жувальними м'язами виникає рефлекторне короткочасне їх скорочення. Якщо вдарити молоточком по підборіддю в період напружених жувальних м'язів, навпаки, виникає їх рефлекторне короткочасне розслаблення **(рис. 3 И та І)**. Теоретично, при м'язово-суглобовій дисфункції тривалість рефлекторних змін в тонусі м'язів будуть змінюватися. В **табл. 3** вказані отримані показники тривалості часу рефлекторного гальмування та рефлекторного збудження активності жувальних м'язів у відповідь на удар неврологічним молоточком по підборіддю.

Висновки.

Розпрацьовані протоколи електоміографічних досліджень Встановлені нормативні значення біоелектричної активності м'язів в стані спокою та під час функціональних проб у здорових людей.

Перспективи подальших досліджень.

Отримані дані можуть бути корисними при подальших дослідженнях та порівнянні з аналогічними показниками у пацієнтів з патологією зубощелепного апарату.

References / Література

1. Kotsan, IIa, Morenko AH. Fiziolohiia nervovo-miazovoho aparatu. Lutsk: Vezha; 2006. 180 s. [in Ukrainian].
2. Stoian OIu, Ruzin HP, Sokolova II. Klasyfikatsiia variantiv porushen skronevo- nyzhnoshchelepnykh suhlobiv pry miazovo-suhlobovii dysfunktsii. Eksperym. ta klin. stomatolohiia. 2019;1/2:22-5. DOI: doi.org/10.35339/ ecd.2019.1-2.22-25. [in Ukrainian].
3. Peter E. Dawson. Functional Occlusion: From TMJ to Smile Design. Lsevier Health Sciences; 2006. 648 p.
4. Deregibus A, Ferrillo M, Grazia Piancino M, Chiara Domini M, De Sire A, Castroflorio T. Are occlusal splints effective in reducing myofascial pain in patients with muscle-related temporomandibular disorders? A randomized-controlled trial. Turk J Phys Med Rehabil. 2021 Mar 4;67(1):32-40. DOI: 10.5606/tftrd.2021.6615.
5. Fricton J. Myofascial pain: mechanisms to management. Oral Maxillofac Surg Clin North Am. 2016 Aug;28(3):289-311. DOI: 10.1016/j.coms.2016.03.010.
6. Kuć J, Szarejko KD, Gołębiewska M. The prevalence and overlaps of temporomandibular disorders in patients with myofascial pain with referral-A pilot study. Int J Environ Res Public Health. 2021 Sep 18;18(18):9842. DOI: 10.3390/ijerph18189842.
7. Whittaker RG. The fundamentals of electromyography. Pract Neurol. 2012 Jun;12(3):187-94. DOI: 10.1136/practneurol-2011-000198.
8. Woźniak K, Piątkowska D, Lipski M, Mehr K. Surface electromyography in orthodontics – a literature review. Med Sci Monit. 2013 May 31;19:416-23. DOI: 10.12659/MSM.883927.11.
9. Marupova MH. Modern diagnostic methods for temporomandibular joint pain dysfunction syndrome. European Scholar Journal. 2023;4(4):119-21. Available from: https://scholarzest.com/index.php/esj/article/view/3463.
10. Szyszka-Sommerfeld L, Machoy M, Lipski M, Woźniak K. Electromyography as a means of assessing masticatory muscle activity in patients with pain-related temporomandibular disorders. Pain Res Manag. 2020 Aug 13;2020:9750915. DOI: 10.1155/2020/9750915.
11. Kostiuk TM. Elektromiohrafichne doslidzhennia roboty zhuvalnykh miaziv pry dysfunktsiinykh rozladakh skronevo-nyzhnoshchelepnoho suhloba. Aktual. probl. suchasn. med.: Visn. Ukr. med. stomat. akad. 2018;18(3):212-9. [in Ukrainian]:
12. Ramfjord SP, Ash MM. Occlusion. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Co; 1983. 380 p.
13. Kuffler SW, Nicholls JD, Martin AR. From neuron to brain: a cellular approach to the function of the nervous system. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc. Publishers; 1984. 651 p.
14. Miles TS, Flavel SC, Nordstrom MA. Control of human mandibular posture during locomotion. J Physiol. 2004 Jan 1;554(1):216-26. DOI: 10.1113/ jphysiol.2003.050443.
15. Botvynko VV, Zhehulovych ZIe, Kuts PV. Zminy elektromiohrafichnykh pokaznykiv zhuvalnykh miaziv u osib z miazovo-suhlobovymy dysfunktsiiamy. Akt. problemy suchas. medytsyny: Visn. Ukr. med. stomat. akad. 2015;15(4):11-6 [in Ukrainian] .

ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЯ В ДОСЛІДЖЕННІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЖУВАЛЬНИХ М'ЯЗІВ У ЗДОРОВИХ ЛЮДЕЙ

Безкоровайна Л. П., Гарляускайте І. Ю., Пономаренко Ю. В.

Резюме. *Мета дослідження.* Розробка та обґрунтування протоколу електроміографічного (ЕМГ) дослідження жувальних м'язів та визначення нормативних значень біоелектричної активності м'язів в стані спокою та під

час функціональних проб у здорових людей. Пріоритетність підходу до вивчення норми і патології обґрунтовує пошук нових методів ранньої діагностики, а також способів профілактики і лікування.

Об'єкт і методи дослідження. Обстежено 12 здорових осіб віком від 18 до 35 років, які не мали скарг з боку зубощелепної системи, мають інтактні зубні ряди та фізіологічні форми прикусу. Проводилась поверхнева ЕМГ жувальних та скроневих м'язів. Протокол обстеження включав: дослідження біоелектричної активності в спокої, при стисканні зубів, при відкриванні рота, при висуванні нижньої щелепи вперед, вправо, вліво, при довільному жуванні, при заданому жуванні на праву та ліву сторони, дослідження мандибулярного рефлексу в положенні з привідкритим ротом та в положенні з легким стисненням зубів.

Результати дослідження. Для розуміння основних результатів ЕМГ-досліджень необхідно в повній мірі уявляти елементи організації нейромоторної системи та електрофізіологічні процеси, які в ній відбуваються. Для оцінки рефлекторної м'язової відповіді вивчається мандибулярний рефлекс. При м'язово-суглобовій дисфункції скронево-нижньощелепного суглоба в жувальних м'язах виникає рефлекторне гальмування м'язової активності, підвищення тривалості якого свідчить про порушення рефлекторної діяльності жувальних м'язів.

Висновки. Поверхнева ЕМГ жувальних м'язів у здорових осіб дозволила отримати середні значення максимальної амплітуди біоелектричної активності власне жувальних та скроневих м'язів в спокої та при функціональних навантаженнях, тривалості затухання (активації) біоелектричної активності м'язів при тестуванні мандибулярного рефлексу, кількості жувальних рухів та тривалості жувального циклу при різних варіантах жування. Отримані результати забезпечують можливість порівнянні аналогічних показників у пацієнтів з патологією зубощелепного апарата.

Ключові слова: скронево-нижньощелепний суглоб, електроміографія, м'язова функція, мандибулярний рефлекс.

ELECTROMYOGRAPHY IN THE STUDY OF THE FUNCTIONAL STATUS OF MASTIC MUSCLES IN HEALTHY PEOPLE

Bezkorovaina L. P., Harliauskaite I. Yu., Ponomarenko Yu. V.

Abstract. *Objective of the study.* To develop and substantiate the protocol for electromyographic (EMG) research of masticatory muscles and to determine standard values of bioelectrical activity of the muscles at rest and during functional tests in healthy individuals. The approach's priority to studying norms and pathologies underlines the search for new methods of early diagnosis, as well as prevention and treatment methods.

Materials and Methods. 12 healthy individuals aged 18 to 35, who had no complaints from the dento-facial system, possess intact dental arches, and physiological occlusal forms, were examined. Surface EMG of the masticatory and temporal muscles was conducted. The examination protocol included: studying bioelectrical activity at rest, during teeth clenching, mouth opening, protrusion of the lower jaw forward, rightward and leftward shifts, voluntary chewing, specified chewing on the right and left sides, and investigation of the mandibular reflex in a slightly open mouth position and with a slight teeth clench.

Study results. To understand the primary outcomes of EMG studies, it's essential to fully envision the elements of the neuromotor system organization and the electrophysiological processes that occur therein. The mandibular reflex is studied to assess the reflexive muscle response. When there's a muscle-joint dysfunction of the temporomandibular joint, reflexive inhibition of muscle activity arises in the masticatory muscles; an increase in its duration indicates disruptions in the reflex activity of the masticatory muscles.

Conclusions. Surface EMG of the masticatory muscles in healthy individuals allowed obtaining average values of the maximum amplitude of bioelectrical activity of the actual masticatory and temporal muscles at rest and during functional loads, the duration of decay (activation) of muscle bioelectrical activity during mandibular reflex testing, the number of chewing movements, and the duration of the chewing cycle in different chewing variants. The obtained results provide the possibility of comparing analogous indicators in patients with pathology of the dental and jaw apparatus.

Key words: temporomandibular joint, electromyography, muscle function, mandibular reflex.

ORCID and contributionship / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:
Bezkorovaina L. P.: https://orcid.org/0000-0001-8363-3214 ABCDEF
Harliauskaite I. Yu.: – CEF
Ponomarenko Yu. V.: – ABCDF

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:
The authors of the article confirm that they have no conflict of interest. / Автори статті підтверджують відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції
Bezkorovaina Larysa Petrivna / Безкоровайна Лариса Петрівна
Bogomolets National Medical University / Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
Ukraine, 03057, Kyiv, 1 Zoolohichna str. / Адреса: Україна, 03057, м. Київ, вул. Зоологічна 1
Tel.: +380674677273 / Тел.: +380674677273
E-mail: larisabp73@gmail.com

A – Work concept and design, **B** – Data collection and analysis, **C** – Responsibility for statistical analysis, **D** – Writing the article, **E** – Critical review, **F** – Final approval of the article. / **A** – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Received 25.05.2023 / Стаття надійшла 25.05.2023 року
Accepted 07.11.2023 / Стаття прийнята до друку 07.11.2023 року