

УДК 616.314-089.84:616.724-008.6

DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.3.27>**О.В. Любченко,**

доктор медичних наук, професор,
завідувач кафедри терапевтичної стоматології
та дитячої стоматології, Харківський національний
медичний університет,
просп. Науки, 4, м. Харків, Україна, індекс 61022,
ualexlub@gmail.com

О.А. Станішевський,

аспірант кафедри терапевтичної стоматології
та дитячої стоматології Харківський національний
медичний університет,
просп. Науки, 4, м. Харків, Україна, індекс 61022,
stanishevskyi.o@gmail.com

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЛІКУВАННІ ЗАХВОРЮВАНЬ СКРОНЕВО-НИЖНЬОЩЕЛЕПНОГО СУГЛОБА

Вступ. Останні десятиріччя характеризуються активним впровадженням високотехнологічних методів у стоматологічну практику, що докорінно змінюють підходи до діагностики та лікування захворювань скронево-нижньощелепного суглоба. Серед провідних напрямів особливу увагу привертають цифрові технології, біоінженерні підходи до тканинної регенерації та застосування біоактивних агентів. **Мета дослідження.** Узагальнити сучасні дані науково-медичної літератури щодо інноваційних технологій, які застосовуються у лікуванні захворювань скронево-нижньощелепного суглоба, та визначити їх клінічну ефективність, безпечність і перспективи розвитку. **Матеріали і методи.** Проведено аналітичне опрацювання вітчизняних і зарубіжних науково-медичних джерел, присвячених новітнім технологіям лікування патологій скронево-нижньощелепного суглоба. **Результати дослідження.** Важливим напрямом лікування патологій скронево-нижньощелепного суглоба є застосування біоактивних засобів: ін'єкції плазми, збагаченої тромбоцитами, сприяють відновленню хрящових та синовіальних тканин завдяки факторам росту; мезенхімальні стовбурові клітини та їх екзосоми демонструють виражений регенеративний потенціал. Фізіотерапевтичні методи, зокрема низькоінтенсивна лазеротерапія, екстракорпоральна ударно-хвильова терапія та транскутанна електронейростимуляція, довели ефективність у зменшенні болю, зниженні м'язового гіпертонусу та покращенні мікроциркуляції. У структурі комплексного лікування важливе місце займає оклюзійна терапія з використанням індивідуалізованих шин. Завдяки CAD/CAM-технологіям та 3D-друку вдалося значно підвищити точність виготовлення та комфортність застосування апаратів, що позитивно відображається на клінічних результатах. **Висновки.** Інноваційні технології формують новий стандарт лікування дисфункцій скронево-нижньощелепного суглоба. Їхнє впрова-

дження дозволяє не лише зменшити симптоматику та запальні прояви, але й відновити функціональну активність суглоба, що істотно підвищує якість життя пацієнтів. Подальші дослідження у цьому напрямі сприятимуть стандартизації методик та оптимізації клінічних протоколів.

Ключові слова: скронево-нижньощелепний суглоб, тромбоцитарна плазма, мезенхімальні стовбурові клітини, низькоінтенсивна лазеротерапія, транскутанна електронейростимуляція, екстракорпоральна ударно-хвильова терапія, цифрові технології.

O.V. Liubchenko,

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Head of Department of Therapeutic Dentistry
and Pediatric Dentistry,
Kharkiv National Medical University,
4 Nauky ave., Kharkiv, Ukraine, postal code 61022,
ualexlub@gmail.com

O.A. Stanishevskyi,

PhD student at the Department of Therapeutic Dentistry
and Pediatric Dentistry, Kharkiv National
Medical University,
4 Nauky ave., Kharkiv, Ukraine, postal code 61022,
stanishevskyi.o@gmail.com

INNOVATIVE TECHNOLOGY IN TREATMENT OF TEMPOROMANDIBULAR DISORDERS

Introduction. Recent decades have been marked by the active implementation of high-tech methods in dental practice, fundamentally transforming approaches to the diagnosis and treatment of temporomandibular joint disorders. Among the leading directions, particular attention is drawn to digital technologies, bioengineering approaches to tissue regeneration, and the use of bioactive agents. **Aim of the study.** To summarize current data from scientific literature on innovative technologies used in the treatment of temporomandibular joint disorders and to determine their clinical effectiveness, safety, and prospects for further development. **Materials and methods.** An analytical review of domestic and international scientific and medical sources dedicated to novel technologies for temporomandibular joint pathology treatment was carried out. **Results.** An important direction in temporomandibular joint disorder management is the use of bioactive agents: platelet-rich plasma injections promote the regeneration of cartilage and synovial tissues due to growth factors; mesenchymal stem cells and their exosomes demonstrate significant regenerative potential. Physiotherapeutic methods, such as low-level laser therapy, extracorporeal shockwave therapy, and transcutaneous electrical nerve stimulation, have proven effective in pain reduction, decreasing muscle hypertonicity, and improving microcirculation. Occlusal therapy using individualized splints also plays a key role in comprehensive treatment. The implementation of CAD/CAM technologies and 3D printing has significantly increased the precision of appliance fabrication and patient comfort, which positively impacts clinical outcomes. **Conclusions.**

Innovative technologies are shaping a new standard for the treatment of temporomandibular joint dysfunctions. Their application not only alleviates symptoms and inflammatory manifestations but also restores functional joint activity, thereby significantly improving patients' quality of life. Further research in this area will contribute to the standardization of techniques and the optimization of clinical protocols.

Key words: temporomandibular joint, platelet-rich plasma, mesenchymal stem cells, low-level laser therapy, transcutaneous electrical nerve stimulation, extracorporeal shockwave therapy, digital technologies.

Останні десятиріччя характеризуються активним впровадженням високотехнологічних рішень, що змінюють підходи до діагностики та лікування патології скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС).

Особливе значення набувають цифрові технології, що дозволяють здійснювати високоточну візуалізацію та комп'ютерне планування втручань; малоінвазивні хірургічні методики, які мінімізують травматичність і скорочують період реабілітації; 3D-моделювання, що забезпечує індивідуалізований підбір конструкцій та оптимізацію операційної тактики; а також біоінженерні підходи у тканинній регенерації, які відкривають перспективи відновлення анатомічної цілісності та функціональної активності суглоба.

У даній статті представлено огляд сучасних технологій лікування захворювань СНЩС з акцентом на їх клінічну ефективність, безпечність та потенціал подальшого розвитку.

Мета дослідження. На основі опрацювання сучасних науково-медичних джерел узагальнити дані щодо інноваційних технологій, що застосовуються у лікуванні захворювань СНЩС.

Об'єкт і методи дослідження. Аналітичне дослідження науково-медичної літератури, присвяченої новітнім технологіям діагностики та лікування патологій СНЩС.

Результати дослідження. На сучасному етапі розвитку стоматології розлади СНЩС розглядаються як поліетіологічні стани, а термін «дисфункція СНЩС» використовується як узагальнене визначення, що потребує чіткого диференціювання та встановлення точного діагнозу. Такий підхід є необхідною умовою для призначення ефективного лікування [13].

Основні стратегії лікування пацієнтів із патологією СНЩС можна класифікувати на три групи: консервативні методи (медикаментозні та немедикаментозні), хірургічні втручання та комбіновані підходи [9, 23].

Консервативне лікування передбачає застосування комплексного підходу, що охоплює фар-

макотерапію, фізіотерапевтичні методи впливу, шинну (сплінт-) терапію, а також ортопедичні та ортодонтичні втручання [22, 26].

Фармакотерапія больового синдрому при дисфункції СНЩС становить значну клінічну проблему, обумовлену рядом чинників. По-перше, патофізіологічні механізми черепно-лицевого болю, зокрема взаємодія периферичних і центральних ноцицептивних структур, залишаються недостатньо вивченими, що ускладнює вибір оптимального цільового медикаментозного підходу [31]. По-друге, больовий синдром при розладах СНЩС часто супроводжується психоемоційними компонентами, пов'язаними з тривожністю, депресивними станами та соматизацією, що обумовлює необхідність мультидисциплінарного підходу до лікування [33].

Найчастіше для лікування дисфункцій СНЩС використовуються нестероїдні протизапальні засоби, бета-блокатори, антидепресанти, протисудомні препарати [39].

У випадках резистентного болю та значних м'язових спазмів все частіше застосовують ботулотоксин типу А (БТА) як альтернативний метод лікування. Клінічні дослідження свідчать про високу ефективність ін'єкцій БТА у зменшенні інтенсивності больового синдрому та покращенні функціонального стану пацієнтів із міофасціальним больовим синдромом СНЩС. Дані систематичних оглядів і метааналізів підтверджують, що введення БТА достовірно знижує показники болю за візуально-аналоговою шкалою порівняно з плацебо, а також сприяє підвищенню якості життя пацієнтів [6, 8, 25].

Останніми роками спостерігається зростання інтересу до мінімально інвазивних підходів лікування дисфункцій СНЩС. Активно розробляються та вивчаються нові методи з доставки терапевтичних агентів, що включають використання біоматеріалів, клітинних продуктів та біоактивних молекул. Застосування таких технологій спрямоване на доповнення або навіть заміну традиційної фармакотерапії, з метою зниження інтенсивності запального процесу та больового синдрому, а також відновлення функціональної активності суглоба.

Одним із найперспективніших напрямів вважається використання тромбоцитарної плазми (PRP). Результати клінічних досліджень свідчать, що ін'єкції плазми, збагаченої тромбоцитами, є ефективним і безпечним методом лікування дисфункцій СНЩС. У пацієнтів, які отримували PRP-терапію, відзначалося достовірне зниження інтенсивності больового синдрому – ключового

клінічного прояву цього захворювання – а також покращення функціональної рухливості суглоба. Такі позитивні зміни супроводжувалися зменшенням ознак запального процесу та підвищенням якості життя. Терапевтичний ефект PRP зумовлений високою концентрацією факторів росту, що вивільняються тромбоцитами після ін'єкційного введення. Ці біологічно активні молекули стимулюють регенерацію хрящової та синовіальної тканин, сприяють відновленню мікроскопічної структури суглоба і мають протизапальні властивості, що зменшує подальше пошкодження тканин. Крім того, PRP-терапія характеризується низьким ризиком розвитку системних і локальних побічних реакцій, що робить її перспективною альтернативою традиційним методам лікування, які нерідко асоціюються з ускладненнями або недостатньою ефективністю у випадках хронічного остеоартриту СНЩС [15, 21, 27, 28].

Ще одним перспективним напрямом відновлювальної терапії при патології СНЩС є використання мезенхімальних стовбурових клітин (MSC), які мають виражений потенціал у регенерації хрящової тканини суглоба. Систематичний огляд Jiang, що включав 23 доклінічні дослідження, показав, що MSC та їх екзосоми здатні сприяти відновленню кісткової та хрящової тканин завдяки протизапальним, імуномодуючим та регенеративним властивостям. Екзосоми MSC виступають ключовими факторами міжклітинної комунікації, опосередковуючи терапевтичний ефект стовбурових клітин шляхом доставки біологічно активних молекул у зону пошкодження. Дослідження свідчать, що застосування екзосом може бути безпечнішою альтернативою прямому введенню клітин, зменшуючи ризик імунної відповіді та можливих ускладнень. Результати доклінічних моделей підтверджують, що MSC та їх екзосоми сприяють покращенню морфологічного стану і функції СНЩС, зменшенню проявів запалення та стимуляції процесів тканинної регенерації [24, 35].

Окрему увагу привертають комбіновані методи, наприклад, ін'єкції гіалуронової кислоти у поєднанні з концентрованим фактором росту. За даними Jia така комбінація демонструвала вищу клінічну ефективність порівняно з монотерапією гіалуронової кислоти: зменшення болю, морфологічна стабілізація та покращення стану суглобових структур за даними конусно-променевої комп'ютерної томографії [7].

Водночас кількість масштабних рандомізованих клінічних досліджень, необхідних для остаточної стандартизації зазначених терапевтичних підходів, залишається обмеженою. Проте наявні

на сьогодні клінічні дані свідчать про високу ефективність і доцільність застосування біоактивних та клітинних агентів у складі комплексних програм лікування дисфункцій СНЩС.

Фізіотерапевтичні методи є важливою складовою комплексного підходу до лікування дисфункцій СНЩС, зокрема у пацієнтів із міофасціальним больовим синдромом. Дані сучасних систематичних оглядів та метааналізів підтверджують доведену ефективність таких методів, як мануальна терапія, лікувальна гімнастика, низькоінтенсивна лазеротерапія (НЛТ), транскутанна електронейростимуляція (TENS) та екстракорпоральна ударно-хвильова терапія (ESWT).

Аналіз сучасних досліджень підтверджує, що НЛТ чинить комплексний біологічний вплив на тканини, який полягає у стимуляції мітохондріального метаболізму, підвищенні синтезу АТФ, модуляції запальних процесів та активації репаративних механізмів. Сукупність цих ефектів забезпечує зменшення запалення та болю, покращення мікроциркуляції і посилення регенерації тканин без ризику термічного ушкодження. Завдяки поєднанню безпеки та клінічної ефективності фотобіомодуляція розглядається як перспективний метод лікування запальних і дегенеративних уражень тканин, особливо у випадках, що потребують знеболення та прискорення відновлення [5, 17].

НЛТ сприяє покращенню функціонального стану СНЩС, зокрема збільшенню амплітуди відкривання рота та зниженню м'язової напруги. Цей терапевтичний ефект особливо виражений у пацієнтів із міофасціальним больовим синдромом, що підтверджується результатами клінічних досліджень і систематичних оглядів [14, 16, 18].

Екстракорпоральна ударно-хвильова терапія базується на використанні акустичних хвиль високої енергії, які проходять крізь м'які тканини та досягають глибше розташованих структур. Такий вплив стимулює репаративні процеси, сприяє зменшенню больового синдрому та покращенню регіонарного кровообігу у патологічно змінених ділянках [10, 34].

ESWT сприяє нормалізації м'язової активності та зменшенню гіпертонусу жувальних м'язів, що доведено даними електроміографії та клінічного обстеження. Особливо ефективною є терапія у пацієнтів з міогенною формою дисфункції СНЩС [12].

ТЕНС є ефективним неінвазивним методом консервативного лікування міофасціальних форм дисфункції СНЩС, що використовує електричні імпульси, які подаються через електроди, розташовані на шкірі, для стимуляції нервових воло-

кон з метою зменшення болю [19, 37, 38]. Його застосування позитивно впливає на електроміографічні показники: відзначено зменшення базального тону жувальних м'язів, а також нормалізацію м'язової активності під час функціонального навантаження, що свідчить про покращення нейром'язової координації. Механізм цього ефекту полягає в тому, що електричні імпульси ТЕНС активують мотонейрони і покращують циркуляцію в м'язах, сприяючи їх розслабленню [30, 32]. У структурі комплексної терапії патології СНЩС важливу роль відіграє оклюзійна терапія. Оклюзійні шини, або інтраоральні апарати, використовуються з метою нормалізації оклюзійних взаємовідносин, стабілізації положення нижньої щелепи, зниження м'язової активності та усунення мікротравматизації структур СНЩС [2, 3, 4, 40].

Цифрові технології – CAD/CAM-системи, 3D-друк та цифрове сканування – значно трансформували виготовлення індивідуалізованих оклюзійних шин та сплінтів для лікування дисфункцій СНЩС. Клінічні дослідження демонструють, що цифрові апарати не поступаються традиційним у ефективності зменшення симптомів і покращення функції, але пропонують численні переваги: високу точність адаптації до анатомії пацієнта, оптимальний розподіл навантаження, скорочення часу виготовлення, а також підвищений комфорт і задоволеність пацієнтів [1, 20, 29].

Зокрема, у рандомізованому контрольованому дослідженні підтверджено, що стабілізаційні шини, виготовлені за допомогою цифрових методів, забезпечують клінічну ефективність, подібну до ручних, при значно коротшому технологічному циклі [11]. Дослідження з використанням T-Scan-керованих 3D-друкованих апаратів показали поліпшення оклюзійної рівноваги, зниження больового синдрому та обмеження рухливості [36].

Висновки. Аналізуючи даний огляд літератури, можна зробити висновок, що комплексне поєднання цифрових, біоактивних та фізіотерапевтичних методів формує новий стандарт лікування, спрямований на довготривале усунення симптомів, відновлення функціональної активності СНЩС та покращення якості життя пацієнтів.

Література:

1. Боян А.М., Іваненко О.В., Петренко С.М. Оклюзійні шини для лікування м'язово-суглобової дисфункції. Основи конструювання. *Харківський стоматологічний журнал*. 2024. Т. 1. № 1(1). С. 74–82. DOI: 10.26565/3083-5607-2024-1-08.

2. Ковалюк А.В., Ожоган З.Р. Ефективність застосування індивідуальної знімної шини-капи з метою коригування ступеня зубощелепних деформацій у хворих з дефектами зубних рядів. *Галицький лікарський вісник*. 2017. Т. 24. № 2. С. 18–21. DOI: 10.21802/gmj.2017.2.6.

3. Костюк Т.М., Канюра О.А. Ефективність лікування пацієнтів із м'язово-суглобовою дисфункцією скронево-нижньощелепних суглобів. *Медицина сьогодні і завтра. Стоматологія*. 2020. № 1 (86). С. 94–102. DOI: 10.35339/msz.2020.86.01.12.

4. Ожоган Р.З., Рожко М.М., Ожоган З.Р. Сучасні методи діагностики і лікування хворих із дефектами зубних рядів, ускладненими розладами скронево-нижньощелепного суглоба. *Український стоматологічний альманах*. 2017. № 1. С. 37–41.

5. Потапчук А.М., Русин В.В., Рівіс О.Ю. Фізіотерапевтичні технології в стоматології: навчальний посібник. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2022. С. 377 URL: https://drive.google.com/file/d/1n_At0tz-mFz11Oh7chcfcdc8DB1lijKl/view?usp=sharing (дата звернення: 20.10.2025).

6. Muñoz-Lora V.R.M., Dugonjić Okroša A., Matak I., Del Bel Cury A.A., Kalinichev M., Lacković Z. Antinociceptive actions of botulinum toxin A1 on immunogenic hypersensitivity in temporomandibular joint of rats. *Toxins (Basel)*. 2022. Vol. 14. № 3. Article 161. DOI: 10.3390/toxins14030161.

7. Jia X., Jing S., Sun Y., Gong Z. A randomized controlled clinical trial of concentrated growth factor combined with sodium hyaluronate in the treatment of temporomandibular joint osteoarthritis. *BMC Oral Health*. 2024. Vol. 24. № 1. Article 540. DOI: 10.1186/s12903-024-04258-x.

8. Antoniazzi C., Belinskaia M., Zurawski T., Kaza S.K., Dolly J.O., Lawrence G.W. Botulinum neurotoxin chimeras suppress stimulation by capsaicin of rat trigeminal sensory neurons in vivo and in vitro. *Toxins (Basel)*. 2022. Vol. 14. № 2. Article 116. DOI: 10.3390/toxins14020116.

9. Bron C., Dommerholt J.D. Etiology of Myofascial Trigger Points. *Current pain and headache reports*. 2012. Vol. 16. № 5. P. 439 – 444. DOI: 10.1007/s11916-012-0289-4.

10. Tunç S.K., Değirmenci B.Ü., Bilen M., et al. Can extracorporeal shock wave therapy be effective in temporomandibular joint disorder?: A pilot study. *Medicine*. 2024. Vol. 103. № 43. Article ID e40052:3355. DOI: 10.1097/MD.00000000000040052.

11. Qin H., Liu Y., Miao H., et al. Comparative efficacy of digital 3D-printed and conventional stable occlusal splints in the treatment of temporomandibular disorders. *Journal of oral rehabilitation*. 2025. Vol. 52. № 10. P. 1699-1706 DOI: 10.1111/joor.14032.

12. Aktürk S., Kaya A., Çetintaş D., et al. Comparison of the effectiveness of ESWT and ultrasound treatments in myofascial pain syndrome: randomized, sham-controlled study. *Journal of physical therapy science*. 2018. Vol. 32. № 30. P. 448-453. DOI: 10.1589/jpts.30.448.

13. Derwich M., Mitus-Kenig M., Pawlowska E. Interdisciplinary approach to the temporomandibular joint osteoarthritis: review of the literature. *Medicina (Kaunas)*. 2020. Vol. 56. № 5. Article 225. DOI: 10.3390/medicina56050225.
14. De Oliveira D.W.D., Lages F.S., Guimarães R.C., et al. Do TMJ symptoms improve and last across time after treatment with red (660 nm) and infrared (790 nm) low-level laser treatment (LLLT)? A survival analysis. *Cranio*. 2017. Vol. 35. № 6. P. 372-378. DOI: 10.1080/08869634.2017.1292176.
15. De la Torre C.G., Poluha R.L., Alvarez Pinzón Y.N. Effects of botulinum toxin type A on the psychosocial features of myofascial pain TMD subjects: a randomized controlled trial. *Journal of oral & facial pain and headache*. 2021. Vol. 35. № 4. P. 288-296. DOI: 10.11607/ofph.2917.
16. Chen J., Huang Z., Ge M., Gao M. Efficacy of low-level laser therapy in the treatment of TMDs: a meta-analysis of 14 randomised controlled trials. *Journal of oral rehabilitation*. 2015. Vol. 42. № 4. P. 291-299. DOI: 10.1111/joor.12258.
17. Johnson J.F., Ronald J. Riegel, John C. Godbold Jr. Laser therapy and pain management. *Laser therapy in veterinary medicine: photobiomodulation*. Wiley-Blackwell [Ed.] 2017. 512 p.
18. Herranz-Aparicio J., Arnabat-Dominguez J., España-Tost A. Systematic review of low-level laser therapy in the treatment of temporomandibular disorders. *Lasers in medical science*. 2022. Vol. 37. № 1. P. 93-203.
19. Bergeron-Vézina K., Corriveau H., Martel M., et al. High- and low-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation does not reduce experimental pain in elderly individuals. *Pain*. 2015. Vol. 156. № 10. P. 2093-2099. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000000276.
20. Hussein A.H., Diao A.E.S., Doaa T.H. Efficacy of digitally fabricated occlusal splints for treatment of temporomandibular disorders: a randomized controlled trial. *Ain shams dental journal*. 2025. Vol. 37. № 1. P. 409-418. DOI: 10.21608/ASDJ.2025.355809.1822.
21. Li J., Chen H. Intra-articular injection of platelet-rich plasma vs hyaluronic acid as an adjunct to TMJ arthrocentesis: a systematic review and meta-analysis. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*. 2024. Vol. 125. № 2. Article ID: 101676. DOI: 10.1016/j.jormas.2023.101676.
22. McGoldrick D., Stassen L. Management of acute dislocation of the temporomandibular joint in dental practice. *Journal of the Irish dental association*. 2010. Vol. 56. № 6. P. 268-270.
23. Desai Mehul J., Saini V., Shawnjeet S. Myofascial pains syndrome: a treatment review. *Pain therapy*. 2013. Vol. 2. № 1. P. 21-36. DOI: 10.1007/s40122-013-0006-y.
24. Jiang Y., Shi J., Di W., et al. Mesenchymal stem cells and their exosomes for temporomandibular joint disorders: a systematic review of preclinical studies. *Stem cell reviews and reports*. 2022. Vol. 18. № 2. P. 711-723. DOI: 10.1007/s12015-021-10288-7.
25. Lippi L., de Sire A., Folli A., et al. Multidimensional effectiveness of botulinum toxin in neuropathic pain: a systematic review of randomized clinical trials. *Toxins (Basel)*. 2022. Vol. 14. № 5. Article 308. DOI: 10.3390/toxins14050308.
26. Murphy M.K., Arzi B., Prouty S.M., et al. Neocartilage integration in temporomandibular joint discs: physical and enzymatic methods. *Journal of the royal society interface*. 2015. Vol. 12. № 103. P. 1-9. DOI: 10.1098/rsif.2014.1075.
27. Nitecka-Buchta A., Walczyńska-Dragon K., Kempa W.M. Platelet-rich plasma (PRP) injections as an effective treatment for temporomandibular joint disorders: a clinical trial. *Medical science monitoring*. 2020. Vol. 26. Article 923189. DOI: 10.12659/MSM.923189.
28. Hegab A.F., Ali H.E., Elmasry M., Khallaf M.G. Platelet-rich plasma injection as an effective treatment for temporomandibular joint osteoarthritis. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2015. Vol. 73. № 9. P. 706-713. DOI: 10.1016/j.joms.2015.03.045.
29. Ye N., Wu T., Dong T., et al. Precision of 3D-printed splints with different dental model offsets. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2019. Vol. 155. № 5. P. 733-738. DOI: 10.1016/j.ajodo.2018.09.012.
30. Rebekah R., Navaneethan R., Nagachandran K.S. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation therapy on condylar position and myofascial pain in patients with temporomandibular joint disorders—a pilot clinical trial. *Journal of orthodontic science*. 2024. Vol. 17. № 13. Article 36. DOI: 10.4103/jos.jos_21_24.
31. Scrivani S.J., Keith D.A., Kaban L.B. Temporomandibular disorders. *The New England journal of medicine*. 2008. Vol. 359. № 25. P. 2693-2705. DOI: 10.1056/NEJMr0802472.
32. Ferreira A.P., Alves da Costa D.R., de Oliveira A.I., et al. Short-term transcutaneous electrical nerve stimulation reduces pain and improves the masticatory muscle activity in temporomandibular disorder patients: a randomized controlled trial. *Journal of applied oral science : revista FOB*. 2017. Vol. 25. № 2. P. 112-120. DOI: 10.1590/1678-77572016-0173.
33. Slade G.D., Fillingim R.B., Sanders A.E., et al. Summary of findings from the OPPERA prospective cohort study of incidence of first-onset temporomandibular disorder: implications and future directions. *Journal of pain*. 2013. Vol. 14. 12 Suppl. P. T116-T124. DOI: 10.1016/j.jpain.2013.09.010.
34. Jeon J.H., Jung Y.J., Lee J.Y., et al. The effect of extracorporeal shock wave therapy on myofascial pain syndrome. *Annals of rehabilitation medicine*. 2012. Vol. 36. № 5. P. 665-674. DOI: 10.5535/arm.2012.36.5.665.
35. Kim H., Yang G., Park J. Therapeutic effect of mesenchymal stem cells derived from human umbilical cord in rabbit temporomandibular joint model of

osteoarthritis. *Scientific reports*. 2019. Vol. 9. № 1. Article 13854. DOI: 10.1038/s41598-019-50435-2.

36. Somogyi A., Végh D., Róth I. Therapy for temporomandibular disorders: 3D-printed splints from planning to evaluation. *Dentistry journal (Basel)*. 2023. Vol. 11. № 5. Article 126. DOI: 10.3390/dj11050126.

37. Mummolo S., Nota A., Tecco S., et al. Ultra-low-frequency transcutaneous electric nerve stimulation (ULF-TENS) in subjects with craniofacial pain: a retrospective study. *Cranio*. 2020. Vol. 38. № 6. P. 396-401. DOI: 10.1080/08869634.2018.1526849.

38. Vance C.G., Dailey D.L., Rakel B.A., Sluka K.A. Using TENS for pain control: the state of the evidence. *Pain management*. 2014. Vol. 4. № 3. P. 197-209. DOI: 10.2217/pmt.14.13.

39. Wright E.F. Manual of temporomandibular disorders. 2nd edition. Ames (IA, USA): Wiley-Blackwell. 2009. P. 328.

40. Zonnenberg A.J., Mulder J. The efficacy of a specific stabilization splint. *Cranio*. 2014. Vol. 32. № 1. P. 68-74. DOI: 10.1179/0886963413Z.0000000008.

References:

1. Boian, A.M., Ivanenko O.V., & Petrenko S.M. (2024). Okliuziini shyny dlia likuvannia miazovo-suhlobovoi dysfunksii. Osnovy konstruiuvannia [Occlusive splints for the treatment of patients with musculotendinous dysfunction. Basics of construction]. *Kharkivskiy stomatologichnyi zhurnal – Kharkiv Dental Journal*, 1(1(1), 74–82 [in Ukrainian].

2. Kovaliuk, A.V., & Ozhohan, Z.R. (2017). Efektyvnist zastosuvannia indyvidualnoi znimnoi shyny-kapy z metoiu koryhuvannia stupenia zuboshchelepnykh deformatsii u khvorykh z defektamy zubnykh riadiv [The efficiency of the use of individual removable dental bite splints for correction of dental deformations degree in patients with denture defects]. *Halytskyi liarskyi visnyk – Galician Medical Journal*. 24(2), 18–21 [in Ukrainian].

3. Kostiuk, T.M., & Kaniura, O.A. (2020). Efektyvnist likuvannia patsiientiv iz miazovo-suhlobovoi dysfunksii skronevo-nyzhnoshchelepnykh suhlobiv [Efficiency of treatment of patients with muscular and joint dysfunction of the temporomandibular joints]. *Stomatolohiia – Stomatology*, 1(86), 94–102 [in Ukrainian].

4. Ozhohan, R.Z., Rozhko, M.M., & Ozhohan, Z.R. (2017). Suchasni metody diagnostyky i likuvannia khvorykh iz defektamy zubnykh riadiv, uskladnenymy rozladamy skronevo-nyzhnoshchelepnoho suhloba [Modern methods of diagnosis and treatment in patients with dentition defects complicated of disorders of the temporomandibular joint]. *Ukrainskyi stomatologichnyi almanakh – Ukrainian dental almanac*, 1, 37–41 [in Ukrainian].

5. Potapchuk, A.M., Rusyn, V.V., & Ravis, O.Y. (2022). Fizioterapevtychni tekhnolohii v stomatolohii [Physiotherapeutic technologies in dentistry]. Uzhhorod: UZHNU. 377 [in Ukrainian].

6. Muñoz-Lora, V.R.M., Dugonjić, Okroša, A., Matak, I., Del, Bel, Cury, A.A., Kalinichev, M., & Lacković, Z. (2022). Antinociceptive actions of botulinum toxin A1 on immunogenic hypersensitivity in temporomandibular joint of rats. *Toxins (Basel)*, 14, 3. Article 161. DOI: 10.3390/toxins14030161.

7. Jia, X., Jing, S., Sun, Y., & Gong, Z. (2024). A randomized controlled clinical trial of concentrated growth factor combined with sodium hyaluronate in the treatment of temporomandibular joint osteoarthritis. *BMC Oral Health*, 24, 1. Article 540. DOI: 10.1186/s12903-024-04258-x.

8. Antoniazzi, C., Belinskaia, M., Zurawski, T., Kaza, S.K., Dolly, J.O., & Lawrence, G.W. (2022). Botulinum neurotoxin chimeras suppress stimulation by capsaicin of rat trigeminal sensory neurons in vivo and in vitro. *Toxins (Basel)*, 14, 2. Article 116. DOI: 10.3390/toxins14020116.

9. Bron, C., & Dommerholt, J.D. (2012). Etiology of Myofascial Trigger Points. *Current pain and headache reports*, 16, 5, 439 – 444. DOI: 10.1007/s11916-012-0289-4.

10. Tunç, S.K., Değirmenci, B.Ü., Bilen, M., & et al. (2024). Can extracorporeal shock wave therapy be effective in temporomandibular joint disorder?: A pilot study. *Medicine*, 103, 43. DOI: 10.1097/MD.00000000000040052.

11. Qin, H., Liu, Y., Miao, H., & et al. (2025). Comparative efficacy of digital 3D-printed and conventional stable occlusal splints in the treatment of temporomandibular disorders. *Journal of oral rehabilitation*, 52, 10, 1699-1706 DOI: 10.1111/joor.14032.

12. Aktürk, S., Kaya, A., Çetintaş, D., & et al. (2018). Comparison of the effectiveness of ESWT and ultrasound treatments in myofascial pain syndrome: randomized, sham-controlled study. *Journal of physical therapy science*, 32, 30, 448-453. DOI: 10.1589/jpts.30.448.

13. Derwich, M., Mitus-Kenig, M., & Pawlowska, E. (2020). Interdisciplinary approach to the temporomandibular joint osteoarthritis: review of the literature. *Medicina (Kaunas)*, 56, 5. DOI: 10.3390/medicina56050225.

14. De Oliveira, D.W.D., Lages, F.S., Guimarães, R.C., & et al. (2017). Do TMJ symptoms improve and last across time after treatment with red (660 nm) and infrared (790 nm) low-level laser treatment (LLLT)? A survival analysis. *Cranio*, 35, 6, 372-378. DOI: 10.1080/08869634.2017.1292176.

15. De la Torre, C.G., Poluha, R.L., Alvarez, & Pinzón, Y.N. (2021). Effects of botulinum toxin type A on the psychosocial features of myofascial pain TMD subjects: a randomized controlled trial. *Journal of oral & facial pain and headache*, 35, 4, 288-296. DOI: 10.11607/ofph.2917.

16. Chen, J., Huang, Z., Ge, M., & Gao, M. (2015). Efficacy of low-level laser therapy in the treatment of TMDs: a meta-analysis of 14 randomised controlled trials. *Journal of oral rehabilitation*, 42, 4, 291-299. DOI: 10.1111/joor.12258.

17. Johnson, J.F., Ronald, J. Riegel, John, C. & Godbold, Jr. (2017). Laser therapy and pain management.

Laser therapy in veterinary medicine: photobiomodulation. Wiley-Blackwell [Ed.].

18. Herranz-Aparicio, J., Arnabat-Dominguez, J., & España-Tost, A. (2022). Systematic review of low-level laser therapy in the treatment of temporomandibular disorders. *Lasers in medical science*, 37, 1, 93-203.

19. Bergeron-Vézina, K., Corriveau, H., Martel, M., & et al. (2015). High- and low-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation does not reduce experimental pain in elderly individuals. *Pain*, 156, 10, 2093-2099. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000000276.

20. Hussein, A.H., Daa, A.E.S., & Doaa, T.H. (2025). Efficacy of digitally fabricated occlusal splints for treatment of temporomandibular disorders: a randomized controlled trial. *Ain shams dental journal*, 37, 1, 409-418. DOI: 10.21608/ASDJ.2025.355809.1822.

21. Li, J., Chen, H. (2024). Intra-articular injection of platelet-rich plasma vs hyaluronic acid as an adjunct to TMJ arthrocentesis: a systematic review and meta-analysis. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*, 125, 2, 101676. DOI: 10.1016/j.jormas.2023.101676.

22. McGoldrick, D., & Stassen, L. (2010). Management of acute dislocation of the temporomandibular joint in dental practice. *Journal of the Irish dental association*, 56, 6, 268-270.

23. Desai, Mehul, J., Saini, V., & Shawnjeet S. (2013). Myofascial pain syndrome: a treatment review. *Pain therapy*, 2, 1, 21-36. DOI: 10.1007/s40122-013-0006-y.

24. Jiang, Y., Shi, J., Di, W., & et al. (2022). Mesenchymal stem cells and their exosomes for temporomandibular joint disorders: a systematic review of preclinical studies. *Stem cell reviews and reports*, 18, 2, 711-723. DOI: 10.1007/s12015-021-10288-7.

25. Lippi, L., de Sire, A., Folli, A., & et al. (2022). Multidimensional effectiveness of botulinum toxin in neuropathic pain: a systematic review of randomized clinical trials. *Toxins (Basel)*, 14, 5. DOI: 10.3390/toxins14050308.

26. Murphy, M.K., Arzi, B., Prouty, S.M., & et al. (2015). Neocartilage integration in temporomandibular joint discs: physical and enzymatic methods. *Journal of the royal society interface*, 12, 103, 1-9. DOI: 10.1098/rsif.2014.1075.

27. Nitecka-Buchta, A., Walczyńska-Dragon, K., & Kempa, W.M. (2020). Platelet-rich plasma (PRP) injections as an effective treatment for temporomandibular joint disorders: a clinical trial. *Medical science monitoring*, 26, DOI: 10.12659/MSM.923189.

28. Hegab, A.F., Ali, H.E., Elmasry, M., & Khalaf, M.G. (2015). Platelet-rich plasma injection as an effective treatment for temporomandibular joint osteoarthritis. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 73, 9, 706-713. DOI: 10.1016/j.joms.2015.03.045.

29. Ye, N., Wu, T., Dong, T., & et al. (2019). Precision of 3D-printed splints with different dental model offsets.

American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontic, 155, 5, 733-738. DOI: 10.1016/j.ajodo.2018.09.012.

30. Rebekah, R., Navaneethan, R., & Nagachandran, K.S. (2024). Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation therapy on condylar position and myofascial pain in patients with temporomandibular joint disorders—a pilot clinical trial. *Journal of orthodontic science*, 17, 13. DOI: 10.4103/jos.jos_21_24.

31. Scrivani, S.J., Keith, D.A., & Kaban, L.B. (2008). Temporomandibular disorders. *The New England journal of medicine*, 359, 25, 2693-2705. DOI: 10.1056/NEJMra0802472.

32. Ferreira, A.P., Alves, da Costa, D.R., de Oliveira, A.I., & et al. (2017). Short-term transcutaneous electrical nerve stimulation reduces pain and improves the masticatory muscle activity in temporomandibular disorder patients: a randomized controlled trial. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 25, 2, 112-120. DOI: 10.1590/1678-77572016-0173.

33. Slade, G.D., Fillingim, R.B., Sanders, A.E., & et al. (2013). Summary of findings from the OPPERA prospective cohort study of incidence of first-onset temporomandibular disorder: implications and future directions. *Journal of pain*, 14, 12, T116-T124. DOI: 10.1016/j.jpain.2013.09.010.

34. Jeon, J.H., Jung, Y.J., Lee, J.Y., & et al. (2012). The effect of extracorporeal shock wave therapy on myofascial pain syndrome. *Annals of rehabilitation medicine*, 36, 5, 665-674. DOI: 10.5535/arm.2012.36.5.665.

35. Kim, H., Yang, G., & Park, J. (2019). Therapeutic effect of mesenchymal stem cells derived from human umbilical cord in rabbit temporomandibular joint model of osteoarthritis. *Scientific reports*, 9, 1. DOI: 10.1038/s41598-019-50435-2.

36. Somogyi, A., Végh, D., & Róth, I. (2023). Therapy for temporomandibular disorders: 3D-printed splints from planning to evaluation. *Dentistry journal (Basel)*, 11, 5. DOI: 10.3390/dj11050126.

37. Mummolo, S., Nota, A., Tecco, S., & et al. (2020). Ultra-low-frequency transcutaneous electric nerve stimulation (ULF-TENS) in subjects with craniofacial pain: a retrospective study. *Cranio*, 38, 6, 396-401. DOI: 10.1080/08869634.2018.1526849.

38. Vance, C.G., Dailey, D.L., Rakel, B.A., & Sluka, K.A. (2014). Using TENS for pain control: the state of the evidence. *Pain management*, 4, 3, 197-209. DOI: 10.2217/pmt.14.13.

39. Wright, E.F. (2009). Manual of temporomandibular disorders. 2nd edition. *Ames (IA, USA): Wiley-Blackwell*.

40. Zonnenberg, A.J., & Mulder, J. (2014). The efficacy of a specific stabilization splint. *Cranio*, 32, 1, P. 68-74. DOI: 10.1179/0886963413Z.0000000008.