



УДК 616.314-089.23:616.314.18:616.31-74

DOI <https://doi.org/10.11603/2311-9624.2025.2.15538>

О. О. Бандрівська¹

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3274-1781>

Х. О. Дутко²

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3878-6411>

Ю. Л. Бандрівський¹

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4103-3664>

¹Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України

²Державне некомерційне підприємство «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»

СУЧАСНІ АЛГОРИТМИ ОДОНТОПРЕПАРУВАННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БІОЛОГІЧНУ ЦІЛІСНІСТЬ ЗУБА

О. О. Bandrivska¹, Kh. O. Dutko², Yu. L. Bandrivsky¹

¹ Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine

² State Non-Profit Enterprise «Danylo Halytsky Lviv National Medical University»

MODERN ALGORITHMS OF DENTAL PREPARATION AND THEIR IMPACT ON THE BIOLOGICAL INTEGRITY OF THE TOOTH

ІНФОРМАЦІЯ

Електронна адреса для листування:
bandrivska@tdmu.edu.ua

Отримано: 01.07.2025
Рекомендовано: 08.07.2025
Опубліковано: 10.09.2025

Ключові слова: одонтопрепарування, незнімні ортопедичні конструкції, мікрорельєф зуба, емалевий край, маргінальний пародонт, ротаційні інструменти, алгоритми препарування.

АНОТАЦІЯ

Одонтопрепарування є ключовим етапом ортопедичного лікування під час виготовлення незнімних конструкцій, який суттєво впливає на морфологічний стан твердих тканин зуба, пульпи та тканин пародонта. Незважаючи на стандартизацію клінічного протоколу, техніка препарування, вибір інструменту та параметри мікрорельєфу поверхні залишаються факторами, які надалі визначають якість фіксації ортопедичних конструкцій та прогноз їх клінічної довговічності.

Мета дослідження – на основі аналізу наукових літературних джерел оцінити морфологічні зміни в емалі, дентині та тканинах маргінального пародонта внаслідок одонтопрепарування різними інструментами й техніками, а також проаналізувати сучасні алгоритми препарування зубів під незнімні ортопедичні конструкції.

Матеріали та методи. Проведено систематичний огляд літератури з використанням баз даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar за останні 10 років та декілька фундаментальних джерел, давнина яких більше 10 років. В аналіз включено 38 публікацій,

що відповідали критеріям пошуку. Оцінювались мікроскопічні характеристики поверхні, вплив теплового навантаження, ступінь деструкції твердих тканин, біологічна реакція пульпи та ясен, а також ефективність застосування авторських алгоритмів препарування.

Результати досліджень. Установлено, що морфологічні зміни в емалі та дентині прямо залежать від типу ротаційного інструментарію, форми бору, зернистості абразивного матеріалу та способу охолодження. Твердосплавні інструменти демонструють найменшу кількість мікротріщин та дефектів емалевого краю. Теплове навантаження в разі застосування алмазних дисків і карборундових каменів сприяє змінам у пульпі. Визначено, що полірування зони уступу є критично важливим для герметичності фіксації. Описано авторські методики (Shillingburg, Marxkors, Massironi, Perkins, BOPT та ін.), що забезпечують точне препарування з урахуванням біологічних та технологічних вимог.

Висновки. У результаті проведеного аналізу наукових даних установлено, що якість і наслідки одонтопрепарування залежать від цілого комплексу чинників: типу вибраного інструменту, послідовності етапів, форми та параметрів уступу, мікрорельєфу поверхні, а також біологічної реакції тканин. Ретельне дотримання алгоритмів, заснованих на доказовій базі, та індивідуалізований підхід до препарування із застосуванням авторських методик дозволяє мінімізувати ризики ускладнень, забезпечити довговічність реставрацій та біосумісність із навколишніми тканинами.

INFORMATION

Email address
for correspondence:
bandrivska@tdmu.edu.ua

Received: 01.07.2025
Accepted: 08.07.2025
Published: 10.09.2025

Key words: tooth preparation, fixed prostheses, tooth surface microtopography, enamel margin, periodontium rotary instruments, preparation algorithms.

ABSTRACT

Tooth preparation is a critical phase of prosthetic treatment with fixed restorations and significantly affects the morphofunctional integrity of dental hard tissues, pulp, and periodontium. Despite standardization of clinical protocols, the choice of instruments, preparation techniques, and microtopographical surface parameters remain key determinants of retention quality and long-term success of prosthetic restorations.

The aim of the study – based on an analysis of scientific and literary sources, to assess morphological changes in enamel, dentin, and marginal periodontal tissues induced by various tooth preparation techniques and instruments, and to analyze modern preparation algorithms for fixed dental prostheses.

Materials and methods. A systematic literature review was conducted using PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases over the past 10 years and several fundamental literary sources dating back more than 10 years. A total of 38 publications meeting the inclusion criteria were analyzed. Microscopic surface features, thermal effects, extent of structural damage, pulpal and periodontal responses, and effectiveness of author-specific preparation protocols were evaluated.

Results and Discussion. It was determined that morphological alterations in enamel and dentin are directly dependent on the type and geometry of rotary instruments, grit size, and cooling method. Carbide burs produced the least surface damage and enamel margin cracking. Excessive thermal stress from diamond disks and carborundum stones contributed to pulpal degeneration. Finish polishing of the preparation margin was shown to be essential for ensuring marginal seal. Authorial preparation techniques (Shillingburg, Marxkors, Massironi, Perkins, BOPT, etc.) demonstrated high precision and biological compatibility.

Conclusions. Thus, analysis of scientific data has revealed that the quality and outcome of tooth preparation depends on various factors, including the type of instrument chosen, the sequence of stages, the shape and parameters of the shoulder, the micro-relief of the surface and the biological reaction of the tissues. Adhering carefully to evidence-based algorithms and taking an individualised approach to preparation using proprietary techniques minimises the risk of complications, ensures the durability of restorations and promotes biocompatibility with surrounding tissues.

Вступ. Одонтопрепарування зубів під незнімні ортопедичні конструкції є невід’ємним етапом ортопедичного лікування, що вимагає високої точності, технічної обґрунтованості та врахування анатомо-фізіологічних особливостей зубощелепної системи [1]. Незважаючи на стандартність цього етапу клінічного протоколу, численні дослідження свідчать про значний вплив препарування на стан твердих тканин зуба, пульпи та маргінального пародонта [2; 3; 4]. Важливим є не лише обсяг препарованої тканини, а й характеристика мікрорельєфу поверхні кукси, термічне навантаження під час роботи інструментом та механізми трансформації мікроструктури емалі та дентину.

У сучасній стоматології вибір ротаційного інструментарію та техніки препарування має визначальне значення для збереження біологічної цілісності зуба, досягнення оптимальної адгезії фіксувального матеріалу, зменшення ризику ускладнень і запальних реакцій у тканинах пародонта [5]. Крім того, мікрорельєф препарованої поверхні безпосередньо впливає на точність прилягання ортопедичної конструкції та її клінічну довговічність [6].

Зважаючи на це, актуальним є систематичний аналіз даних щодо морфологічних змін твердих тканин після препарування, мікроскопічних характеристик, що виникають за використання різних видів інструментів, а також ефективності сучасних алгоритмів одонтопрепарування.

Мета дослідження – на основі аналізу наукових, літературних джерел оцінити морфологічні зміни в емалі, дентині та тканинах маргінального пародонта внаслідок одонтопрепарування різними інструментами й техніками, а також проаналізувати сучасні алгоритми препарування зубів під незнімні ортопедичні конструкції.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження виконано у форматі систематичного літературного аналізу з використанням провідних електронних баз даних, зокрема PubMed, Google Scholar, Scopus та Web of Science. Для ідентифікації наукових публікацій, релевантних темі дослідження, були застосовані ключові пошукові терміни: «одонтопрепарування», «мікроструктура твердих тканин», «емалевий край», «маргінальний пародонт», «фіксація коронок», «ротаційні інструменти», «штучні коронки». У вибірку включалися статті, опубліковані протягом останніх 10 років та декілька фундаментальних літературних джерел, давнина яких більше 10 років. Роботи без доступу до повного тексту або такі, що не відповідали критеріям пошуку, були виключені з аналізу. У роботі використано аналіз сучасних літературних джерел, клінічних та лабораторних

досліджень, присвячених вивченню впливу одонтопрепарування на структуру емалі, дентину та стан маргінального пародонта. Аналізувалися наявні авторські алгоритми одонтопрепарування з описом використаних інструментів та етапів клінічного протоколу.

Результати дослідження та їх обговорення. Одонтопрепарування варто розглядати як складне, інвазивне оперативне втручання, що викликає численні морфофункціональні зміни, як на локальному рівні, так і в межах загальної реактивності організму [7]. При цьому зміни з боку твердих тканин зуба безпосередньо залежать від типу інструмента, що використовується, а також від методики його застосування [8].

Одним з основних критеріїв адекватного препарування є морфологічний стан емалевого краю [9]. Відомо, що емаль дорослої людини має мікротвердість у межах 266–311 одиниць за Віккерсом [10], тоді як дентин характеризується значно нижчими показниками (близько 80 одиниць). Така різниця зумовлює традиційний підхід до вибору борів: алмазні використовують переважно для роботи з емаллю, твердосплавні – з дентином, а сталі – для оброблення некротизованих або значно демінералізованих тканин.

Кожен тип інструмента залишає характерний мікрорельєф на поверхні твердих тканин, що можна виявити під час мікроскопічного аналізу. Зокрема, після роботи сталевими борами виявляється порушення структури емалевих призм, наявність мікрodefektів різної конфігурації, тріщин і зон мікророзшарування [11]. Твердосплавні бори, навпаки, формують рівномірні борозни з постійною шириною та глибиною, при цьому емалевий край зазвичай залишається без тріщин і відколів [12]. Алмазні бори створюють рівні контури з нерівномірно розташованими дрібними сколами, що зумовлено як відмінностями в розмірі зерен, так і глибиною їх занурення у зв’язку, а також щільністю їх розташування на робочій поверхні інструмента [13].

Зміни мікроструктури твердих тканин після препарування часто пов’язані з локальним перегрівом у зоні контакту інструмента із зубом. Рівень тепловиділення залежить від низки факторів, серед яких суттєву роль відіграє форма інструмента. Наприклад, алмазні бори зі спіралеподібними насічками забезпечують більш ефективне відведення тепла порівняно з борами інших геометричних конфігурацій, що своєю чергою знижує ризик формування дефектів поверхні. Використання ж карборундових каменів і алмазних дисків, навпаки, спричиняє суттєве локальне нагрівання через велику площу контакту з поверхнею зуба [14].

Препарування супроводжується механічною редукацією шару твердих тканин, що призводить

до відкриття дентинних каналців, а іноді – й до трепанації пульпової камери. У відповідь на пошкодження дентину цитоплазма одонтобласта спрямовується в бік ураженої ділянки, захоплюючи за собою клітинне ядро. Це проявляється мікроскопічно як «феномен міграції ядер одонтобластів» у каналці дентину, що надалі призводить до загибелі клітин [15].

З метою об'єктивного моніторингу стану пульпи після одонтопрепарування, особливо під час підготовки під штучні коронки, застосовують такі діагностичні методи, як термоодонтохронометрія та електроодонтодіагностика [16]. У середньому зниження реактивності пульпи спостерігається впродовж 14 діб після втручання.

Альтеративні зміни з боку маргінального пародонта, викликані травмою під час препарування, характеризуються збільшенням кровоточивості ясен, посиленням виділення ясенної рідини та прискоренням формування зубного нальоту [17]. Вираженість цих змін і швидкість репаративних процесів залежать від техніки препарування, типу вибраного ротаційного інструмента та рівня кваліфікації лікаря.

Мікрорельєф препарованої поверхні зуба є одним із вирішальних факторів у досягненні ефективного фіксації ортопедичної конструкції [18]. Сучасні адгезивні матеріали висувають строгі вимоги щодо параметрів шорсткості для досягнення максимальної адгезії. Залежно від виду фіксувального матеріалу може бути потрібна як більш виражена (шорстка) поверхня (наприклад, для полікарбоксилатного цементу), так і зглажена (для цинкфосфатного чи склоіономерного цементу). Згідно з даними літератури, рекомендований діапазон шорсткості становить 5–8 мкм для цинкфосфатного цементу та 4–6 мкм – для склоіономерного. Перевищення 10 мкм ускладнює процес отримання якісного відбитка [19]. Для композитних адгезивних систем основне значення має не стільки глибина мікроборозен, скільки відсутність змазаного шару, що перешкоджає проникненню адгезиву, та доступність мікроструктури твердих тканин [20].

Під час підготовки зубів під незнімні ортопедичні конструкції, виготовлені з литих сплавів, обов'язковим є формування уступу. Незалежно від форми уступу, послідовності препарування, типу інструмента чи використовуваних матеріалів, дослідники однакові в необхідності полірування краю препарування [21]. Підвищена шорсткість у цій зоні є фактором ризику для розвитку вторинного карієсу внаслідок недостатньої герметичності крайового прилягання ортопедичної конструкції [22].

Таким чином, якість одонтопрепарування значною мірою залежить від типу застосованого

інструментарію та правильності його використання. Оптимізація цього процесу дозволяє зменшити кількість ускладнень, що виникають унаслідок порушення мікроструктури тканин, розвитку патологій у пульпі та маргінальному пародонті, і, як наслідок, – підвищити ефективність ортопедичного лікування незнімними ортопедичними конструкціями.

Зважаючи на багатофакторний вплив одонтопрепарування на морфологічний та функціональний стан твердих тканин зуба й пародонту [23], особливого значення набуває чітке дотримання клінічно обґрунтованих алгоритмів виконання цього етапу лікування.

Існує велика кількість авторських алгоритмів препарування зубів під незнімні ортопедичні конструкції, створених з метою оптимізації маніпуляції, підвищення точності, біосумісності та довговічності ортопедичного лікування. Основні принципи, які лежать в їх основі:

- максимальна точність і повторюваність препарування;
- збереження життєздатності пульпи та цілісності ясен;
- стабільність фіксації конструкції;
- естетичність і зручність для техніка;
- мінімізація інструментального зносу.

До авторських методик препарування прийнято відносити набір окремих рекомендацій, заснованих на даних клінічних і лабораторних досліджень щодо планування та проведення цього клінічного етапу.

Наприклад, методика G. J. Christensen пропонує стандартизовану техніку препарування зубів із суворим контролем глибини редукції: для фронтальних зубів рекомендується редукція вестибулярної поверхні на 1,2 мм, оклюзійної – на 1,5–2 мм. Рекомендується використання алмазних борів із кольоровим кодуванням. Особливу увагу приділено формуванню округлених ліній переходу, що забезпечує рівномірність шару кераміки й знижує ризик тріщиноутворення [24].

Методика H. T. Shillingburg («Marker groove»). Алгоритм Shillingburg передбачає початкове формування маркерних борозен на вестибулярній, оральній та жувальній поверхнях за допомогою борів заданого діаметра. Це дозволяє контролювати глибину редукції. Потім виконують сепарацію та редукцію висоти зуба. Уступ формується у вигляді плеча із закругленим внутрішнім кутом або скошеного уступу – залежно від типу коронки [25].

Методика H. T. Shillingburg (деталізована). Препарування починається з формування борозен глибиною до 1,2 мм маркерними борами. Потім виконується сепарація тонкими циліндричними алмазними головками.

Зуб укорочують приблизно на 25% початкової висоти колесовидними або бочковидними інструментами. Формується борозенка по ясневому краю з використанням оберненоконічного бору, яка визначає глибину майбутнього уступу. Потім проводиться загальна редукція з вестибулярної та оральної сторін. Останній етап – фінішна поліровка алмазними головками та шліфувальними дисками [26].

ВОРТ (Biologically Oriented Preparation Technique) – Ignacio Loi. Методика ВОРТ передбачає відсутність традиційного уступу. Замість цього створюється конічна форма відпрепарованого зуба, яка дозволяє тканинам ясен адаптуватися до реставрації. Такий підхід довів свою ефективність із погляду біологічної інтеграції та естетики, особливо в роботі з цирконієвими або безметалевими коронками. За даними R. Agustín-Panadero (2024), така техніка демонструє стабільний рівень висоти ясен і зменшення їх кровоточивості впродовж 10 років [27; 28].

Професор R. Marxkors запропонував використання колесоподібних маркерних борів на етапі створення орієнтирів для формування меж препарування. Для отримання чітко вираженого уступу автор рекомендує застосовувати алмазні або твердосплавні бори циліндричної форми з конічною верхівкою. У 1970-х роках професором було розроблено спеціальний авторський набір борів Kommet Set 4005 von Prof. Marxkors, що вважається одним із перших комерційних систематизованих наборів для препарування зубів у сучасному вигляді [29].

Алгоритм доктора S. Perkins побудований навколо концепції мінімізації кількості інструментів за збереження високої ефективності оброблення тканин зуба. Основна робота виконується шестилезовими твердосплавними борами з поперечними насічками та високопродуктивними алмазними борами TDA («Торнадо»). За словами автора, застосування цього набору дозволяє уникнути частих змін інструментів, що суттєво економить клінічний час. Препарування здійснюється з використанням набору SSWHITE Kit «Dr. Scott Perkins 15 Minute Crown Procedure», який поєднує інструменти з високою ріжучою здатністю та стійкістю до зносу [30].

Методика доктора D. Massironi [31] передбачає початкову сепарацію за допомогою торпедоподібного бору, який розміщується під кутом 50° до осі препарованого зуба. Оклюзійну поверхню обробляють за допомогою борів з робочою частиною у вигляді усіченого конусу. Унікальною особливістю цього підходу є рекомендація проводити полірування уступу лише після ретракції ясен. Для цього використовуються полірувальні бори, ультразвукові насадки та емалеві ножі. Уся процедура виконується

з використанням фірмового набору «Kommet TD 1654».

Доктор Н. Михайлюк розробив авторський алгоритм для препарування під металокерамічні та безметалеві конструкції [32], в якому застосовуються бори із заокругленою верхівкою, як на етапі сепарації, так і для формування гладкої поверхні кукси. Особливістю є повторне фіксації провізорних конструкцій. Завершальне оброблення виконується полірувальними гумками. Методика реалізується з використанням набору «Kommet TD 2186».

Авторський підхід доктора K. P. Meschke відрізняється мінімізацією типорозмірів інструментів – усього від двох до п'яти одиниць. При цьому глибину препарування зубів маркують тим самим інструментом, що застосовується надалі для редукції тканин. Такий підхід забезпечує стабільний клінічний результат завдяки уніфікації маніпуляцій та інструментарію [33].

З огляду на стрімкий розвиток цифрової стоматології актуальним є використання CAD/CAM-сумісних протоколів препарування, які передбачають стандартизовану редукцію тканин з урахуванням оптичного сканування та цифрового моделювання реставрацій [34; 35]. Це дозволяє підвищити точність препарування, мінімізувати втрату твердих тканин зубів та забезпечити оптимальну маргінальну адаптацію ортопедичної конструкції, особливо в разі виготовлення безметалевих коронок із високими естетичними вимогами.

Незадовільна якість препарування асоціюється з низкою ускладнень, зокрема розвитком вторинного карієсу, пульпіту, порушенням ясенного краю, а також передчасним відторгненням ортопедичних конструкцій. За даними клінічних спостережень, одонтопрепарування без дотримання біологічної ширини або з надмірною редукцією тканин підвищує ризик втрати зуба на 18–26% упродовж перших 5 років функціонування реставрації [36].

Зважаючи на те, що незмінні ортопедичні конструкції залишаються найбільш ефективними з естетичної, функціональної та клінічної точки зору, питання вдосконалення техніки одонтопрепарування не втрачає актуальності. Оптимізація цього етапу передбачає вдосконалення технік виконання, застосування нових інструментів та цифрових технологій, що в підсумку має сприяти покращенню прогнозованості та ефективності ортопедичного лікування.

Висновки. Отже, в результаті проведеного аналізу наукових даних встановлено, що якість і наслідки одонтопрепарування залежать від цілого комплексу чинників: типу вибраного інструменту, послідовності етапів, форми та параметрів уступу, мікрорельєфу поверхні,

а також біологічної реакції тканин. Ретельне дотримання алгоритмів, заснованих на доказовій базі, та індивідуалізований підхід до препарування зубів із застосуванням авторських методик дозволяє мінімізувати ризики ускладнень, забезпечити довговічність реставрацій та біосумісність із навколишніми тканинами.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення гібридних алгоритмів одонтопрепарування, адаптованих під цифрові CAD/CAM-системи, з оціненням їх морфологічної точності, біосумісності та клінічної ефективності за створення незнімних ортопедичних конструкцій.

Список літератури

1. Serra-Pastor B., Loi I., Fons-Font A., Solá-Ruiz M. F., Agustín-Panadero R. Periodontal and prosthetic outcomes on teeth prepared with biologically oriented preparation technique: a 4-year follow-up prospective clinical study. *Journal of prosthodontic research*. 2019. Vol. 63, № 4. P. 415–420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.03.006>.
2. Ranjkesh B., Bahrami G. Objective quantitative digital evaluation of crown preparation using intraoral optical scanner: Novel preclinical teaching method. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2024. Vol. 16, № 10. P. e1233–e1238. DOI: <https://doi.org/10.4317/jced.62125>.
3. Maliuchenko M. M., Hasiuk P. A., Vorobets A. B., Dzet-siukh T. I., Kindiy D. D., Gasiuk I. A., Maliuchenko P. M. Morphological changes in tooth dentin at various stages of abrasion and their impact on the choice of orthopedic treatment. *Clinical and preventive medicine*. 2025. Vol. 40, № 2. P. 23–40. DOI: <https://doi.org/10.31612/2616-4868.2.2.025.03>.
4. Wisithphrom K., Murray P. E., About I., Windsor L. J. Interactions between cavity preparation and restoration events and their effects on pulp vitality. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. 2006. Vol. 26, № 6. P. 596–605.
5. Stähli A., Feuz S., Jutzi A. E., Berto L. P., Nietzsche S., Sculean A., Eick S. In-vitro effect of different instrumentations on adhesion of a multispecies bacterial mixture to root surfaces and the subsequent response of pulp cells. *Clinical oral investigations*. 2025. Vol. 29, № 5. P. 268. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-025-06321-5>.
6. Tuntiprawon M. Effect of tooth surface roughness on marginal seating and retention of complete metal crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1999. Vol. 81, № 2. P. 142–147. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(99\)70241-6](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(99)70241-6).
7. Dragomir L. P., Nicolae F. M., Gheorghe D. N., Popescu D. M., Dragomir I. M., Boldeanu L. et al. The Influence of Fixed Dental Prostheses on the Expression of Inflammatory Markers and Periodontal Status-Narrative Review. *Medicina* (Kaunas, Lithuania). 2023. Vol. 59, № 5. P. 941. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina59050941>.
8. Al Ankily M., Makkeyah F., Bakr M., Shamel M. Effect of Different Scaling Methods and Materials on the Enamel Surface Topography: An In Vitro SEM Study. *Journal of International Oral Health*. 2020. Vol. 12. P. 579–585. DOI: [10.4103/jioh.jioh_121_20](https://doi.org/10.4103/jioh.jioh_121_20).
9. Mancuso E., Mazzitelli C., Maravic T., Pitta J., Mengozzi A., Comba A., Baldi A., Scotti N., Mazzoni A., Fehmer V., Sailer I., Breschi L. The influence of finishing lines and margin location on enamel and dentin removal for indirect partial restorations: A micro-CT quantitative evaluation. *J Dent*. 2022. № 127:104334. DOI: [10.1016/j.jdent.2022.104334](https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104334).
10. Serbanoiu D.-C., Vartolomei A.-C., Ghiga D.-V. et al. Comparative Evaluation of Dental Enamel Microhardness Following Various Methods of Interproximal Reduction: A Vickers Hardness Tester Investigation. *Biomedicines*. 2024. Vol. 12, № 5. P. 1132. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines12051132>.
11. Dumbryte I., Linkeviciene L., Malinauskas M., Linkevicius T., Peculiene V., Tikuisis K. Evaluation of enamel micro-cracks characteristics after removal of metal brackets in adult patients. *European Journal of Orthodontics*. 2013. Vol. 35, № 3. P. 317–322. DOI: <https://doi.org/10.1093/ejo/cjr137>.
12. UM Group. Tungsten carbide dental drills. URL: <https://www.umgroupen.com/tungsten-carbide-dental-drills.html>.
13. Deng L., Nilen R., Ozbayraktar S. The Effects of Diamond Grit Characteristics on the Microstructure and Abrasion Resistance of PCDs Sintered by HPHT. *Ceramic Engineering and Science Proceedings*. 2018. Vol. 38, Issue 2. DOI: [10.1002/9781119474678.ch1](https://doi.org/10.1002/9781119474678.ch1).
14. Burdental. The differences between diamond discs, stainless steel discs, and stone discs in dental laboratories. URL: <https://www.burdental.com/blog/the-differences-between-diamond-discs--stainless-steel-discs--and-stone-discs-in-dental-laboratories> (дата звернення: 29.07.2025).
15. Yan W., Jiang E., Renteria C. et al. Odontoblast apoptosis and intratubular mineralization of sclerotic dentin with aging. *Archives of oral biology*. 2022. Vol. 136. Article 105371. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2022.105371>.
16. Velioglu N., Gumus Çabuk G., Abdulai D., Geduk G., Cengiz S. Comparison of digital and traditional assessment methods in crown preparation: Pilot study. *International Journal of Applied Dental Sciences*. 2023. Vol. 9, № 4. P. 17–22. DOI: [10.22271/oral.2023.v9.i4a.1843](https://doi.org/10.22271/oral.2023.v9.i4a.1843).
17. Jovanovic M., Zivkovic N., Gligorijevic N. et al. Cytomorphometric and Clinical Changes in Gingival Tissue after Subgingival Tooth Preparation-A Pilot Study. *Healthcare* (Basel, Switzerland). 2023. Vol. 11, № 3. P. 414. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare11030414>.
18. Van Meerbeek B., Van Landuyt K., De Munck J. et al. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dental materials journal*. 2005. Vol. 24, № 1. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.4012/dmj.24.1>.
19. Reddy M., Reddy V., Basappa N. A comparative study of retentive strengths of zinc phosphate, polycarboxylate and glass ionomer cements with stainless steel crowns – An in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2010. Vol. 28. P. 245–250. DOI: [10.4103/0970-4388.76150](https://doi.org/10.4103/0970-4388.76150).
20. Wiyono H., Meidyawati R., Putranto A. Penetration of Universal Adhesive System after Smear Layer Removal on Dentin Using Tamarindus indica Solution. *Open Dentistry Journal*. 2024. Vol. 18. Article e18742106312888. DOI: <https://doi.org/10.2174/0118742106312888240806072708>.

21. Podhorsky A., Rehmann P., Wöstmann B. Tooth preparation for full-coverage restorations – a literature review. *Clinical Oral Investigations*. 2015. Vol. 19. P. 959–968. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1439-y>.
22. Ünlü N., Ayar M. K., Aydın M. Marginal and internal fit of heat pressed and CAD/CAM fabricated all-ceramic onlays after aging. *European Journal of Dentistry*. 2020. Vol. 14, № 1. P. 92–97. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1708674>.
23. Sharma E., Sangha R., Thind S. et al. Impact of restorative dental procedures on periodontal health: A comprehensive review. *Journal of Oral Medicine Oral Surgery Oral Pathology and Oral Radiology*. 2024. P. 1–8.
24. Christensen G. J. Ongoing changes in fixed prosthodontics, 2007. *Journal of the American Dental Association* (1939). 2007. Vol. 138, № 9. P. 1257–1259. DOI: <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2007.0352>.
25. Shillingburg H. T., Hobo S., Whitsett L. D., Jacobi R., Brackett S. E. Fundamentals of Fixed Prosthodontics. 4th ed. Chicago: Quintessence Publishing, 2003. 464 p.
26. Shillingburg H. T., Hobo S., Whitsett L. D., Jacobi R., Brackett S. E. Fundamentals of fixed prosthodontics. 3rd ed. Chicago: Quintessence, 1997. 185 p.
27. Laguna-Martos M., Cascos R., Agustín-Panadero R. et al. A biologically oriented preparation technique (BOPT) for immediate posterior implant placement, immediate provisionalization, and definitive implant crown fabrication: A complete digital workflow. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2024. Vol. 36, № 2. P. 270–277. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.13126>.
28. Agustín-Panadero R., Loi I., Fons-Badal C. et al. Periodontal Behavior of Full-Coverage Restorations Using a Biologically Oriented Preparation Technique (BOPT): A 10-Year Prospective Clinical Study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2025. Vol. 0, № 0. P. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.11607/prd.7581>.
29. Lustig L. P., Marxkors R. Diskussionsbemerkung zum Beitrag D. Dreher und R. Marxkors, Beschleifen von Zähnen mit erkennbarer Präparationsgrenze. *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift*. 1974. Vol. 29, No. 1. P. 66–67.
30. Logan E. M. Dentistry's Business Secrets: Proven Growth Strategies for Your New or Existing Practice / E. M. Logan. – Bloomington: AuthorHouse, 2011. – 141 p.; Thomas G. Scott. Perkins: No Simple Dentist / G. Thomas. Dentaltown. – 2006. № 1. P. 20–24.
31. Massironi D., Pascetta R., Romeo G. Präzision in dentaler Ästhetik: klinische und zahntechnische Aspekte. Berlin: Quintessenz, 2008. 464 s.
32. Mykhaylyuk N. Digitalization: New era of dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2024. Vol. 131, № 6. P. 988–989. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2024.03.002>.
33. Zena R. B., Khan Z., von Fraunhofer J. A. Shoulder preparations for collarless metal ceramic crowns: hand-planning as opposed to rotary instrumentation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1989. Vol. 62, № 3. P. 273–277. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(89\)90331-4](https://doi.org/10.1016/0022-3913(89)90331-4).
34. Zou Y., Zhan D., Xiang J., Li L. Clinical research on restorations using CAD/CAM-fabricated monolithic zirconia endocrowns and post and core crowns after up to 5 years. *International Journal of Computerized Dentistry*. 2022. Vol. 25, № 3. P. 287–294. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.ijcd.b2599661>.
35. Pham L. A. T., Doan T. M., Tran T. T. T. et al. Effectiveness of a digital educational system on the learners' performance in preclinical fixed prosthodontic training. *BDJ Open*. 2025. Vol. 11. Article 54. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41405-025-00344-6>.
36. Sengottaiyan A. K., Bennani V., Veerasamy A. Influence of tooth preparation design on margin discrepancy and internal gap in digitally fabricated fixed complete coverage zirconia prostheses: A systematic review of in vitro studies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2025. Advance online publication. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.04.030>.

References

1. Serra-Pastor, B., Loi, I., Fons-Font, A., Solá-Ruiz, M. F., & Agustín-Panadero, R. (2019). Periodontal and prosthetic outcomes on teeth prepared with biologically oriented preparation technique: A 4-year follow-up prospective clinical study. *Journal of Prosthodontic Research*, 63(4), 415–420. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.03.006>
2. Ranjkesh, B., & Bahrami, G. (2024). Objective quantitative digital evaluation of crown preparation using intraoral optical scanner: Novel preclinical teaching method. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 16(10), e1233–e1238. <https://doi.org/10.4317/jced.62125>
3. Maliuchenko, M. M., Hasiuk, P. A., Vorobets, A. B., Dzetsiukh, T. I., Kindiy, D. D., Gasiuk, I. A., & Maliuchenko, P. M. (2025). Morphological changes in tooth dentin at various stages of abrasion and their impact on the choice of orthopedic treatment. *Clinical and Preventive Medicine*, 40(2), 23–40. doi:10.31612/2616-4868.2.2025.03.
4. Wisithphrom, K., Murray, P. E., About, I., & Windsor, L. J. (2006). Interactions between cavity preparation and restoration events and their effects on pulp vitality. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 26(6), 596–605.
5. Stähli, A., Feuz, S., Jutzi, A. E., Berto, L. P., Nietzsche, S., Sculean, A., & Eick, S. (2025). In-vitro effect of different instrumentations on adhesion of a multispecies bacterial mixture to root surfaces and the subsequent response of pulpal cells. *Clinical Oral Investigations*, 29(5), 268. doi:10.1007/s00784-025-06321-5.
6. Tuntiprawon, M. (1999). Effect of tooth surface roughness on marginal seating and retention of complete metal crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 81(2), 142–147. doi:10.1016/s0022-3913(99)70241-6.
7. Dragomir, L. P., Nicolae, F. M., Gheorghe, D. N., Popescu, D. M., Dragomir, I. M., Boldeanu, L., et al. (2023). The influence of fixed dental prostheses on the expression of inflammatory markers and periodontal status – Narrative review. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 59(5), 941. doi:10.3390/medicina59050941.
8. Al Ankily, M., Makkeyah, F., Bakr, M., & Shamel, M. (2020). Effect of different scaling methods and materials on the enamel surface topography: An in vitro SEM study. *Journal of International Oral Health*, 12, 579–585. doi:10.4103/jioh.jioh_121_20.
9. Mancuso, E., Mazzitelli, C., Maravic, T., Pitta, J., Mengozzi, A., Comba, A., Baldi, A., Scotti, N., Mazzoni, A., Fehmer, V., Sailer, I., & Breschi, L. (2022). The influence of finishing lines and margin location on enamel and dentin removal for indirect partial restorations: A micro-CT quantitative evaluation. *Journal of Dentistry*, 127, 104334. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104334/
10. Serbanoiu, D.-C., Vartolomei, A.-C., Ghiga, D.-V., et al. (2024). Comparative evaluation of dental enamel microhardness following various methods of interproximal reduction: A Vickers hardness tester investigation. *Biomedicine*, 12(5), 1132. doi:10.3390/biomedicine12051132.

11. Dumbryte, I., Linkeviciene, L., Malinauskas, M., Linkevicius, T., Peculiene, V., & Tikusis, K. (2013). Evaluation of enamel micro-cracks characteristics after removal of metal brackets in adult patients. *European Journal of Orthodontics*, 35(3), 317–322. doi: 10.1093/ejo/cjr137.
12. UM Group. (n.d.). Tungsten carbide dental drills. Retrieved from: <https://www.umgroupen.com/tungsten-carbide-dental-drills.html>
13. Deng, L., Nilen, R., & Ozbayraktar, S. (2018). The effects of diamond grit characteristics on the microstructure and abrasion resistance of PCDs sintered by HPHT. *Ceramic Engineering and Science Proceedings*, 38(2) doi: 10.1002/9781119474678.ch1.
14. Burdental. (n.d.). The differences between diamond discs, stainless steel discs, and stone discs in dental laboratories [Vidminnosti mizh almaznymi, nerezhostalevymy ta kam'ianymy diskamy v stomatolohichnykh laboratoriiakh]. Retrieved July 29, 2025, <https://www.burdental.com/blog/the-differences-between-diamond-discs--stainless-steel-discs--and-stone-discs-in-dental-laboratories>
15. Yan, W., Jiang, E., Renteria, C., et al. (2022). Odontoblast apoptosis and intratubular mineralization of sclerotic dentin with aging. *Archives of Oral Biology*, 136, Article 105371. doi:10.1016/j.archoralbio.2022.105371.
16. Velioglu, N., Gümüş Çabuk, G., Abdulai, D., Geduk, G., & Cengiz, S. (2023). Comparison of digital and traditional assessment methods in crown preparation: Pilot study. *International Journal of Applied Dental Sciences*, 9(4), 17–22 doi: 10.22271/oral.2023.v9.i4a.1843.
17. Jovanovic, M., Zivkovic, N., Gligorijevic, N., et al. (2023). Cytomorphometric and clinical changes in gingival tissue after subgingival tooth preparation—A pilot study. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(3), 414 doi:10.3390/healthcare11030414.
18. Van Meerbeek, B., Van Landuyt, K., De Munck, J., et al. (2005). Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dental Materials Journal*, 24(1), 1–13. doi: 10.4012/dmj.24.1.
19. Reddy, M., Reddy, V., & Basappa, N. (2010). A comparative study of retentive strengths of zinc phosphate, polycarboxylate and glass ionomer cements with stainless steel crowns – An in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 28, 245–250. doi: 10.4103/0970-4388.76150.
20. Wiyono, H., Meidyawati, R., & Putranto, A. (2024). Penetration of universal adhesive system after smear layer removal on dentin using Tamarindus indica solution. *Open Dentistry Journal*, 18, Article e18742106312888. doi: 10.2174/0118742106312888240806072708.
21. Podhorsky, A., Rehmann, P., & Wöstmann, B. (2015). Tooth preparation for full-coverage restorations – a literature review. *Clinical Oral Investigations*, 19, 959–968. doi:10.1007/s00784-015-1439-y.
22. Ünlü, N., Ayar, M. K., & Aydın, M. (2020). Marginal and internal fit of heat pressed and CAD/CAM fabricated all-ceramic onlays after aging. *European Journal of Dentistry*, 14(1), 92–97. doi:10.1055/s-0040-1708674.
23. Sharma, E., Sangha, R., Thind, S., et al. (2024). Impact of restorative dental procedures on periodontal health: A comprehensive review. *Journal of Oral Medicine, Oral Surgery, Oral Pathology and Oral Radiology*, 1–8. doi: 10.1016/j.oooo.2024.01.001.
24. Christensen, G. J. (2007). Ongoing changes in fixed prosthodontics, 2007. *Journal of the American Dental Association* (1939), 138(9), 1257–1259. doi: 10.14219/jada.archive.2007.0352.
25. Shillingburg, H. T., Hobo, S., Whitsett, L. D., Jacobi, R., & Brackett, S. E. (2003). *Fundamentals of fixed prosthodontics* (4th ed.). Chicago: Quintessence Publishing.
26. Shillingburg, H. T., Hobo, S., Whitsett, L. D., Jacobi, R., & Brackett, S. E. (1997). *Fundamentals of fixed prosthodontics* (3rd ed.). Chicago: Quintessence.
27. Laguna-Martos M, Cascos R, Agustín-Panadero R, Gómez-Polo M, Revilla-León M. A biologically oriented preparation technique (BOPT) for immediate posterior implant placement, immediate provisionalization, and definitive implant crown fabrication: a complete digital workflow. *J Esthet Restor Dent*. 2024;36(2):270–7. doi: 10.1111/jerd.13126.
28. Agustín-Panadero, R., Loi, I., Fons-Badal, C., et al. (2025). Periodontal behavior of full-coverage restorations using a biologically oriented preparation technique (BOPT): A 10-year prospective clinical study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, Advance online publication, 1–23. doi: 10.11607/prd.7581.
29. Lustig, L. P., & Marxkors, R. (1974). Diskussionsbemerkung zum Beitrag D. Dreher und R. Marxkors, Beschleifen von Zähnen mit erkennbarer Präparationsgrenze. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 29(1), 66–67.
30. Logan, E. M. (2011). *Dentistry's business secrets: Proven growth strategies for your new or existing practice*. Bloomington: AuthorHouse.
31. Massironi, D., Pascetta, R., & Romeo, G. (2008). Präzision in dentaler Ästhetik: klinische und zahntechnische Aspekte [Precision in dental aesthetics: Clinical and dental technical aspects]. Berlin: Quintessenz.
32. Mykhaylyuk, N. (2024). Digitalization: New era of dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 131(6), 988–989. doi: 10.1016/j.prosdent.2024.03.002.
33. Zena, R. B., Khan, Z., & von Fraunhofer, J. A. (1989). Shoulder preparations for collarless metal ceramic crowns: Hand-planning as opposed to rotary instrumentation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 62(3), 273–277. doi: 10.1016/0022-3913(89)90331-4.
34. Zou, Y., Zhan, D., Xiang, J., & Li, L. (2022). Clinical research on restorations using CAD/CAM-fabricated monolithic zirconia endocrowns and post and core crowns after up to 5 years. *International Journal of Computerized Dentistry*, 25(3), 287–294. doi: 10.3290/j.ijcd.b2599661.
35. Pham, L. A. T., Doan, T. M., Tran, T. T. T., et al. (2025). Effectiveness of a digital educational system on the learners' performance in preclinical fixed prosthodontic training. *BDJ Open*, 11, Article 54. doi: 10.1038/s41405-025-00344-6.
36. Sengottaiyan, A. K., Bennani, V., & Veerasamy, A. (2025). Influence of tooth preparation design on margin discrepancy and internal gap in digitally fabricated fixed complete coverage zirconia prostheses: A systematic review of in vitro studies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Advance online publication. doi: 10.1016/j.prosdent.2025.04.030.