

Макєєв В.Ф., Шибінська М.В.

## Історичні аспекти та сучасні підходи до реєстрації рухів нижньої щелепи

Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького м. Львів, Україна

**Мета.** Систематизувати та оглянути доступні дані науково-дослідної інформації за двадцять років щодо систем і методик реєстрації рухів нижньої щелепи.

**Матеріали та методи.** Проведений пошук літератури на сервісі PubMed. До уваги брались публікації за період до 2024 року. Першочерговий фільтр у пошуковій системі використовувався для відбору публікацій за критеріями: метааналіз, огляд, системний огляд. Тільки публікації англійською мовою відбирались до первинного обсягу даних. Первинний пошук джерел склав 45 публікацій. Після детального аналізу відібраних публікацій для подальшого опрацювання залишено 35 публікацій, які максимально відповідали потребам. Додано 3 публікації вручну, з інших сервісів, які розкривали поставлену тематику. Відповідно загальна кількість публікацій, що використовувались для аналізу, склала 37 статей.

**Результати.** Аналіз нижньощелепних рухів забезпечує лікаря важливими параметрами для оцінки функції СНЩС. Вони є важливими, щоб моделювати нормальне функціонування жувального апарату. Тому ґрунтовні знання щодо рухів нижньої щелепи є необхідними для стоматологів різних профілів, особливо ортопедів і ортодонтів. Обізнаність при різних методах, які використовуються для вимірювання рухів нижньої щелепи, мають ключове значення в клінічному аналізі.

Апаратне забезпечення для реєстрації рухів нижньої щелепи пройшло великий шлях від чисто фізичних варіантів реєстрації таких рухів до сучасних електричних систем з багатопрофільним програмним забезпеченням, що забезпечують можливість функціональної реабілітації зубо-щелепної системи на високому рівні.

**Ключові слова:** нижня щелепа, скронево-нижньощелепний суглоб, функція, реєстрація рухів нижньої щелепи, апаратне забезпечення.

### Вступ

**Ж**увальна система – це надзвичайно складна анатомо-функціональна система, яка складається, в основному, з кісток щелеп, м'язів, що забезпечують рухи нижньої щелепи, зв'язок, зубів, що сформовані у відповідні зубні ряди, та яка підпорядкована нейросенсорній інервації на рівні центральної нервової системи. Саме за допомогою нервово-м'язового компонента здійснюється контроль різних складових жувальної системи. Характер рухів нижньої щелепи вже давно

став предметом значного інтересу як з фізіологічного, так і з клінічного погляду.

Співвідношення верхнього і нижнього зубних рядів та їх функціональна взаємодія привернули увагу стоматологів з того часу, як статистичне і динамічне положення суглобових головок у суглобовій ямці при різних рухах нижньої щелепи набуло потреби бути витлумаченим та інтерпретованим [1].

Для фізіологічної роботи цієї системи під час жування, ковтання та мовлення стабільність та належа динаміка рухів є вирішальними [2, 3].

Форма СНЩС та білатеральність надає можливість нижній щелепі здійснювати різноманітні рухи (в основному здійснюється у трьох різних площинах, а саме: сагітальній, фронтальній та горизонтальній). Головним чином ці рухи є обертальні (поворот) і поступальні (ковзні) рухи [4].

Проте, зважаючи на особливості будови СНЩС та його білатеральність рідко можна спостерігати «чистий» оберт або трансляцію у функціонуванні скронево-нижньощелепних суглобів [5].

Діапазони рухів нижньої щелепи визначаються не лише зв'язками, суглобовими поверхнями, морфологією зубних дуг та анатомією зубів, але й контролюються нейронами стовбура мозку, що стимулюються численними сенсорними рецепторами [6].

Максимальний рух у площині або напрямку називається граничним рухом. Існує широкий діапазон рухів, які називаються внутрішнім рухом в межах рамок які можуть бути виміряні механічно. Внутрішні рухи не є відтворюваними та, отже, не можуть бути виміряні з точністю [7].

Аналіз нижньощелепних рухів забезпечує лікаря важливими параметрами для оцінки функції СНЩС. Вони є важливими для лікаря, щоб моделювати нормальне функціонування жуваального апарату [8].

Тому ґрунтовні знання про рухи нижньої щелепи є необхідними для стоматологів різних профілів, особливо ортопедів і ортодонтів. Обізнаність при різних методах, які використовуються для вимірювання рухів нижньої щелепи, мають ключове значення в клінічному аналізі.

## Мета

Систематизувати та оглянути доступні дані науково-дослідної інформації за двадцять років щодо систем і методик реєстрації рухів нижньої щелепи.

## Матеріали та методи

Проведений пошук літератури на сервісі PubMed. Первинний пошук проведений за допомогою алгоритмів. MeSH: (((«artificial intelligence»[MeSH Terms]) OR («artificial intelligence»[All Fields])) OR («ai»[All Fields])) AND («dentistry»[MeSH Terms]). До уваги брались публікації за період до 2024 року. Першочерговий фільтр у пошуковій системі використовувався для відбору публікацій за критеріями: метааналіз, огляд, системний огляд. Також, тільки публікації англійською мовою відбирались до первинного обсягу даних. Первинний пошук літератури склав 45 публікацій. Після детального аналізу відібраних публікацій для подальшого опрацювання було залишено 34 публікацій, які максимально

відповідали потребам. Також додано 3 публікацій вручну, з інших сервісів, які розкривали поставлену тематику. Відповідно загальна кількість публікацій, яку використовувалось для аналізу, склала 37 статей.

## Результати дослідження

Визначено, що для реєстрації та вимірювання рухів нижньої щелепи застосовуються різні методи, які включали як прості вимірювальні прилади такі, як міліметрова лінійка, так і складні електронні пристрої, такі як сенсори [9], ультразвук [10], акселерометри [11], електромагнітні поля [12], відеофотоскопія [13], оптоелектронні пристрої [14], графічне трактування [15], бічні рентгенограми [8], електромагнітні датчики закріплені на передніх зубах [17].

Графічні методи використовувалися на ранніх етапах Ulrich L [18] та Walker WE [19], Luce CE [20] фотографував відображення сонячного світла від намистин, розташованих навпроти processus condylaris. Posselt U [21] вивчав рухи виростка за допомогою профільної рентгенографії. Кінематографію вперше застосовував Thourén G [22], а цю техніку пізніше вдосконалив Hildebrand GY [23]. Використання рентгенографії в дослідженні рухів нижньої щелепи, було вперше введено Sicher H [24], який повідомив, що він зміг дослідити положення щелепи за допомогою звичайних рентгенівських записів. Подібна техніка, яка також включала стереоскопічні рентгенограми та фотограмметричний аналіз, була пізніше використана Lindblom G [25]. Перші дослідження рухів нижньої щелепи за допомогою кінорентгенографії були проведені Klatsky M [26]. Zola A та Rothschild EA стежили за рухами нижньої щелепи за допомогою виросткового тезіографа [27].

Maquyama T та інші описали систему аналізу сірогнатографа (SGG/AS), яка була розроблена шляхом об'єднання сірогнатографа з персональним комп'ютером [28, 29]. SGG відстежував положення магніту, прикріпленого до лабіальної поверхні нижнього різця, за допомогою восьми магнітних датчиків.

Meski та Palla розробили оптоелектронну систему (JAWS-3D) для моніторингу функціональних рухів будь-якої точки нижньої щелепи за Mesqui F і Palla S [30].

Нова оптоелектронна система під назвою «mac reflex» була описана Hamborg R та Karlsson S [31], яка складалася з трьох основних блоків: двох відеокамер з об'єктивом, чутливим до інфрачервоного світла, відео процесора та пакета програмного забезпечення в комп'ютері Macintosh.

Шляхом знаходження вісі суглоба та точного

тривимірного відстежування рухів цієї вісі можна проаналізувати руховий патерн кожного суглоба. За допомогою аксіографії можна аналізувати функцію нижньої щелепи відносно як суглобної вісі, так і оклюзійних відносин, а навіть можна виміряти стисливість диска.

Компактний аксіографічний пристрій Cadiax був розроблений для швидкого аналізу суглобів для програмування артикулятора, а також для допомоги у діагностиці функціональних порушень рухів нижньої щелепи. Він дозволяє комп'ютеризоване реєстрування відкриття, виступання та середньовиступних слідів, а також обчислює сагітальні та трансверсальні кульові кути нахилу для налаштування артикуляторів [32, 33].

Електромагнітна артикографія (ЕМА) вимірює переміщення анатомічних структур в реальному часі, а також акустику та механіку мовлення за допомогою мікрофона, підключеного до системи вимірювання. Він має передавальні котушки, які визначають магнітні поля для збору інформації про рухи з датчиків, розташованих на різних структурах (язик, піднебіння, рот, різці, шкіра тощо). Після вимірювання інформація передається на комп'ютер і читається для візуалізації запису рухів нижньої щелепи, зареєстрованих за допомогою ЕМА [34].

Проте, попри значні успіхи у визначенні особистостей рухів нижньої щелепи, зокрема її суглобових

відростків, діагностика скронево-нижньощелепних розладів у клінічному, а особливо у дослідницькому контексті, повинна, в основному, базуватися на анамнезі, клінічних даних та візуалізації (МРТ, КТ), оскільки наразі немає міжнародно визнаних критеріїв для оцінки аналізу рухів суглобових відростків. Технічні передумови для цих застосувань включають електронну реєстрацію рухів суглобового відростка нижньої щелепи та можливість подальшого аналізу записів на ПК за допомогою відповідного програмного забезпечення. Якщо в програмуванні артикулятора оцінюються лише кутові відхилення від референтної площини та кривизна сагітального і горизонтального шляхів суглобового відростка, то аналіз руху суглобового відростка оцінює просторові рухи та зміни швидкості руху. [35] Аналіз рухів суглобового відростка спочатку базувався на однаково визначених інструментальних функціональних даних. Вони були розроблені на консенсусній конференції Німецького товариства функціональної діагностики та терапії (Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie, DGFDT) у 2012 році та опубліковані на міжнародному рівні. На основі цих критеріїв було розроблено концепцію параметризації та оцінки результатів аналізу функціональних рухів. [35,37] Зміст цієї роботи був інтегрований у настанову DGFDT з інструментального функціонального аналізу. [36]

## ПОСИЛАННЯ

1. Dawson PE. Evaluation, diagnosis and Treatment of Occlusal Problems 2nd ed. Missouri: Mosby Elsevier; 2007.
2. Soboleva U, Laurina L, Slaidina A: Jaw tracking devices – historical review of methods development. Part I. Stomatologija 2005; 7: 67-71.
3. Soboleva U, Laurina L, Slaidina A: Jaw tracking devices – historical review of methods development. Part II. Stomatologija 2005; 7: 72-76.
4. Aḥamed A, Dhanraj M. Concepts of occlusion in prosthodontics-a 'review. Res J Pharm Tech 2017; 10:913-6.
5. Ferrario VF, Sforza C, Miani A, Serrao G, Tartaglia G: Open-close movements in the human temporomandibular joint: does a pure rotation around the intercondylar hinge axis exist? J Oral Rehabil 1996; 23: 401-408. doi: 10.1111/j. 1365-2842. 1996.tb00871.x
6. Okeson JP: Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion, 8th ed. Elsevier: St. Louis MI, USA, 2020.
7. Nagpal A, Abrol S, Duvedi K, Ruthwal Y, Kashyap P. Mandibular movements: Record and analysis from time immemorial. Ann Prosthodont Restor Dent 2017; 3:57-9.
8. Gerstner GE, Fehrman J. Comparison of chin and jaw movements during gum chewing. J Prosthet Dent 1999; 81:179-85.
9. Flavel SC, Nordstrom MA, Miles TS. A simple and inexpensive system for monitoring jaw movements in ambulatory humans. J Biomech 2002; 35:573-7.
10. Trayers KH, Busch ng PH, Hayasaki H, Throckmorton GS. Associations between incisor and mandibular condylar movements during maximum mouth opening in humans. Arch Oral Biol 2000; 45:267-75.
11. Holden JP, Selbie WS, Stanhope SJ. A proposed test to support the clinical movement analysis laboratory accreditation process. Gait Posture 2003; 17:205-13.
12. Wood WW. Medial pterygoid muscle activity during chewing and clenching. J Prosthet Dent 1986; 55:615-21.
13. Yang Y, Yatabe M, Ai M, Soneda K. The relation of canine guidance with laterotrusive movements at the incisal point and the working side condyle. J Oral Rehabil 2000; 27:911-7.
14. Naeije M. Measurement of condylar motion: A plea for the use of the condylar kinematic centre. J Oral Rehabil 2003; 30:225-30.
15. Gysi A. The problem of articulation. Dent Cosmos 1910; 52:1-19.
16. Alexander PC. Movements of the condyle from rest position to initial contact and full occlusion. J Am Dent Assoc 1952; 45:284-93.
17. Gibbs CH. Functional movements of the mandible. J Prosthet Dent 1971; 26:604-19.
18. Mutneja P. Methods for recording mandibular movements: A review. TMU J Dent 2015; 2:108-110.

19. Walker WE. The glenoid fossa. The movements of the mandible. Dent Cosmos 1896; 34:34-43.
20. Hickey JC, Allison ML, Woelfel JB, Boucher CO, Stacy RW. Mandibular movements in three dimensions. J Prosthet Dent 1963; 13:72-92.
21. Posselt U. Studies in the mobility of the human mandible. Acta Odont Scandinav 1952; 10 Suppl 10:19-160.
22. Gallo LM. Modeling of temporomandibular joint function using MRI and jaw-tracking technologies – mechanics. Cells Tissues Organs 2005; 180:54-68.
23. Hildebrand GY. Studies in the masticatory movements of the human lower jaw. Skand Arch Physiol Suppl 1931 ;6I: 1-190.
24. Sicher H. Zur mechanik des kiefergelenkes. Z Stomat 1929; 37:27.
25. Lindblom G. On the anatomy and function of the temporomandibular joint. Acta Odont Scand 1960; 17 Suppl 28:122.
26. Klatsky M. The physiology of mastication. Cinephotography and cinefluorography of the masticatory apparatus in function. Am J Orthodont Oral Surg 1939; 25:205.
27. Zola A, Rothschild EA. Condyle positions in unimpeded jaw movements. J Pros Den 1961; 11:873-81.
28. Maruyama T, Higashi K, Mizumori T, Miyauchi S, Kuroda T. Clinical studies on consistency of chewing movements-chewing path for the same food. J Osaka Univ Dent Sch 1985; 25:49-61.
29. Maruyama T, Kuwabara T, Mizumori T, Miyauchi S, Kuroda T. The effect of TMJ abnormalities on chewing movements. J Osaka Univ Dent Sch 1985; 25:63-77.
30. Mesqui F, Palla S. Real-time non-invasive recording and display of functional jaw movements. J Oral Rehabil 1985; 12:541-2.
31. Hamborg R, Karlsson S. Movement and signal analysis by means of a computer-assisted system. J Oral Rehabil 1996; 23:121-8.
32. Theusner J, Plesh O, Curtis DA, Hutton JE. Axiographic tracings of temporomandibular joint movements. J Prosthet Dent 1993; 69:209-15.
33. Petrie CS, Woolsey GD, Williams K. Comparison of recordings obtained with computerized axiography and mechanical pantography at 2-time intervals. J Prosthodont 2003; 12: 102-10.
34. Navarro RF, Curiqueo A, Ottone NE. Determination of mandibular border and functional movement protocols using an electromagnetic articulograph (EMA). Int J Clin Exp Med 2015; 8:19905-16.
35. Ahlers, M. O. et al. Motion analysis of the mandible: guidelines for standardized analysis of computer assisted recording of condylar movements. Int. J. Comput. Dent, 18, 201-223 (2015)
36. Utz, K., Hugger, A., Ahlers, M. O. & Seeher, W. 52k guideline, instrumental functional analysis in dentistry J. Craniomand. Funct. 8, 185-236 (2016).
37. Ahlers, M. O. et al. Motion analysis of the mandible: concept for standardized evaluation of computer-assisted recording of condylar movements. J. Craniomand. Funct. 6, 333-352 (2014).

### Historical aspects and modern approaches to recording lower jaw movements

*Makeyev V., Shybinska M.*

Lviv National Medical University named after Danylo Halytskyi, Lviv, Ukraine

**Objective:** To systematize and review available scientific research data over twenty years regarding systems and methods for recording lower jaw movements.

**Materials and Methods:** A literature search was conducted on the PubMed service. Publications up to 2024 were considered. The primary filter in the search system was used to select publications based on the following criteria: meta-analysis, review, systematic review. Only publications in English were selected for the initial data set. The primary search yielded 45 publications. After a detailed analysis of the selected publications, 35 publications that best met the needs were retained for further processing. Additionally, 3 publications from other services that addressed the topic were added manually. Thus, the total number of publications used for the analysis amounted to 37 articles.

**Results:** The analysis of lower jaw movements provides the clinician with important parameters for evaluating the function of the temporomandibular joint (TMJ). These parameters are crucial for modeling the normal functioning of the masticatory apparatus. Therefore, in-depth knowledge of lower jaw movements is necessary for dentists of various profiles, especially prosthodontists and orthodontists. Familiarity with various methods used to measure lower jaw movements is key in clinical analysis.

The hardware for recording lower jaw movements has evolved significantly from purely mechanical methods to modern electronic systems with multi-functional software, ensuring high-level functional rehabilitation of the dentoalveolar system.

**Key words:** lower jaw, temporomandibular joint, function, registration of lower jaw movements, hardware.

*Макеев Валентин Федорович – доктор медичних наук, професор кафедри ортопедичної стоматології ЛНМУ імені Данила Галицького, Україна, м. Львів, вул. Пекарська 69, prof. makeyev@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-4841-8441>*

*Шибінська Марта Володимирівна – лікар-інтерн, ЛНМУ імені Данила Галицького, Україна, м. Львів, вул. Пекарська 69, +380980573973, martashybinska1@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0000-9150-7947>*

*Стаття: надійшла до редакції 03.06.2024р. - прийнята до друку 20.06.2024р.*