

## ОГЛЯДИ

УДК 616.31-089.5.

DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2026.1.28>**В.М. Алмаші,**

доктор філософії, доцент,  
доцент кафедри стоматології післядипломної освіти  
Навчально-науковий інститут стоматології  
та лабораторної медицини  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,  
вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна,  
індекс 88000, vasil.almashi@uzhnu.edu.ua  
ORCID ID: 0000-0002-2943-4844

**А.М. Потапчук,**

доктор медичних наук, професор,  
завідувач кафедри стоматології післядипломної освіти  
Навчально-науковий інститут стоматології  
та лабораторної медицини  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,  
вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна,  
індекс 88000, anatoliy.potapchuk@uzhnu.edu.ua  
ORCID ID: 0000-0001-9857-1407

## ЕВОЛЮЦІЯ МІСЦЕВОЇ АНЕСТЕЗІЇ В СТОМАТОЛОГІЇ: ДОСЯГНЕННЯ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

**Мета дослідження.** Обґрунтувати диференційований підхід до вибору засобів та методів місцевого знеболення в сучасній стоматологічній практиці з урахуванням фармакологічного профілю препаратів та загального стану пацієнта. **Методи дослідження.** Відбір публікацій, пов'язаних із темою дослідження, здійснювали в наукових базах даних Scopus, PubMed, BVS та SciELO з використанням таких ключових слів: стоматологія, місцеві анестетики, групи ризику, невідкладні стани, алгоритми невідкладної допомоги. Зібрані матеріали аналізували відповідно до принципів контент-аналізу з подальшою систематизацією та класифікацією даних із використанням програмного забезпечення CADIMA. **Наукова новизна.** Незважаючи на те, що місцева анестезія й надалі залишається основним методом контролю болю в стоматології, наукові дослідження продовжують спрямовуватися на пошук нових та більш ефективних підходів до знеболення. Більшість наукових розробок зосереджена на вдосконаленні анестетиків, систем їх введення та супутніх методик. Сучасні технології відкривають додаткові можливості для підвищення ефективності анальгезії, зменшення кількості неприємних ін'єкцій та мінімізації ризику небажаних побічних ефектів. Метою даного огляду літератури є узагальнення наявних доказових даних, що обґрунтовують доцільність застосування сучасних місцевих анестетиків, а також альтернативних методів і технік, спрямо-

ваних на зниження дискомфорту пацієнта під час проведення анестезії. **Висновки.** Місцева анестезія є безпечним і надійним методом контролю болю. Її застосування є одним із фундаментальних принципів сучасної стоматологічної практики. Традиційні методи введення місцевих анестетиків поступово втрачають свою ефективність порівняно з сучасними підходами. Персоналізований підхід з урахуванням системних ризиків забезпечує більш безпечне та ефективне стоматологічне лікування.

**Ключові слова:** стоматологія, місцеві анестетики, групи ризику, невідкладні стани, алгоритми невідкладної допомоги.

**V.M. Almashi,**

Doctor of Philosophy, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Postgraduate  
Dentistry,  
Educational and Scientific Institute of Dentistry  
and Laboratory Medicine, Uzhhorod National University,  
16a Universytetska street, Uzhhorod, Ukraine, postal code  
88000, vasil.almashi@uzhnu.edu.ua,  
ORCID ID: 0000-0002-2943-4844.

**A.M. Potapchuk,**

Doctor of Medical Sciences, Professor,  
Head of the Department of Postgraduate Dentistry,  
Educational and Scientific Institute of Dentistry  
and Laboratory Medicine, Uzhhorod National University,  
16a Universytetska street, Uzhhorod, Ukraine, postal code  
88000, anatoliy.potapchuk@uzhnu.edu.ua,  
ORCID ID: 0000-0001-9857-1407

## EVOLUTION OF LOCAL ANESTHESIA IN DENTISTRY: ACHIEVEMENTS, CHALLENGES AND PROSPECTS (LITERATURE REVIEW)

**Aim of the study.** To substantiate a differentiated and evidence-based approach to the selection of local anesthetic agents and techniques in contemporary dental practice, with consideration of their pharmacological properties and the patient's systemic condition. **Materials and methods.** Relevant publications were identified through a structured search of the Scopus, PubMed, BVS, and SciELO databases using the following keywords: dentistry, local anesthetics, risk groups, emergency conditions, and emergency care algorithms. The selected studies were analyzed using content analysis methods, followed by systematic organization and classification of data with the aid of CADIMA. **Scientific novelty.** Although local anesthesia remains the cornerstone of pain management in dentistry, ongoing research is focused on developing more effective and patient-centered analgesic strategies. Current advancements are primarily directed toward optimizing anesthetic agents, improving delivery systems, and refining adjunctive techniques. Emerging



technologies offer new opportunities to enhance the efficacy of analgesia, reduce injection-related discomfort, and minimize the risk of adverse reactions. This literature review aims to synthesize current evidence supporting the use of modern local anesthetics, as well as alternative approaches and techniques designed to improve patient comfort during dental procedures. **Conclusions.** Local anesthesia continues to be a safe and reliable modality for pain control and a fundamental component of modern dental practice. Conventional methods of anesthetic administration are increasingly being supplemented or replaced by advanced techniques. The implementation of a personalized approach, taking into account individual systemic risks, contributes to improved safety and clinical outcomes in dental care.

**Key words:** dentistry, local anesthetics, risk groups, emergency conditions, emergency care algorithms.

**Постановка проблеми.** Протягом останнього століття, ймовірно, не існувало більш вагомого внеску у розвиток клінічної стоматології, ніж розробка та впровадження місцевої анестезії. Процедури, які раніше вважалися болісними, нині стали рутинними завдяки введенню та дії місцевих анестетиків. У цій статті наведено огляд основних фармакологічних принципів місцевої анестезії, можливих ускладнень, що можуть виникати внаслідок її застосування, особливостей використання місцевих анестетиків серед пацієнтів групи ризику, а також сучасних досягнень у методах їх введення.

Місцеві анестетики (МА) є невід'ємною складовою сучасної стоматологічної практики, забезпечуючи безпечний і ефективний контроль болю, що дає змогу виконувати широкий спектр стоматологічних втручань. Ці препарати загалом поділяють на дві основні хімічні групи: естери та амідні. Серед них анестетики амідного типу – такі як лідокаїн, артикаїн, мепівакаїн, прилокаїн і бупівакаїн – найчастіше застосовуються у клінічній стоматології завдяки сприятливим фармакокінетичним властивостям і нижчій частоті реакцій гіперчутливості порівняно з ефірними сполуками [1]. Кожен місцевий анестетик характеризується специфічними показниками початку дії, тривалості ефекту, метаболізму та токсичності. Лідокаїн, уперше впроваджений у середині ХХ століття, залишається найбільш широко застосовуваним препаратом завдяки швидкому початку дії та середній тривалості ефекту, що робить його стандартним еталоном у стоматологічній анестезії [2]. Мепівакаїн, який характеризується мінімальною вазодилатуючою активністю, може застосовуватися без вазоконстрикторів і часто є препаратом вибору у пацієнтів із серцево-судинними протипоказаннями. Артикаїн, що від-

значається високою ліпофільністю та переважним метаболізмом за участю плазмових естераз, дедалі частіше використовується у пацієнтів із порушенням функції печінки через меншу залежність від печінкового метаболізму [3].

Вибір місцевого анестетика набуває особливого значення у пацієнтів із супутньою соматичною патологією. Системні захворювання – такі як серцево-судинні хвороби, цукровий діабет, дисфункції щитоподібної залози, ниркова або печінкова недостатність, коагулопатії та вагітність – можуть істотно змінювати як фармакодинаміку, так і фармакокінетику місцевих анестетиків, підвищуючи ризик розвитку побічних ефектів [3,4]. Наприклад, застосування вазоконстрикторів, зокрема адреналіну, у пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями або гіпертиреозом може спричинити аритмії чи гіпертензивні кризи, тоді як у пацієнтів із порушеною функцією печінки або нирок зниження кліренсу анестетиків може призводити до підвищення їх системної токсичності [4]. У пацієнтів із цукровим діабетом фізіологічний стрес, пов'язаний зі стоматологічними втручаннями, а також застосування вазоконстрикторів можуть посилювати гіперглікемію та сприяти серцево-судинній нестабільності [4,5]. У хворих із коагулопатіями або тих, хто отримує антикоагулянтну терапію, проведення глибоких провідникових анестезій, таких як мандибулярна чи туберальна, може призводити до утворення гематом або, у рідкісних випадках, до компрометації дихальних шляхів. Вагітні пацієнтки становлять додаткову клінічну складність, оскільки всі місцеві анестетики проникають через плацентарний бар'єр, що зумовлює необхідність ретельного вибору препаратів із доведеною безпекою для плода [5].

Незважаючи на широке застосування місцевих анестетиків у різних клінічних ситуаціях, вибір найбільш доцільного препарату для пацієнтів із супутніми захворюваннями часто ґрунтується на емпіричному досвіді, а не на доказових протоколах. Існує помітний дефіцит узагальнюючих оглядів літератури, присвячених вибору та безпеці місцевих анестетиків у стоматологічному лікуванні пацієнтів.

**Мета дослідження.** Обґрунтувати диференційований підхід до вибору засобів та методів місцевого знеболення в сучасній стоматологічній практиці з урахуванням фармакологічного профілю препаратів та загального стану пацієнта.

**Матеріали та методи дослідження.** Відбір публікацій, пов'язаних із темою дослідження,

здійснювали в наукових базах даних Scopus, PubMed, BVS та SciELO з використанням таких ключових слів: стоматологія, місцеві анестетики, групи ризику, невідкладні стани, алгоритми невідкладної допомоги. У результаті пошуку було ідентифіковано 86 релевантних наукових публікацій. Глибина пошуку становила 6 років, що дало змогу проаналізувати найбільш актуальні та значущі дані, пов'язані з метою дослідження. До огляду включали оригінальні наукові статті, результати досліджень та офіційні рекомендації медичних асоціацій. Критерієм включення були публікації з позитивними результатами у досліджуваних групах. Зібрані матеріали аналізували відповідно до принципів контент-аналізу з подальшою систематизацією та класифікацією даних із використанням програмного забезпечення CADIMA.

**Результати та їх обговорення.** Середньостатистичний лікар-стоматолог щорічно використовує понад 1500 карпул місцевого анестетика [6]. У зв'язку з цим кожен фахівець, який застосовує ці препарати, повинен ґрунтовно розуміти як їх вплив на організм, так і особливості їх метаболізму та елімінації. У цій статті подано огляд фармакокінетики та фармакодинаміки місцевих анестетиків, можливих наслідків і побічних реакцій, пов'язаних із їх застосуванням, а також сучасних технологій і новітніх підходів до використання місцевої анестезії.

**Хімічна структура та механізм дії МА.** Сучасні місцеві анестетики класифікують переважно за їхньою хімічною структурою, зокрема за типом зв'язку (амідного або ефірного) між основними компонентами молекули. Більшість місцевих анестетиків, що застосовуються у стоматології, належать до амідної групи (лідокаїн, мепівакаїн, бупівакаїн, прилокаїн). Водночас існують препарати амідного типу, які додатково містять ефірний зв'язок (наприклад, артикаїн). Хоча обидві групи мають однаковий механізм дії, вони дещо відрізняються за особливостями метаболізму. У стоматологічній практиці ефірні анестетики рідко застосовуються для ін'єкційної анестезії, однак широко використовуються для поверхневої (топічної) анестезії перед ін'єкцією з метою зменшення дискомфорту під час проколу слизової оболонки [7].

Усі місцеві анестетики діють за єдиним принципом: вони зв'язуються з натрієвими каналами клітинної мембрани та блокують надходження іонів натрію в клітину. Це перешкоджає деполяризації мембрани та подальшому проведенню потенціалу дії. Завдяки цьому больові імпульси, наприклад під час препарування твердих тканин

зуба, не досягають центральних структур нервової системи, що забезпечує можливість виконання стоматологічних втручань із мінімальним дискомфортом для пацієнта. Швидкість настання місцевої анестезії визначається двома основними чинниками: ліпофільністю препарату та значенням його рКа. Чим вища ліпофільність анестетика, тим більшою є його потужність [8].

Для забезпечення стабільності в розчині місцеві анестетики застосовуються у вигляді гідрохлоридних солей. У такій формі вони є водорозчинними та не здатні проникати крізь мембрану нейрона. Початок дії залежить від частки молекул, які при фізіологічному рН (7,4) переходять у ліпофільну форму, здатну проникати в нервову клітину. Ця частка визначається константою іонізації (рКа) відповідного препарату [7,8].

Чим вищим є рКа анестетика, тим менша кількість молекул перебуває у ліпофільній формі, що зумовлює повільніший початок дії. Саме тому ефективність анестезії знижується у ділянках запалення, де рН тканин знижений (близько 5,2), що сприяє переважанню водорозчинної форми препарату.

Наприклад, бупівакаїн характеризується високою ліпофільністю, тому для досягнення блокади нерва потрібна менша концентрація препарату порівняно з менш ліпофільними анестетиками, такими як мепівакаїн. Водночас для швидкого початку дії більш сприятливими є анестетики з нижчим значенням рКа [9].

**Тривалість дії. Метаболізм і елімінація МА.** Тривалість дії місцевого анестетика визначається двома основними чинниками: ступенем зв'язування з білками та швидкістю перерозподілу препарату в тканинах. Чим вищий рівень зв'язування з білками, тим довшою є тривалість дії препарату. У тканинах зубної пульпи та м'яких тканинах тривалість анестезії значною мірою залежить від швидкості дифузії препарату від місця введення. У більш васкуляризованих ділянках анестетик швидше всмоктується у системний кровотік, що скорочує тривалість його місцевої дії [7,9].

Анестетики амідного типу метаболізуються в печінці за участю мікросомальних ферментів із утворенням водорозчинних метаболітів, які надалі виводяться нирками. Артикаїн відрізняється тим, що значною мірою метаболізується в плазмі крові під дією естераз завдяки наявності ефірного зв'язку в його структурі [2,6,9].

Оскільки тривалість дії місцевих анестетиків залежить від їх перерозподілу, до складу карпул можуть додаватися вазоконстриктори (напри-

клад, адреналін або левонордефрин) з метою пролонгації ефекту.

Вазоконстриктори спричиняють звуження судин у місці ін'єкції, що уповільнює всмоктування препарату в системний кровотік і, відповідно, подовжує тривалість його дії. Водночас їх застосування потребує обережності у пацієнтів із артеріальною гіпертензією або серцево-судинною патологією, оскільки вони можуть підвищувати артеріальний тиск або провокувати порушення серцевого ритму [10].

**Допоміжні компоненти карпул МА.** Окрім діючої речовини, розчинника (дистильованої води) та, за потреби, вазоконстриктора, до складу карпул можуть входити додаткові компоненти.

Місцеві анестетики є відносно стабільними сполуками, однак вазоконстриктори чутливі до впливу кисню, світла, підвищеної температури, важких металів і змін рН. З метою запобігання їх деградації до складу додають антиоксиданти, зокрема метабісульфіт. Раніше до складу карпул включали метилпарабен як протигрибковий консервант, що був необхідний у багатодозових флаконах. Однак із впровадженням одноразових карпул у стоматології потреба в ньому зникла, і його застосування було поступово припинене (у Північній Америці – до 1984 року). Водночас у деяких країнах препарати місцевих анестетиків і досі можуть містити метилпарабен [10,11].

**Побічні ефекти. Системна токсичність.** Хоча місцеві анестетики здатні забезпечувати ефективну анестезію цільових нервів і анатомічних ділянок, їх дія підпорядковується закону Парацельса: «Лише доза визначає отруйність речовини». Тобто у високих дозах ці препарати можуть чинити токсичний вплив.

За умов підвищення системної концентрації місцевого анестетика в кровотоці можливий розвиток тяжких небажаних ефектів, насамперед з боку нервової та серцево-судинної систем. Найчутливішими є гальмівні нейрони, блокада яких зумовлює появу збуджувальних симптомів, зокрема порушень зору та чутливості, судом і м'язової ток-

сичності [11]. Подальше зростання концентрації препарату в плазмі супроводжується розвитком депресивних проявів, таких як зниження рівня свідомості, аж до коми та зупинки дихання.

При ще вищих концентраціях можуть виникати кардіальні ускладнення. Місцеві анестетики блокують натрієві канали провідної системи серця, що призводить до порушення проведення імпульсів. Клінічно це може проявлятися широким спектром аритмій – від тахіаритмій до брадіаритмій – аж до повного пригнічення серцевої діяльності та її зупинки [10,11].

Основними заходами профілактики системної токсичності є:

- урахування маси тіла пацієнта;
- знання максимально допустимих доз місцевого анестетика (на кг маси тіла та абсолютних значень) (див. табл. 1);
- ретельний розрахунок дози з метою запобігання досягненню токсичних концентрацій препарату.

У таблиці 1 наведено перелік найбільш поширених місцевих анестетиків у стоматології та їх максимальні допустимі дози (мг/кг). Для визначення індивідуальної максимальної дози необхідно помножити масу тіла пацієнта на відповідне значення для обраного препарату.

Кількість місцевого анестетика в одній карпулі визначають шляхом множення концентрації розчину (мг/мл) на об'єм карпули (див. табл. 2). Слід враховувати, що відсоткова концентрація відповідає кількості грамів речовини у 100 мл розчину (тобто мг/мл). Наприклад:

- 2% розчин = 20 мг/мл
- 4% розчин = 40 мг/мл

Стандартний об'єм стоматологічної карпули становить приблизно 1,8 мл (у Північній Америці) або 2,2 мл (у більшості інших країн). Введена кількість анестетика не повинна перевищувати ні максимальну дозу на кг маси тіла, ні абсолютну граничну дозу для відповідного препарату (див. табл. 2).

Лікування системної токсичності місцевих анестетиків включає (але не обмежується):

Таблиця 1

Рекомендовані максимальні дози місцевих анестетиків

Препарат	Максимальна доза (мг/кг)	Максимальна абсолютна доза (мг)
Артикаїн (з вазоконстриктором)	7 мг/кг	до 500 мг
Бупівакаїн (з вазоконстриктором)	2 мг/кг	до 200 мг
Лідокаїн (з вазоконстриктором)	7 мг/кг	до 500 мг
Мепівакаїн (з вазоконстриктором)	6,6 мг/кг	до 400 мг
Прилокаїн (з вазоконстриктором)	8 мг/кг	до 500 мг
Мепівакаїн (без вазоконстриктора)	6,6 мг/кг	до 400 мг
Прилокаїн (без вазоконстриктора)	8 мг/кг	до 500 мг

Таблиця 2

**Приклад розрахунку кількості місцевого анестетика в стоматологічній карпулі**

Інформація	Розрахунок кількості
2% розчин має концентрацію 20 мг/мл	$20 \text{ мг/мл} \times 1,8 \text{ мл} = 36 \text{ мг}$
Карпула містить 1,8 мл розчину	
4% розчин має концентрацію 40 мг/мл	$40 \text{ мг/мл} \times 1,8 \text{ мл} = 72 \text{ мг}$
Карпула містить 1,8 мл розчину	

1. Активацію служб екстреної медичної допомоги у разі перебування в амбулаторних умовах з метою транспортування та моніторингу пацієнта у закладі третинного рівня надання медичної допомоги.

2. Забезпечення адекватної оксигенації (може включати подачу додаткового кисню та/або ручну вентиляцію пацієнта).

3. За умови встановлення внутрішньовенного доступу та належної підготовки медичного працівника до введення внутрішньовенних препаратів невідкладної допомоги:

а. Внутрішньовенне введення 20% розчину Intralipid (1,5 мл/кг для дитини або 100 мл болюсно для дорослого з масою тіла понад 65 кг з подальшою інфузією 0,25 мл/кг/хв або більше у разі збереження гіпотензії) для лікування кардіальних проявів системної токсичності місцевих анестетиків.

б. Лікування судом, за їх наявності (титроване внутрішньовенне введення мідазоламу, починаючи зі 100 мкг/кг для дитини або 5 мг для дорослого).

с. Лікування брадикардії та/або гіпотензії за допомогою внутрішньовенного вазопресора.

д. Моніторинг щодо розвитку фібриляції шлуночків або шлуночкової тахікардії та відповідне лікування.

е. Прогнозування розвитку ацидозу, гіперкарбії, гіперкаліємії та їх корекція за необхідності.

**Алергічна реакція на МА.** Справжня документально підтверджена алергія на місцеві анестетики амідного типу є надзвичайно рідкісною [12]. Хоча деякі джерела повідомляють про частоту алергічних реакцій у межах 0,1–1% [10], сучасні дані свідчать про можливе зростання її частоти (зокрема щодо лідокаїну) [8]. У разі підозри на алергію до місцевого анестетика існують складні методи діагностики, спрямовані на встановлення того, чи є наявні симптоми істин-

ною анафілактичною реакцією. Пацієнта слід направити до алерголога або імунолога для підтвердження наявності алергії та, у разі її встановлення, для визначення алергенних компонентів карпули місцевого анестетика. Наразі доведено, що внутрішньошкірне тестування, проведене алергологом, з подальшими провокаційними тестами (за необхідності), має достатню прогностичну цінність для виключення алергії на місцеві анестетики [10].

Хоча деякі пацієнти можуть відзначати симптоми, подібні до алергічних, після стоматологічної ін'єкції, найчастіше вони зумовлені психогенними реакціями, які можуть імітувати алергію або навіть анафілаксію, або ж можуть бути пов'язані з алергією до інших компонентів карпули, а не до самого анестетика. Історично багатодозові флакони місцевих анестетиків використовувалися повторно для різних пацієнтів, тому до їх складу додавали такі речовини, як метилпарабен – бактеріостатичний та протигрибковий агент. Алергічні реакції на подібні компоненти були відносно поширеними. Сучасні стоматологічні місцеві анестетики з вазоконстрикторами містять консервант натрію метабісульфіт, який, за даними окремих клінічних випадків, також може спричинити алергічні реакції.

Слід зазначити, що місцеві анестетики ефірного типу, зокрема бензокаїн, який широко використовується у складі топічних анестетиків, є одними з найбільш алергенних агентів у стоматологічній практиці після латексу, нестероїдних протизапальних препаратів і антибіотиків пеніцилінового ряду. Стоматолог повинен уважно спостерігати за появою ознак алергії або анафілаксії після застосування будь-яких топічних анестетиків ефірного типу [12]. Застосування бензокаїну може спричинити розвиток афтозних виразок у деяких пацієнтів (що може бути ознакою підвищеної чутливості або алергії); у таких випадках у подальшому доцільніше використовувати лідокаїн для місцевої анестезії.

З урахуванням наведеного, хоча алергія на місцеві анестетики або їх компоненти є вкрай рідкісною, вона не є неможливою, тому клініцист повинен бути готовим до своєчасного розпізнавання та лікування її проявів. У свідомого пацієнта анафілактична реакція зазвичай проявляється сукупністю симптомів з боку шкіри (висип, кропив'янка, уртикарія, еритема, мармуровість), дихальної системи (свистяче дихання, задишка внаслідок ангіоневротичного набряку дихальних шляхів) та шлунково-кишкового тракту (спазми,

блювання, діарея). У пацієнтів у стані седації частина цих симптомів може бути замаскована, і клінічна картина може проявлятися серцево-судинним колапсом (виражена гіпотензія або асистолія) або дихальними порушеннями (гіпоксія, задишка, тахіпноє, кашель/реакції на інтубацію, бронхоспазм) [13].

Лікування анафілаксії включає (але не обмежується):

1. Активацію служб екстреної медичної допомоги у разі перебування в амбулаторних умовах з метою транспортування та моніторингу пацієнта у закладі третинного рівня медичної допомоги.

2. Припинення дії або видалення причинного алергенного агента.

3. Забезпечення прохідності дихальних шляхів (з урахуванням можливості інтубації) та подачу 100 % кисню.

4. Введення адреналіну (0,3 мг при масі тіла >30 кг; 0,15 мг – до 30 кг внутрішньом'язово в латеральну поверхню стегна як початкова доза).

Додаткові заходи можуть бути виконані за наявності відповідних препаратів та належної підготовки медичного персоналу:

1. Введення блокаторів H1- та H2-рецепторів (відповідно: дифенгідрамін 1 мг/кг внутрішньом'язово, максимум 50 мг; ранітидин 1 мг/кг внутрішньом'язово, максимум 50 мг).

2. Введення кортикостероїдів, наприклад гідрокортизону (2 мг/кг внутрішньом'язово, максимум 100 мг).

3. За наявності венозного доступу та відповідної підготовки медичного персоналу до внутрішньовенного введення препаратів невідкладної допомоги: а. Болюсне внутрішньовенне введення рідини (20 мл/кг до максимуму 1 л або більше за необхідності).

**Інші ускладнення МА.** Передсинкопальні стани та синкопе (вазовагальні реакції) є одними з найпоширеніших невідкладних станів у стоматологічній практиці. Тривога пацієнтів, пов'язана з проведенням місцевої анестезії або будь-яких стоматологічних втручань, може клінічно проявлятися змінами частоти серцевих скорочень і артеріального тиску, блідістю шкіри, нудотою, блюванням і задишкою [14]. Завжди необхідно оцінювати рівень тривожності пацієнта з метою застосування фармакологічних або нефармакологічних методів, що забезпечують комфорт пацієнта під час лікування. Іншою поширеною проблемою після проведення місцевої анестезії є збереження анестезії м'яких тканин і, як наслідок, їх травматизація через відсутність чутли-

вості [15]. Пацієнтів слід попереджати про ризик пошкодження тканин у період зниження чутливості. Додатково можна використовувати ватні валики або марлеві тампони як захисний бар'єр, що запобігає травматизації.

За можливості застосування місцевого анестетика без адреналіну дозволяє скоротити тривалість анестезії м'яких тканин. Крім того, лікар може розглянути доцільність використання фентоламіну мезилату, який вводиться для викликання локальної вазодилатації у ділянці попереднього введення вазоконстриктора. Це сприяє прискоренню перерозподілу анестетика, скороченню тривалості його дії та швидшому відновленню чутливості м'яких тканин. Зазначений препарат детальніше розглядається далі в статті.

Тризм, тобто обмеження рухливості нижньої щелепи, може виникати після проведення стоматологічної ін'єкції. Найчастіше він зумовлений проходженням голки через жувальні м'язи, що спричиняє їх спазм [16]. Також причиною може бути утворення гематоми, яка обмежує рухи, необхідні для повного відкриття рота. Основними методами лікування у гострій фазі є призначення анальгетиків і дотримання м'якої дієти з подальшим поступовим відновленням функції та, за необхідності, проведенням фізіотерапії. Для введення місцевого анестетика шприц із голкою вводиться у відповідну анатомічну ділянку. Нові голки мають гострий зріз (бевел), що забезпечує менш болісне проколвання слизової оболонки та просування через сполучну тканину. Однак ця ж властивість може призводити до пошкодження прилеглих судин.

Після досягнення необхідного положення голки перед введенням анестетика рекомендується виконати щонайменше одну аспіраційну пробу. Ця маніпуляція (шляхом натискання на аспіраційне кільце або відтягування поршня шприца з гарпуном) створює негативний тиск у карпулі та дозволяє визначити, чи знаходиться кінчик голки в судині. У разі внутрішньосудинного розташування голки в карпулі має з'явитися кров, що сигналізує про необхідність змінити положення голки. Проте інколи можливі хибнонегативні результати аспірації, коли голка знаходиться в судині, але кров у карпулі не з'являється. Це може бути пов'язано з положенням зрізу голки, коли під час аспірації стінка судини прилягає до її отвору, або з використанням голки малого діаметра.

У разі внутрішньосудинного введення препарату симптоми можуть виникати негайно і бути пов'язаними як із дією самого анестетика, так

і вазоконстриктора [17]. Клінічно це може проявлятися серцебиттям, головним болем, порушенням зору та запамороченням. Основною тактикою є заспокоєння пацієнта з поясненням тимчасового характеру симптомів, а також ретельний моніторинг рівня свідомості та життєвих показників до повного відновлення стану пацієнта. З практичного досвіду відомо, що навіть введення однієї карпули лідокаїну у судинне русло може спричинити розвиток судом, що підкреслює вирішальне значення швидкості надходження препарату в кров у розвитку системної токсичності місцевих анестетиків.

Під час проходження голки через сполучну тканину нерідко відбувається ушкодження судин. У деяких випадках кров екстравазує через пошкоджені ендотелії у навколишні тканини та локально накопичується. Це може супроводжуватися набряком обличчя, болючістю та тризмом унаслідок розширення потенційного простору, де виникла кровотеча [18].

При підозрі на утворення гематоми стоматолог повинен негайно здійснити тиск на відповідну ділянку з метою досягнення гемостазу та зменшення об'єму екстравазації. Пацієнта слід відпускати лише після впевненості у припиненні кровотечі.

Протягом понад 50 років у літературі описуються клінічні випадки різноманітних офтальмологічних ускладнень після проведення мандибулярної анестезії. Можливі симптоми включають, але не обмежуються: амавроз, диплопію, тотальну офтальмоплегію, мідріаз, птоз і збліднення перiorбітальної шкіри [19].

Найбільш поширеним поясненням цього явища є варіабельність анатомії верхньощелепної артерії, що може призводити до внутрішньосудинного введення препарату з подальшим ретроградним поширенням місцевого анестетика від середньої менінгеальної артерії через остистий отвір до слізної та очної артерій, спричиняючи анестезію III, IV та VI пар черепних нервів. Зазвичай достатньо підтримувальної терапії та часу для самостійного зникнення симптомів, однак необхідно проводити диференційну діагностику та, за потреби, направляти пацієнта до відповідного вузького спеціаліста.

У літературі описані поодинокі випадки, коли після проведення провідникової анестезії у пацієнтів виникала стійка парестезія відповідних нервів за відсутності будь-якого хірургічного втручання [20]. Через рідкісність таких випадків їх дослідження є складним і переважно має ретроспективний характер. Існує припущення, що при-

чиною може бути поєднання механічної травми нерва голкою та застосування місцевих анестетиків високої концентрації, таких як артикаїн і прилокаїн, що можуть чинити пряму нейротоксичну дію на нервові стовбури [21].

Крім того, кількість нервових пучків і їх співвідношення можуть впливати на тяжкість парестезії (наприклад, вища частота ураження язикового нерва, який має меншу кількість нервових пучків) [22]. Водночас це питання залишається дискусійним, оскільки існують дослідження, що не підтверджують цю гіпотезу [18-22]. У кожному випадку застосування місцевої анестезії лікар повинен зважувати переваги та ризики вибору препарату і методу введення.

Застосування деяких місцевих анестетиків (зокрема ефірного типу, а також прилокаїну) може спричинити зміну валентності заліза в молекулі гемоглобіну – з двовалентного ( $Fe^{2+}$ ) у тривалентний ( $Fe^{3+}$ ), що призводить до утворення метгемоглобіну. Це має клінічне значення, оскільки тривалентний гемоглобін має значно вищу спорідненість до кисню, унаслідок чого кисень не вивільняється в тканинах і не може бути використаний органами. При значному підвищенні рівня метгемоглобіну у пацієнта можуть з'являтися ознаки гіпоксемії, такі як ціаноз і задишка. У разі підозри на цей стан необхідно негайно забезпечити подачу кисню (незважаючи на знижену ефективність транспорту кисню) та викликати екстрену медичну допомогу. Специфічним методом лікування є внутрішньовенне введення метиленового синього.

У таблиці 3 наведено приклади розрахунку максимально допустимих доз місцевих анестетиків для різних пацієнтів.

За винятком випадків, коли пацієнт отримує одночасну інфузію місцевих анестетиків (що може підвищувати ризик системної токсичності), місцеві анестетики без вазоконстрикторів не мають клінічно значущих лікарських взаємодій. Більшість взаємодій пов'язана саме з вазоконстрикторами, що входять до складу карпули. Найбільш значущі взаємодії наведено у таблиці 4.

У зв'язку з цим адреналін слід застосовувати з обережністю при одночасному прийомі відповідних лікарських засобів, а левонордефрин слід повністю уникати у пацієнтів, які приймають трициклічні антидепресанти.

**Анатомічні чинники, що зумовлюють неефективність місцевої анестезії.** Хоча надокісні (супраперіостальні) ін'єкції зазвичай є достатніми для досягнення пульпарної анестезії у верхній щелепі, їх ефективність значно нижча при

Таблиця 3

**Приклади розрахунку максимальної дози місцевого анестетика для різних пацієнтів**

Інформація	Розрахунок і максимальна кількість
Пацієнт 20 кг (5 років), 2% лідокаїн з адреналіном 1:100 000, 1,8 мл	$20 \times 7 = 140$ мг; $140/36 = 3,8$ карпули
Пацієнт 20 кг (5 років), 4% артикаїн з адреналіном 1:100 000, 1,8 мл	$20 \times 7 = 140$ мг; $140/72 = 1,9$ карпули
Пацієнт 60 кг (40 років), 2% лідокаїн з адреналіном 1:100 000, 1,8 мл	$60 \times 7 = 420$ мг; $420/36 = 11,6$ карпули
Пацієнт 100 кг, 2% лідокаїн з адреналіном 1:100 000, 1,8 мл	$100 \times 7 = 700$ мг (але макс. 500 мг); $500/36 = 13,8$ карпули

Таблиця 4

**Взаємодія лікарських засобів із вазоконстрикторами (адреналіном)**

Препарат	Ефект
Бета-адреноблокатори (метопролол, пропранолол, лабеталол, бісопролол, атенолол)	Блокада $\beta$ -рецепторів $\rightarrow$ неконтрольований $\alpha$ -ефект $\rightarrow$ підвищення АТ
Інгаляційні анестетики (галотан, севофлуран, ізофлуран, десфлуран)	Підвищена чутливість міокарда $\rightarrow$ ризик аритмій при адреналіні
Амфетаміни (кокаїн, метамфетамін)	Підвищення АТ і аритмій $\rightarrow$ посилення ефектів адреналіну
Трициклічні антидепресанти (амітриптилін, іміпрамін тощо)	$\uparrow$ катехоламіни $\rightarrow$ ризик гіпертензії при адреналіні

анестезії зубів нижньої щелепи через більшу товщину кортикальної пластинки. У зв'язку з цим введення місцевого анестетика поблизу нижнього альвеолярного нерва (IAN) здійснюється за допомогою різних методик, кожна з яких має різну ефективність [23], і жодна з них не забезпечує 100% блокади нерва [24].

Це пояснюється рядом анатомічних особливостей твердих і м'яких тканин, що ускладнюють точне визначення положення кінчика голки відносно нерва, а також наявністю фасціальних структур, які можуть перешкоджати дифузії анестетика. Крім того, клиноподібно-нижньощелепна зв'язка може обмежувати поширення анестетика до нижнього альвеолярного нерва (ймовірно, у випадках, коли кінчик голки розташований медіальніше від нижньощелепного отвору) [25].

Додаткову іннервацію нижньощелепних зубів можуть забезпечувати під'язиковий нерв, довгий щічний нерв, великий вушний нерв, а також можливе біфуркаційне відходження нижнього альвеолярного нерва [26]. З огляду на це всі ін'єкції слід виконувати після ретельного аналізу анатомічних особливостей пацієнта з можливістю корекції техніки для підвищення ефективності анестезії.

**Запалена пульпа зуба.** Зі збільшенням каріозного ураження та його наближенням до пульпи активуються різноманітні біологічні маркери й залучаються медіатори запалення [27]. Це призводить до розвитку локального ацидозу в зоні запалення, де знижене значення рН порушує ефективність місцевих анестетиків через зміну їх взаємодії з компонентами клітинних мембран [28]. Крім того, у запалених тканинах експресуються різні ізоформи натрієвих каналів, резис-

тентних до тетродотоксину (тобто таких, на які лідокаїн має знижений анальгетичний ефект) [29]. Сукупність цих факторів значно ускладнює досягнення надійної та глибокої анестезії. У таких випадках лікар повинен бути готовим до застосування додаткових методів, зокрема внутрішньокісткових ін'єкцій або ін'єкцій у періодонтальну зв'язку, для забезпечення адекватного знеболення [30].

**Вагітність.** На сьогодні лише лідокаїн і прилокаїн мають класифікацію FDA щодо ризику для плода, яка вказує на відсутність тератогенного ефекту за результатами досліджень на людях і тваринах. Інші широко застосовувані місцеві анестетики (бупівакаїн, артикаїн, мепівакаїн) мають класифікацію, за якою неможливо виключити тератогенний ризик на підставі наявних даних [31]. Перший триместр вагітності є періодом найвищого ризику тератогенезу, тому в цей час слід виконувати лише невідкладні стоматологічні втручання. Другий триместр вважається найбільш безпечним періодом для проведення стоматологічного лікування, і застосування місцевої анестезії в цей час є відносно безпечним [31]. Хоча планове лікування можливе і в третьому триместрі, існує підвищений ризик аортокавальної компресії та змін нервової провідності. У разі необхідності застосування місцевої анестезії в цей період рекомендується використовувати знижені дози препаратів.

**Пацієнти похилого віку.** Сучасні демографічні дані свідчать про старіння населення Північної Америки, і прогнозується подальше зростання частки осіб похилого віку. У пацієнтів старшого віку змінюються фармакокінетика та фармакодинаміка багатьох лікарських засобів

[32]. Суттєвих відмінностей у відповіді на місцеві анестетики у пацієнтів похилого віку не очікується. Однак, з огляду на вікове зниження функції печінки та нирок, рекомендується застосовувати дози, нижчі за максимально допустимі.

Крім того, у пацієнтів геріатричного профілю часто наявні серцево-судинні захворювання, у зв'язку з чим доза адреналіну в складі анестетика повинна бути обмежена до максимуму 0,04 мг [29]. Навіть за відсутності встановленої серцево-судинної патології доцільно мінімізувати застосування адреналіну у пацієнтів похилого віку через вікові зміни серцево-судинної системи. При багаторазовому введенні місцевих анестетиків, що містять адреналін, рекомендовано контролювати артеріальний тиск і частоту серцевих скорочень.

**Діти.** Діти мають підвищений ризик травматизації м'яких тканин після проведення місцевої анестезії через недостатнє усвідомлення втрати чутливості. Крім того, вони більш схильні до розвитку системної токсичності місцевих анестетиків, оскільки їх маса тіла значно менша, ніж у дорослих, а отже, і абсолютний поріг безпечної дози є нижчим [30,32]. Також слід враховувати ризик для пацієнта та медичного персоналу при введенні місцевої анестезії дітям, які не співпрацюють або перебувають у стані тривоги, оскільки рухливість пацієнта підвищує ймовірність випадкових уколів голкою.

**Пацієнти, які отримують антикоагулянтну терапію.** На сьогодні вважається, що пацієнтам із терапевтичними значеннями міжнародного нормалізованого відношення (INR) можна проводити провідникову місцеву анестезію без необхідності попереднього припинення антикоагулянтної терапії. Навіть у разі утворення гематоми місцеві гемостатичні заходи зазвичай є достатніми для досягнення гемостазу.

**Сучасні досягнення. Комп'ютеризовані системи введення місцевих анестетиків.** На сьогодні на ринку представлені електронні пристрої, що полегшують введення місцевої анестезії, зокрема за рахунок цифрового контролю, який дозволяє оптимізувати аспірацію та безперервне введення анестетика. Багато з цих пристроїв, оснащених мікропроцесорами, здатні контролювати тиск тканин у місці ін'єкції та відповідно регулювати швидкість введення розчину [33].

Окрім менш загрозливого вигляду порівняно з традиційним шприцом і голкою, такі системи забезпечують більш точну аспірацію та контроль тривалості введення, що може сприяти зменшенню больових відчуттів під час ін'єкції.

**Фентоламіну мезилат.** Більшість карпул місцевих анестетиків у світі містять адреналін. Для пацієнтів із підвищеним ризиком травматизації м'яких тканин або для тих, хто бажає швидшого відновлення чутливості, фентоламіну мезилат може застосовуватися як вазодилататор. При введенні в ту ж ділянку, де раніше застосовувався анестетик із вазоконстриктором, він сприяє усуненню вазоконстрикції та прискорює перерозподіл анестетика, що призводить до швидшого припинення його дії [32]. Останні дослідження свідчать, що цей препарат може бути особливо корисним у дітей, оскільки забезпечує швидше відновлення чутливості губ і, відповідно, знижує ризик травматизації м'яких тканин у цій віковій групі [32].

**Буферизовані місцеві анестетики.** Вважається, що підвищення рН розчину місцевого анестетика може зменшити больові відчуття під час ін'єкції та прискорити початок дії анестезії. Сучасні дослідження дедалі більше підтверджують ці припущення, у зв'язку з чим виробники стоматологічного обладнання розробляють пристрої, здатні лужити (підвищувати рН) розчини місцевих анестетиків перед їх введенням [33].

Згідно з даними нещодавнього метааналізу, буферизовані місцеві анестетики у 2,23 раза частіше забезпечують досягнення глибокої анестезії у зубах із ураженою пульпою [34].

**Інгаляційні місцеві анестетики.** Комбінація місцевого анестетика (тетракаїн) і назального деконгестанта (оксиметазолін) використовується для анестезії фронтальних зубів верхньої щелепи. Однак така комбінація може бути менш ефективною щодо досягнення пульпарної анестезії та асоціюватися з більшою частотою побічних ефектів порівняно з традиційними методами введення місцевих анестетиків [35].

**Ліпосомальний бупівакаїн.** З метою подовження тривалості дії місцевих анестетиків було розроблено форму бупівакаїну, в якій молекули препарату інкапсульовані в мультिवезикулярні ліпосоми. Така форма з повільним вивільненням дозволяє пролонгувати аналгезію до 72 годин, порівняно з традиційним бупівакаїном, який забезпечує знеболення приблизно до 8 годин. Було показано, що цей препарат ефективний при інфільтраційній анестезії, забезпечуючи триваліший аналгезивний ефект і зменшуючи потребу в додаткових анальгетиках (зокрема опіоїдах) [33]. Профіль безпеки наразі вивчається і, за наявними даними, не відрізняється від традиційного бупівакаїну, без збільшення частоти побічних

ефектів. Водночас деякі дослідження не виявили переваг у тривалості анальгезії при некротичних зубах порівняно зі звичайним бупівакаїном [30,34]. З огляду на це необхідні подальші масштабні дослідження перед широким впровадженням цього препарату в клінічну практику.

**Інфузійні помпи для місцевих анестетиків із локальним введенням у ділянці оперативного втручання.** Після хірургічних втручань клініцист повинен визначити найбільш доцільний спосіб контролю післяопераційного болю. Це може здійснюватися різними локальними або системними методами (деякі з яких були розглянуті вище), серед яких новим підходом є контрольоване пацієнтом локальне введення місцевого анестетика безпосередньо в ділянку ушкодження або операції. Існують різні приклади таких систем, зокрема інфузійні помпи для місцевих анестетиків, що керуються пацієнтом (наприклад, ON-Q pain pump), які застосовуються у загальній хірургії [33,35]. Однак необхідні подальші дослідження щодо ефективності використання інфузійних катетерів у ділянці голови та шиї [35], а також їх можливого внутрішньоротового застосування.

**Блокада нижнього альвеолярного нерва під контролем ультразвуку.** З метою подолання анатомічних варіацій нижньої щелепи в різних пацієнтів перспективним є використання ультразвукової навігації для візуалізації та точного виконання блокади нижнього альвеолярного нерва. Попередні дослідження застосовували доплерівське ультразвукове дослідження (тобто непряму оцінку положення нерва) для визначення місця введення анестетика [32], або використовували ін'єкцію барвника в трупному матеріалі для оцінки близькості введеного розчину до нерва [35].

Наразі проводяться дослідження із застосуванням ультразвуку в режимі В (тобто прямої візуалізації), що дозволяє безпосередньо ідентифікувати нижній альвеолярний нерв і виконувати інтраоральну блокаду під ультразвуковим контролем із подальшою об'єктивною оцінкою пульпарної анестезії.

**Висновки.** Місцева анестезія є безпечним і надійним методом контролю болю. Її застосування є одним із фундаментальних принципів сучасної стоматологічної практики. Традиційні методи введення місцевих анестетиків поступово втрачають свою ефективність порівняно з сучасними підходами. Персоналізований підхід з урахуванням системних ризиків забезпечує більш безпечно та ефективно стоматологічне лікування.

Новітні методики активно впроваджуються завдяки своїм перевагам і мають широкий спектр

застосування у стоматології. Сучасні способи введення місцевих анестетиків, що забезпечують ефективно та безболісно знеболення, підвищують комфорт як для лікаря, так і для пацієнта, що позитивно впливає на формування довірливих взаємин між пацієнтом і стоматологом.

## References:

1. Poojashree, B., Santhosh, Kumar, M. P. (2018). Newer local anesthetic drugs in dentistry, *Drug Invention Today*, 10, 496–502.
2. Gune, N.S., Katre, A.N. (2020). Comparison of 0.5% centbucridine and 2% lignocaine as local anesthetic agents for dental procedures in children: a randomised controlled trial. *Indian Journal of Pediatrics*, 87, 268–274. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12098-019-03161-6>
3. Gazal, G., Omar, E., Elmalky, W. (2023). Rules of selection for a safe local anesthetic in dentistry // *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 18, 1195–1196. DOI: 10.1016/j.jtumed.2023.06.003
4. Ouanounou A., Haas D. A. (2015). Pharmacotherapy for the elderly dental patient. *Journal of the Canadian Dental Association*, 80, f18.
5. Knutsen, A.K., Dunlop, O., Jacobsen, D., Glæserud, P., Wibetoe, G. (2025). Methaemoglobinaemia after local anaesthesia. *Tidsskrift for Den norske legeforening*, 145, 1–7. doi: 10.4045/tidsskr.24.0399.
6. Bedewy, A., El Kassas, M. (2023). Anesthesia in patients with chronic liver disease: an updated review. *Clinical Research in Hepatology and Gastroenterology*, 47. DOI: 10.1016/j.clinre.2022.102205
7. Uppal, N.N., Jhaveri, M., Hong, S., Shore-Lesserson, L., Jhaveri, K. D., Izzedine, H. (2021). Local anesthetics for the nephrologist. *Clinical Kidney Journal*, 15, 186–193. DOI: 10.1093/ckj/sfab155
8. Ghafoor, H., Haroon, S., Atique, S., Huda, A.U., Ahmed, O., Khair, A.O., et al. (2023). Neurological complications of local anesthesia in dentistry: a review. *Cureus*, 15. e50790. DOI: 10.7759/cureus.50790
9. Bina, B., Hersh, E. V., Hilario, M., Alvarez, K., McLaughlin, B. (2018). True allergy to amide local anesthetics: a review and case presentation. *Anesthesia Progress*, 65, 119–123. DOI: 10.2344/anpr-65-02-07
10. Chino, K., Ganzberg, S., Mendoza, K. (2018). Office-based sedation/general anesthesia for COPD patients. Part I. *Anesthesia Progress*, 65, 261–268. DOI: 10.2344/anpr-65-03-10
11. Zeytinoglu, M., Tuncay, Ü., Akay, M.C., Soydan, İ. (2013). Holter ECG assessment of the effects of three different local anesthetic solutions on cardiovascular system in the sedated dental patients with coronary artery disease // *Anadolu Kardiyoloji Dergisi*, 13, 480–485. DOI: 10.5152/akd.2013.139
12. Gazal, G., Zafar, M.S. (2022). A new cause of the adrenal crisis in dental and medical patients: opioid induced adrenal insufficiency. *Journal of Taibah*

*University Medical Sciences*, 18, 427–428. DOI: 10.1016/j.jtumed.2022.11.002

13. Gazal, G. (2019). Is prilocaine safe and potent enough for use in the oral surgery of medically compromised patients. *Saudi Med J*, 40, 97–100.

14. Gazal, G. (2018). Is articaine more potent than mepivacaine for use in oral surgery? *Journal of Oral and Maxillofacial Research*, 9, e5. DOI: 10.5037/jomr.2018.9405

15. Alsharif, A., Omar, E., Alolayan, A. B., Bahabri, R., Gazal, G. (2018). 2% lidocaine versus 3% prilocaine for oral and maxillofacial surgery. *Saudi Journal of Anaesthesia*, 12, 571–577. DOI: 10.4103/sja.SJA\_56\_18

16. Gazal, G., Nassani, M. Z. (2025). Management of hypertension in emergency tooth extraction. *British Dental Journal*, 238, 840. DOI: 10.1038/s41415-025

17. Mittal, M., Kumar, A., Srivastava, D., Sharma, P., Sharma, S. (2015). Pain perception: computerized versus traditional local anesthesia in pediatric patients. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39, 470–474. DOI: 10.17796/1053-4628-39.5.470

18. Patil, A., Saurabh, S., Pragya, P., Aijazuddin, A., Chandra, S., Singh, Chawla, J. (2022). Comparative assessment of perceived pain in children during palatal anesthesia using two injection techniques: an in vivo study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 14, 503. DOI: 10.4103/jpbs.jpbs\_247\_21

19. O'Neal, L.Y., Nusstein, J., Drum, M., Fowler, S., Reader, A., Ni, A. Comparison of maxillary lateral incisor infiltration pain using the Dentapen and a traditional syringe: a prospective randomized study. *Journal of Endodontics*, 48, 840–844. DOI: 10.1016/j.joen.2022.03.012

20. Flisfisch, S., Woelber, J. P., Walther, W. (Heliyon). (2021). Patient evaluations after local anesthesia with a computer-assisted method and a conventional syringe before and after reflection time: a prospective randomized controlled trial, 7, e06012. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e06012

21. Riba-Roca, A., Figueiredo, R., Malamed, S., Arnabat-Domínguez, J. (2020). A randomized split-mouth clinical trial comparing pain experienced during palatal injections with two different computer-controlled local anesthetic delivery systems. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 12, e1139–e1144. DOI: 10.4317/jced.57630

22. Smolarek, P.D.C., da Silva, L.S., Martins, P.R.D., Hartmann, K.D.C., Bortoluzzi, M.C., Chibinski, A.C.R. (2020). Evaluation of pain, disruptive behaviour and anxiety in children aged 5–8 years undergoing different modalities of local anaesthetic injection for dental treatment: a randomised clinical trial. *Acta Odontologica Scandinavica*, 78, 445–453. DOI: 10.1080/00016357.2020.1737073

23. Saoji, H., Nainan, M. T., Nanjappa, N., Khairnar, M. R., Hishikar, M., Jadhav, V. (2019). Assessment of computer-controlled local anesthetic delivery system for pain control during restorative procedures: a randomized controlled trial. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 13, 298–304. DOI: 10.15171/joddd.2019.046

24. Al-Obaida, M.I., Haider, M., Hashim, R., AlGheriri, W., Celur, S.L., Al-Saleh, S.A., et al. (2019).

Comparison of perceived pain and patients' satisfaction with traditional local anesthesia and single tooth anesthesia: a randomized clinical trial. *World Journal of Clinical Cases*, 7, 2986–2994. DOI: 10.12998/wjcc.v7.i21.2986

25. Alamoudi, N.M., Baghlaif, K.K., Elashiry, E.A., Farsi, N.M., El Derwi, D.A., Bayoumi, A.M. (2016). The effectiveness of computerized anesthesia in primary mandibular molar pulpotomy: a randomized controlled trial. *Quintessence International*, 47, 217–224. DOI: 10.3290/j.qi.a35631

26. Monteiro, J., Tanday, A., Ashley, P. F., Parekh, S., Alamri H. (2020). Interventions for increasing acceptance of local anaesthetic in children and adolescents having dental treatment. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2. CD011024. DOI: 10.1002/14651858.CD011024.pub2

27. Guinot, F., Virolés, M., Lluch, C., Costa, A.L., Veloso, A. (2021). Spanish and Portuguese parental acceptance of behavior management techniques in pediatric dentistry. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 45, 247–252. DOI: 10.17796/1053-4625-45.4.8

28. Ciftci, V., Yazicioğlu, İ. (2020). A retrospective comparison of dental treatment under general anesthesia provided for uncooperative healthy patients and patients with special health care needs. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 44, 196–201. DOI: 10.17796/1053-4625-44.3.9

29. Khan, M.I.U., et al. (2025). Recent advances in dental local anaesthesia. *Oral Health Science*, 14, 2, 145–158.

30. Min, K.H., Morse Zac. (2024). Novel dental anesthetic and associated devices: a scoping review. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 24, 3, 161–173. DOI: 10.17245/jdapm.2024.24.3.161

31. Guo, B., Zhou, Q., Zhang, X., Ma, Q., Ma, M., Wang, T. (2026). Recent advances in local anesthetic drug delivery systems based on natural polymers. *Front Bioeng Biotechnol*, 13, 1727964. DOI: 10.3389/fbioe.2025.

32. Xu, Li., Xin, Chen., Qian, Wang., Yuqing, Gui, Fengqing, Huang, et al. (2025). Effectiveness of local anesthesia in endodontics: systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Dental Medicine*, 6, 1679706. DOI: 10.3389/fdmed.2025.1679706

33. dos Santos H. C. G., et al. (2025). Clinical applications of topical anesthesia in dentistry. *Pharmaceuticals*, 18, 11, 1611. DOI: 10.3390/ph18111611

34. Becker, D.E., Reed, K.L. (2006). Essentials of local anesthetic pharmacology. *Anesth Prog*, 53(3), 98–108, 109–10. DOI: 10.2344/0003-3006(2006)53[98:EOLAP]2.0.CO;2

35. Jesús Calatayud, Mana Saraghi Failure of Dental Local Anesthesia. 2024. John Wiley & Sons Ltd. DOI: 10.1002/9781394180189

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.03.2026

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 27.04.2026

Дата публікації: 22.05.2026