

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

САРДИКОВ ЄВГЕНІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 616.314.11:616.314-74-071

ДИСЕРТАЦІЯ
КЛІНІКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАМІЩЕННЯ
ЧАСТКОВИХ ДЕФЕКТІВ КОРОНКОВИХ ЧАСТИН ЗУБІВ
ВКЛАДКАМИ

22 – Охорона здоров'я

221 – Стоматологія

Подається на здобуття наукового ступеня
доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Євгеній САРДИКОВ

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник: д.мед.н., професор **Фастовець Олена Олександрівна**

Дніпро – 2025

АНОТАЦІЯ

Сарди́ков Є. А. *Клініко-експериментальне обґрунтування заміщення часткових дефектів коронкових частин зубів вкладками.* – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 22 – Охорона здоров'я, зі спеціальності 221 - Стоматологія. – Дніпровський державний медичний університет, Дніпро, 2025.

Часткові дефекти коронкових частин зубів каріозного походження є найпоширенішим захворюванням в стоматологічній практиці, що потребує відновлювального лікування зруйнованих тканин зуба. Звідси, мета представленої роботи – підвищити ефективність заміщення часткових дефектів коронкових частин зубів вкладками завдяки вивченню результативності їх застосування шляхом мікробіологічного, експериментального математичного та клінічного дослідження.

Для виконання поставленої мети робота проводилась у три етапи, що різнилися об'єктами та методами дослідження.

На першому етапі роботи проведено бактеріологічне дослідження дентального нальоту та слини серед 90 учасників дослідної групи та 20 – контрольної. При цьому було отримано 395 унікальні ізоляти (338 від пацієнтів із карієсом зубів та 57 – від здорових добровольців). Згідно з отриманими результатами всі зразки від учасників дослідження були позитивні на мікробіоту. Мікробіоценоз ротової порожнини, асоційований з розвитком каріозного процесу, містив еудомінанти *Streptococcus mutans*, *Fusobacterium spp.*, *Peptostreptococcus spp.*, *Prevotella spp.*, а також домінанти *Streptococcus pyogenes*, *Enterobacterales*, *Prevotella spp.*, *Candida albicans*. Еудомінантами ротової порожнини здорових осіб визначені мікроорганізми з відомими коменсальними властивостями: *Streptococcus salivarius*, *Aerococcus viridans*, *Veillonella spp.* Після проведення відновлювального лікування спостерігали суттєві зміни в таксономічному складі дентальної біоплівки. Мікробіоценоз ротової порожнини дослідних, яким дефекти коронкових

частин зубів відновлені цирконієвими вкладками, наближався за своїм складом до здорових осіб. Еудомінантами ротового мікробіоценозу учасників, яким дефекти зубів відновлені прямими композитними реставраціями, були *Streptococcus mitis*, *Peptostreptococcus spp.* та *Veillonella spp.*, домінантами – *Propionibacterium spp.* При виготовленні цирконієвих вкладок еудомінантами були коменсали *S. salivarius* та *A. viridans*. Отримані ізоляти опортуністів характеризувалися високими вірулентними властивостями. Культури *Streptococcus spp.* виявилися чутливими до скринінгу до норфлораксацину лише в 28,6 % випадків. Серед культур роду *Staphylococcus* 23,8 % були метицилін-резистентними. Представники *Enterobacterales* мали хіміотерапевтичну чутливість, що суттєво коливалася в залежності від групи протимікробних засобів. При використанні дисків із фенілбороновою кислотою, етилендіамінтетраоцтовою кислотою та клоксациліном, встановлено, що культури *Klebsiella spp.* були продуцентами карбапенемаз. В цілому продуцентами карбапенемаз були щонайменше 65,2% виявлених культур неферментуючих грам-негативних мікроорганізмів. Всі отримані ізоляти були наділені здатністю до утворення біоплівки.

На другому етапі дослідження нами здійснено порівняння напружено-деформованих станів імітаційних моделей «зуб – реставрація» для першого нижнього моляру при застосуванні різних конструкційних матеріалів: композиту, кераміки та діоксиду цирконію. Комп'ютерні імітаційні моделі біомеханічних систем отримували шляхом цифрового сканування першого нижнього моляра в форматі STEP. Контроль здійснювали у формі числових характеристик і графічної візуалізації в програмі EXOCAD. Для проведення розрахунків застосовано метод скінчених елементів, інформаційні технології та програмні коди системи ANSYS Workbench 12.1. Після тестування розроблених дискретних моделей їх перевіряли на відповідність та збіг чисельних результатів у полях високих градієнтів напруги із застосуванням програмного забезпечення ANSYS 12.1. Аналізу підлягали максимальні величини переміщень, градієнтів та амплітуд еквівалентної за Мізесом

напруги в структурних елементах кожної з трьох біомеханічних систем «зуб – реставрація». Значення величин напруги приводили із застосуванням методу лінійного масштабування даних чисельного розв'язання крайових задач теорії пружності для малих величин деформацій при функціональному силовому навантаженні першого нижнього моляра у 100 Н. Розрахункові величини коефіцієнтів запасу міцності структурних елементів біомеханічних систем обчислювали, як відношення величин межі міцності до максимальних розрахункових величин еквівалентної за Мізесом напруги, масштабованих із коефіцієнтом 10 для силового навантаження в 100 Н. Таким чином було встановлено, що найбільші градієнти напруги реєструються в ділянці цементного прошарку. Утім, характер передачі зусиль, також як і поля напруги, різняться для застосованих конструкційних матеріалів. Так, максимальна напруга спостерігалася при використанні в моделі композитної вкладки в локальній зоні розташування поверхні силового навантаження в ділянці цементного прошарку. Для керамічної реставрації, максимальна напруга зареєстрована на нижній опорній поверхні контакту з вкладкою, де її величини були в 1,4 рази більшими, аніж на решті поверхонь. Аналіз локалізації зон максимальної напруги для цирконієвої вкладки виявив їх переважну локалізацію в центрі її оклюзійної поверхні та в ділянці зміни її просторової конфігурації на межі з цементом. Найбільші значення напруги поряд з найменшими коефіцієнтами запасу міцності, виявлені для моделі зуба, дефект якого відновлений композитом, що свідчить про найменшу витривалість даного матеріалу до функціонального навантаження. Тоді як цирконієва вкладка забезпечувала оптимальний розподіл напруги та характеризувалася найбільшим коефіцієнтом запасу міцності, що робить її застосування найбільш прийнятним методом відновлення коронкової частини моляра.

На третьому етапі виконання дисертаційного дослідження проліковано 90 пацієнтів із частковими дефектами коронкових частин першого та другого молярів на обох щелепах II класу за Блеком. До дослідження залучали осіб

молодого віку за ВООЗ, середній вік дослідних склав $28,0 \pm 3,1$ років. Пацієнти були розділені на 3 групи по 30 дослідних, рівнозначні за віком, статтю та клінічною картиною. У першій групі для відновлення часткових дефектів коронкових частин зубів виготовлено 144 прямих композитних реставрацій. При цьому контроль оклюзійних співвідношень здійснювали в динамічній оклюзії за допомогою артикуляційного паперу різної товщини Bausch (Germany). Пацієнтам другої дослідної групи виготовлено 137 металокерамічних вкладок типу onlay за традиційною технологією, що передбачала отримання відбитків, відливання моделей, загіпсування їх в універсальний артикулятор, налаштований за допомогою лицевої дуги. В третій дослідній групі протезування часткових дефектів коронкових частин молярів проводили із застосуванням CAD/CAM технології виготовлення цирконієвих конструкцій на обладнанні Fona Dental (Italy). Даний метод був використаний для виготовлення 122 вкладок. Отримані результати дослідних груп зіставляли з даними контрольної групи, до якої увійшло 10 осіб молодого віку з інтактними зубними рядами та здоровими тканинами пародонта.

Клінічні дослідження проводили в найближчий та віддалений термін (12 місяців) після лікування. Оцінку реставрацій здійснювали, використовуючи модифіковані критерії Служби охорони здоров'я США (United States Public Health Service, USPHS). Для описання стану тканин пародонта використовували індекс гігієни та гінгівіту за Сілнес-Лоу та методику визначення глибини зондування тканин пародонта за Вільямсом. Аналіз оклюзійних співвідношень здійснювали за міжзубними контактами на діагностичних моделях, загіпсованих в артикуляторі, та за допомогою програмного забезпечення Fona 1.1.0.

Встановлено, що відразу після проведеного лікування всі виконані реставрації відповідали вимогам за всіма критеріями. Тоді як через 12 місяців успішними були 95,8 % прямих композитних реставрацій, 97,0 % металокерамічних та 100 % цирконієвих. Причиною невдалих композитних

реставрацій в усіх випадках було надмірне стирання оклюзійної поверхні. Для металокерамічних вкладок проблема неефективного відновлювального лікування полягала в порушенні крайового прилягання. Відновлення апроксимальних поверхонь бокових зубів композитними матеріалами викликало погіршення гігієни ротової порожнини та призводило до розвитку маргінального гінгівіту. Навпаки, протезування вкладками супроводжувалося задовільним станом тканин пародонта. Застосування цирконієвих вкладок забезпечувало найкращий пародонтальний статус опорних зубів за показниками зубної бляшки, ясенного індексу та глибини зондування. Відновлення оклюзійних співвідношень в найближчий термін спостереження доводить, що якісний результат зубних реставрацій з позицій гнатології можна забезпечити як застосуванням методу клінічної оклюзіографії, так і моделюванням оклюзійних поверхонь реставрацій в артикуляторі, а також шляхом CAD/CAM моделювання. У свою чергу, через рік після проведеного лікування збереження оклюзійного балансу реєструвалося тільки у пацієнтів із непрямыми реставраціями. Цирконієві вкладки забезпечили збереження функціональної динамічної оклюзії в 100 % випадків порівняно з 90,0 % для металокерамічних вкладок та 53,0 % для композитних реставрацій. При відновленні дефектів зубів прямими реставраціями на оклюзіограмі в 30,0 % пацієнтів спостерігали зафарбовування супраконтатів лише зеленого кольору, тоді як у 17,0 % – червоного. Центричні супраконтати встановлені для 30,0 % дослідних з групи композитних реставрацій, а ексцентричні – для 40,0 %. Міжзубні контакти, які гіпербалансують, зареєстровані у 7,0 % спостережень.

Отже, досягти ефективного відновлення часткових дефектів бокових зубів можливо із застосуванням як прямих композитних реставрацій та непрямих металокерамічних і цирконієвих. Проте найбільшу ефективність за критеріями якості реставрацій, стану тканин пародонта, характеру оклюзійних співвідношень демонструють вкладки на основі діоксиду цирконію, виготовлені із застосуванням CAD/CAM технології.

Ключові слова: моляри, реставрації, вкладки, композити, кераміка, цирконій, мікробіологічне дослідження, оральний мікробіоценоз, резистентність, адгезивність, метод скінчених елементів, напружено-деформовані стани, пародонтальний статус, оклюзія.

SUMMARY

Sardykov Y. A. *Clinical and experimental justification of restoring partial defects of crown parts of teeth with onlays.* – Qualifying scientific work on the manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the field 22 – Medical Care, in specialty 221 – Stomatology. – Dnipro State Medical University, Dnipro, 2025.

Partial defects of crown parts of teeth of carious origin are the most common disease in dental practice, requiring restorative treatment of destroyed tooth tissues. So, the purpose of the presented work is to increase the efficiency of restoring partial defects of crown parts of teeth with onlays by studying the effectiveness of their use through microbiological, experimental mathematical and clinical researches.

To achieve the aim, the work was carried out in three stages, which differed in objects and methods of research.

At the first stage of the work, a bacteriological study of dental plaque and saliva was conducted among 90 participants of the experimental group and 20 of the control group. Thus, 395 unique isolates were obtained (338 from patients with dental caries and 57 from healthy volunteers). According to the obtained results, all samples from all the participants were positive for microbiota. Associated with the development of the carious process oral microbiocenosis contained eudominants *Streptococcus mutans*, *Fusobacterium spp.*, *Peptostreptococcus spp.*, *Prevotella spp.*, and dominants *Streptococcus pyogenes*, *Enterobacterales*, *Prevotella spp.*, *Candida albicans*. The eudominants of the healthy individuals' oral cavities were identified as microorganisms with known commensal properties *Streptococcus salivarius*, *Aerococcus viridans*, *Veillonella spp.* After restorative treatment, significant changes were observed in the taxonomic composition of the dental plaque. The oral microbiocenosis of the persons with zirconium onlays was similar in composition to that of healthy individuals. The eudominants of the oral microbiocenosis of the persons with direct composite restorations were *Streptococcus mitis*, *Peptostreptococcus spp.* and *Veillonella spp.*, and the

dominants were *Propionibacterium spp.* When zirconium onlays were used, the eudominants were the commensals *S. salivarius* and *A. viridans*. The obtained opportunistic isolates were characterized by high virulence properties. *Streptococcus spp.* cultures were sensitive to screening for norfloxacin only in 28.6 % of cases. Among the *Staphylococcus spp.*, 23.8 % were methicillin-resistant. Representatives of *Enterobacterales* had chemotherapeutic sensitivity, which significantly varied depending on the group of antimicrobial agents. When using discs with phenylboronic acid, ethylenediaminetetraacetic acid and cloxacillin, it was found that the cultures of *Klebsiella spp.* were carbapenemase producers. In general, at least 65.2 % of the identified cultures of non-fermenting gram-negative microorganisms were carbapenemase producers. All obtained isolates were endowed with the ability to form biofilms.

At the second stage of the work, we compared the stress-strain states of the simulation models “tooth – restoration” for the first mandibular molar when using different structural materials: composite, ceramic and zirconium dioxide. Computer simulation models of biomechanical systems were obtained by digital scanning of the first mandibular molar in STEP format. Control was carried out in the form of numerical characteristics and graphic visualization in the EXOCAD program. The finite element method, information technologies and program codes of the ANSYS Workbench 12.1 system were used to perform calculations. After testing the developed discrete models, they were checked for compliance and coincidence of numerical results in fields of high stress gradients using the ANSYS 12.1 software. The maximum values of displacements, gradients and amplitudes of the equivalent stress according to Mises in the structural elements of each of the three biomechanical systems “tooth – restoration” were subject to analysis. The stress values were derived using the method of linear scaling of the data of the numerical solution of boundary value problems of the theory of elasticity for small deformation values at a functional force load of the first mandibular molar of 100 N. The values of the safety factor of the structural elements of biomechanical systems were calculated as the ratio of the values of the ultimate strength to the

maximum values of the equivalent Mises stress, scaled by a factor of 10 for a force load of 100 N. Thus, it was established that the largest stress gradients are recorded in the area of the cement layer. However, the nature of the force transfer, as well as the stress fields, differ for the used structural materials. Thus, the maximum stress was observed in the model of a composite onlay, in the local area of the force load surface in the area of the cement layer. For ceramic restorations, the maximum stress was recorded on the lower supporting surface of contact with the onlay, where its values were 1.4 times higher than on the other surfaces. Analysis of the localization of the maximum stress zones for the zirconium onlay revealed their predominant localization in the center of its occlusal surface and in the area of change in its spatial configuration at the border with cement. The highest stress values along with the lowest safety factors were found for the tooth model, the defect of which was restored with a composite, which indicates the lowest endurance of this material to functional loading. While the zirconium onlay provided optimal stress distribution and it was characterized by the highest safety factor, which makes its use the most acceptable method of restoring the crown part of the molar.

At the third stage of the research, 90 patients with partial defects of crowns of the first and second molars on both jaws with caries decay by Black class II were treated. The study involved young people according to WHO, the average age of the subjects was 28.0 ± 3.1 years. The patients were divided into 3 groups of 30 subjects, equivalent in age, gender and clinical picture. In the first group, 144 direct composite restorations were made to restore partial defects of the crown parts of the teeth. At the same time, the control of occlusal relations was carried out in dynamic occlusion using articulating paper of different thicknesses by Bausch (Germany). The patients of the second research group were made 137 metal-ceramic onlays using traditional technology, which involved taking impressions, casting models, and fixing them in a universal articulator adjusted using a face bow. In the third experimental group, prosthetics of partial defects of the crown parts of molars were performed using CAD/CAM technology for

manufacturing zirconium dioxide on Fona Dental (Italy) equipment. This method was used to manufacture 122 onlays. The results of the experimental groups were compared with the data of the control group, which included 10 young people with intact dentitions and healthy periodontal tissues.

Clinical studies were conducted in the nearest and long (12 months) terms after treatment. The restorations were assessed using modified United States Public Health Service (USPHS) criteria. The Plaque and Gingiva Index by Silness & Loe and Probing Pocket Depth using William's periodontal probing were used to describe the state of periodontal tissues. The occlusal relationships were analyzed using intercuspitation on casted in articulator diagnostic models and using Fona 1.1.0 software.

It was found that immediately after the treatment, all the performed restorations met the requirements according to all criteria. While after 12 months, 95.8 % of direct composite restorations, 97.0 % of metal-ceramic and 100 % of zirconia restorations were successful. The reason for the unsuccessful composite restorations in all cases was excessive wear of the occlusal surface. For metal-ceramic onlays, the problem of ineffective restorative treatment was the disorders of the marginal fit. Restoration of the proximal surfaces of the distal teeth with composite materials caused problems with oral hygiene and led to the development of marginal gingivitis. On the contrary, prosthetics with onlays was accompanied by a satisfactory condition of the periodontal tissues. The use of zirconia onlays provided the best periodontal status of the abutment teeth in terms of dental plaque, gingival index and probing depth. The restoration of occlusal relationships in the nearest period proves that a high-quality result of dental restorations from the point of view of gnathology can be ensured both by using the method of clinical occlusiography and by modeling the occlusal surfaces of restorations in the articulator, and by CAD/CAM modeling. In turn, a year after the treatment, the preservation of occlusal balance was registered only in patients with indirect restorations. Zirconium onlays ensured the preservation of functional dynamic occlusion in 100 % of cases compared to 90.0 % for metal-ceramic onlays and 53.0

% for composite restorations. When restoring tooth defects with direct restorations, the occlusiogram showed only green staining of supracontacts in 30.0 % of patients, while in 17.0 % they were red. Centric supracontacts were installed for 30.0 % of the persons from the composite restoration group, and eccentric ones for 40.0 %. Hyperbalanced interdental contacts were registered in 7.0 % of observations.

Therefore, it is possible to achieve effective restoration of partial defects of distal teeth using both direct composite restorations and indirect metal-ceramic and zirconium restorations. However, the greatest efficiency by criteria of the quality of restorations, the state of periodontal tissues, and the occlusion is demonstrated by zirconium dioxide onlays, manufactured using CAD/CAM technology.

Keywords: *molars, restorations, onlays, composites, ceramics, zirconium, microbiological research, oral microbiocenosis, resistance, adhesiveness, finite element method, stress-strain states, periodontal state, occlusion.*

Список публікацій здобувача

Список наукових праць, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Fastovets O.O., Sardykov Y. A., Matvieienko R. Y., Shtepa V.O. Clinical comparison of different methods of posterior teeth restoration. *Світ медицини та біології*. 2024. № 2 (88). 167-171. DOI: 10.26724/2079-8334-2024-2-88-167-171. *(Здобувачем особисто проведено клінічні дослідження, самостійно опрацьовані отримані результати, сформульовано висновки та підготовлена стаття до друку).*

2. Сардіков Є.А., Іщенко О.В., Фастовець О.О. Стан мікробіоценозу ротової порожнини за різних методів заміщення дефектів коронкових частин зубів. *Медичні перспективи*. 2024. Т. 29, № 3. С. 151-161. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.3.313603>. *(Здобувач особисто брав участь у проведенні клінічних та мікробіологічних досліджень, ним узагальнені отримані результати, сформульовані висновки та підготовлена стаття до друку).*

3. Сардіков Є. А., Крищук М. Г., Фастовець О. О., Матвєєнко Р. Ю. Результати дослідження напружено-деформованих станів коронкових частин молярів, відновлених композитними, керамічними та цирконієвими вкладками. *Медичні перспективи*. 2024. Т. 29, № 4. С. 47-57. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.4.319183>. *(Здобувачем створена комп'ютерна модель, проведено розрахунки напружено-деформованих станів, проведений порівняльний аналіз із даними попередників, сформульовано висновки та підготовлено статтю до друку.)*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Сардіков Є. А. Вивчення мікробіоценозу ротової порожнини при відновлювальному лікуванні дефектів твердих тканин зубів каріозного

походження. *Новини і перспективи медичної науки: зб. мат. XXIV конф. студ. та мол. учених*: [під ред. Бондаренко Н. С.]. Дніпро, 2024. С. 146-147.

5. Sardykov Y. Oral microbiocenosis after restorative dental treatment. *Актуальні питання медицини: Мат. міжрегіон. наук.-практ. конф.* Дніпро, Європейський медичний університет, 2024. С.74-76.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	17
Вступ	19
Розділ 1. Заміщення часткових дефектів коронкових частин зубів вкладками (огляд літератури)	27
1.1. Сучасні підходи у відновленні часткових дефектів коронок зубів	27
1.2. Мікробіоценоз ротової порожнини при дефектах зубів каріозного походження до та після відновлювального лікування	37
1.3. Вивчення напружено-деформованих станів при відновленні дефектів коронкових частин зубів.....	42
Розділ 2. Об'єкти і методи дослідження.....	50
2.1. Об'єкти та методи дослідження на першому етапі роботи.....	50
2.2. Об'єкт та методи дослідження на другому етапі роботи	52
2.3. Дизайн дослідження на третьому етапі роботи	58
2.4. Статистичні методи дослідження	61
Розділ 3. Результати дослідження мікробіоценозу ротової порожнини при заміщенні часткових дефектів коронкових частин зубів різними матеріалами	63
3.1. Результати вивчення мікробіоценозу ротової порожнини пацієнтів, що мають часткові дефекти коронкової частини зубів каріозного походження (до відновлювального лікування)	63
3.2. Результати дослідження впливу часткових реставрацій зубів на мікробіоценоз ротової порожнини	68
3.3. Профіль чутливості до антибіотиків мікроорганізмів, асоційованих з розвитком каріозного процесу, що призводить до руйнування коронкових частин зубів	72
3.4. Адгезивна здатність мікроорганізмів, асоційованих з розвитком каріозного процесу, що призводить до формування часткових дефектів коронкових частин зубів	74

Розділ 4. Результати дослідження напружено-деформованих станів коронкових частин молярів, відновлених композитними, керамічними та цирконієвими вкладками	78
Розділ 5. Результати клінічного порівняння різних видів реставрацій бокових зубів	91
Аналіз і узагальнення результатів дослідження	99
Висновки	113
Практичні рекомендації	116
Список використаних джерел	119
Додатки	149

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БС –	біомеханічна система;
ВООЗ –	Всесвітня організація охорони здоров'я;
ВС –	індекс видового складу Брея-Кертіса;
IAM –	індекс адгезивності мікроорганізмів ;
MSE –	метод скінченних елементів;
НДС –	напружено-деформовані стани;
НФГНМО –	неферментуючі грам-негативні мікроорганізми;
СЕ –	скінчений елемент;
CAD/CAM –	англ. «Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing» (комп'ютерне проектування/комп'ютерне виробництво);
CDA –	англ. «California Dental Association» (Каліфорнійська стоматологічна асоціація);
CDC –	англ. «Center for Disease Control and Prevention» (Центр з контролю і профілактики захворювань);
DMFT –	англ. «decayed, missed, filled teeth» (індекс зруйнованих, видалених і пломбованих зубів);
EUCAST –	англ. «European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing» (Європейське товариство з тестування на чутливість до антибіотиків);
FDI –	англ. «World Dental Federation» (Світова стоматологічна федерація);

- MOD – англ. «medial-occlusal-distal» (мезіо-оклюзо-дистальний);
- USPHS – англ. «United States Public Health Service» (Служба охорони здоров'я США).

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми

Карієс зубів є найпоширенішим захворюванням в стоматологічній практиці, що потребує відновлювального лікування зруйнованих твердих тканин [104]. Згідно з даними ВООЗ, приблизно 2,3 мільярда людей страждають на карієс постійних зубів. Якщо до пандемії COVID-19 поширеність захворювання становила 91,8 %, із середнім значеннями індексу DMFT (зруйнованих, видалених і пломбованих зубів) 12,13, то після пандемії його поширеність знизилася до 84,5 % з індексом DMFT 10,99. Такі зміни в значеннях індексу пов'язані зі збільшенням кількості видалених зубів і зменшенням кількості пломбованих зубів [108]. Встановлена динаміка вказує на необхідність вдосконалення заходів вторинної профілактики карієсу, що дозволить збільшити кількість збережених зубів.

Також каріозне ураження зубів пов'язують із низкою факторів ризику, наслідком дії яких є екологічне переродження дентальної біоплівки, що описує гіпотеза «екологічного нальоту». Етіопатогенетичні фактори індують заселення біоплівки карієсогенними мікроорганізмами, але в фокусі не тільки спектр опортуністів, які можуть приймати участь у розвитку карієсогенної дентальної біоплівки, але й в вірулентних властивостях її складових [177, 187, 192]. Виходячи з цього, вивчення ефективності різних методів відновлювального лікування уражених карієсом зубів є доцільним в контексті модуляції орального мікробіоценозу та розвитку вторинного ураження емалі та дентин, що визначається спектром та біологічними властивостями мікробіоти, яка входить до складу дентальної біоплівки.

Застосування сучасних технологій та новітніх матеріалів дозволяє ефективно анатомо-функціональне відновлення зруйнованих карієсом твердих тканин зубів [34]. При цьому найбільш вживаними реставраційними матеріалами є композити, що стало можливим завдяки оптимізації їх складу за рахунок збільшення частки неорганічного наповнювача та вдосконалення

техніки бондінгу. Порівняно з методами непрямой реставрації переваги композитних матеріалів полягають у меншій вартості та простоті реалізації [67]. Утім, за фізико-механічними характеристиками композити суттєво поступаються кераміці та діоксиду цирконію, що ставить під питання ефективність проведеного лікування з позицій біомеханіки, особливо при відновленні молярів, які зазнають найбільшого оклюзійного навантаження. Оцінити реставраційний матеріал з цих позицій, а саме вивчити розподіл напруги при імітації оклюзійних сил, таким чином передбачивши можливі руйнування, дозволяє метод скінченних елементів (МСЕ), оснований на теорії еквівалентної напруги за Мізесом [74, 103, 120, 186].

Водночас, в клінічній практиці прямі композитні реставрації відтворюють переважно без урахування гнатологічних принципів, шляхом пришліфовування з орієнтуванням на суб'єктивні відчуття пацієнта, що згодом призводить до оклюзійних розладів [29]. Тоді як непрямі реставрації, виготовлені в лабораторних умовах із витривалих до жувального навантаження матеріалів, дозволяють більшу ефективність відновлювального лікування з позицій функціональної динамічної оклюзії.

Вибір конструкційного матеріалу відіграє на інших наслідках лікування, зокрема, впливає на маргінальну адаптацію. Зазначається, що реставрації на основі діоксиду цирконію, виготовлені за допомогою CAD/CAM технології, тобто шляхом комп'ютерного проектування та комп'ютерного виробництва, забезпечують найкращі результати щодо крайового прилягання, реакції маргінального пародонта та гігієни ротової порожнини, що пов'язано з біосумісністю матеріалу та зниженням ризику утворення мікробної біоплівки [50, 99, 115, 181].

Виходячи з усього вищезазначеного, в представленому дисертаційному дослідженні нами проведено порівняльне дослідження реставрацій, виготовлених з різних конструкційних матеріалів та за різними технологіями, при відновленні часткових дефектів коронок дистальних зубів, локалізованих на апроксимальних поверхнях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційне дослідження проведене в рамках науково-дослідних робіт кафедри ортопедичної стоматології Дніпровського державного медичного університету «Розробка методів ортопедичного лікування стоматологічних хворих із застосуванням комп'ютерного моделювання» (реєстраційний номер 0120U104363) та «Вдосконалення методів ортопедичного лікування дефектів зубів та зубних рядів» (реєстраційний номер 0123 U 104672). Дисертантом виконані окремі фрагменти зазначених НДР.

Мета і завдання дослідження

Мета роботи – підвищити ефективність заміщення часткових дефектів коронкових частин зубів вкладками завдяки вивченню результативності їх застосування шляхом мікробіологічного, експериментального математичного та клінічного дослідження.

Завдання роботи:

1. Визначити особливості мікробіоценозу дентальної біоплівки та вивчити його біологічні властивості у пацієнтів, які мають часткові дефекти коронок зубів каріозного походження.
2. Порівняти зміни мікробіоти дентальної біоплівки при відновленні часткових дефектів зубів різними реставраційними матеріалами.
3. Порівняти напружено-деформовані стани імітаційних моделей перших нижніх молярів, часткові дефекти коронок яких відновлені вкладками, виготовленими з композиту, кераміки та діоксиду цирконію.
4. Порівняти ефективність відновлювального лікування часткових дефектів коронок молярів прямими композитними реставраціями, металокерамічними та цирконієвими вкладками у найближчий термін спостереження.
5. Провести клінічну оцінку відновлення молярів прямими композитними реставраціями, металокерамічними та цирконієвими

вкладками за критеріями якості реставрацій, пародонтального здоров'я, характеру оклюзійних співвідношень у віддалений термін спостереження.

Об'єкти дослідження – мікробіота дентальної біоплівки; біомеханічні системи «зуб-реставрація» при використанні композиту, кераміки та діоксиду цирконію; моляри, реставрації дефектів їх коронок, тканини пародонта, оклюзійні співвідношення.

Предмет дослідження – ефективність заміщення часткових дефектів коронкових частин зубів реставраціями, виготовленими з різних конструкційних матеріалів.

Методи дослідження: клінічні, зокрема критеріальна оцінка якості реставрацій та індексна оцінка стану тканин пародонта, – для визначення ефективності лікування дефектів коронкових частин зубів; рентгенологічний (ортопантомографія) та комп'ютерна томографія – для оцінки стану пародонта опорних зубів; методи оцінки оклюзійних співвідношень – клінічна оклюзіографія, вивчення діагностичних моделей, CAD/CAM-технологія; мікробіологічні – для вивчення складу дентальної біоплівки та її біологічних властивостей; метод скінченних елементів для вивчення напружено-деформованих станів в біомеханічних системах «зуб – реставрація»; статистичні – для кількісного аналізу отриманих результатів дослідження, для встановлення ефективності проведеного лікування, для оцінки достовірності отриманих даних.

Наукова новизна одержаних результатів

Вперше проведено порівняння мікробіоценозу дентальної біоплівки при відновленні часткових дефектів коронок зубів різними реставраційними матеріалами до та після лікування.

Доповнено наукові дані про особливості мікробіоти, що входить до складу дентальної біоплівки та її біологічні властивості у пацієнтів, що мають каріозне ураження зубів.

Вперше проведено порівняння напружено-деформованих станів імітаційних моделей перших нижніх молярів, часткові дефекти коронок яких

відновлені вкладками, виготовленими з композиту, кераміки та діоксиду цирконію.

Вперше досліджено показники запасу міцності для різних матеріалів в біомеханічній системі «зуб – реставрація» з позицій витривалості до оклюзійного навантаження в боковій ділянці зубного ряду.

Вперше порівняно ефективність відновлювального лікування дефектів молярів різними матеріалами порівняно з використанням сукупності сучасних, зокрема комп'ютерних, методів діагностики: критеріальної оцінки якості реставрацій, стану тканин пародонта, характеру оклюзійних співвідношень.

Уточнено показники ефективності та причини невдалих реставрацій молярів при використанні різних видів матеріалів.

Доповнено наукові дані про ефективність прямих та непрямих реставрацій, виготовлених з різних матеріалів, при відновленні дефектів коронкових частин бокових зубів.

Практичне значення отриманих результатів

Доведена найбільша ефективність вкладок на основі діоксиду цирконію, виготовлених із застосуванням CAD/CAM технології, при відновленні дефектів коронкових частин бокових зубів.

Запропоновано методику визначення реставраційного матеріалу для відновлення часткових дефектів молярів з урахуванням особливостей орального мікробіоценозу та особливостей стоматологічного статусу.

Розроблено практичні рекомендації щодо оптимізації відновлювального лікування часткових дефектів коронок зубів на підставі проведених клінічних та експериментальних досліджень.

Доведена необхідність моніторингу якості відновлювального лікування молярів із застосуванням модифікованих критеріїв якості реставрацій, індексної оцінки стану пародонта, а також комп'ютерного аналізу оклюзії.

Показана необхідність застосування мікробіологічного дослідження дентальної біоплівки для визначення суттєвих розладів орального

мікробіоценозу з метою раціонального вибору реставраційного матеріалу та заходів профілактики вторинного карієсу.

Визначено групи ризику щодо виникнення ускладнень часткових реставрацій зубів, що потребують виготовлення вкладок на основі діоксиду цирконію із застосуванням CAD/CAM технології, при відновленні дефектів коронкових частин бокових зубів.

Результати роботи впроваджені в стоматологічних установах міст Дніпра та Кривого Рога, а матеріали дисертації використовуються в навчально-педагогічному процесі Дніпровського державного медичного університету.

Особистий внесок здобувача

Дисертантом особисто обрано напрямок наукових досліджень, а також доведено його своєчасність та практичне значення на теперішньому етапі розвитку стоматології шляхом аналізу сучасної вітчизняної та іноземної літератури.

Здобувач самостійно сформулював мету та визначив завдання дисертаційного дослідження, розрахував необхідний репрезентативний обсяг спостережень, визначив найбільш інформативні сучасні методи дослідження та реконструктивного лікування часткових дефектів коронкових частин зубів, а також оволодів ними.

Дисертантом організовано та проведено клінічні, мікробіологічні та експериментальні дослідження.

Проведення розрахунку напружено-деформованих станів в біомеханічних системах із використанням методу скінчених елементів здійснювалося за консультуванням професора кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів Київського політехнічного інституту імені І. Сікорського, професора, д. техн. н. Крищука М. Г.

Здобувачем особисто систематизовано та статистично опрацьовано отримані дані. Він самостійно склав висновки та розробив практичні рекомендації.

Апробація результатів дисертації

Результати роботи доповідалися та обговорювалися на XXIV конференції студентів та молодих учених «Новини і перспективи медичної науки» (10 травня 2024 р., м. Дніпро), на міжрегіональній науково-практичній конференції, організованій Європейським медичним університетом (23-24 травня 2024 р., Дніпро).

Публікації

За темою дисертації опубліковано 5 наукових робіт, серед яких 3 статті у фахових виданнях, рекомендованих ДАК України; 2 з них у виданні, яке індексується наукометричною базою Scopus та 1 – Web of Sciences. Дисертант має 2 тез у збірках науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації

Дисертація викладена на 153 сторінках комп'ютерного тексту та складається зі вступу, огляду літератури, розділу об'єктів та методів досліджень, трьох розділів власних досліджень, аналізу і узагальнення результатів дослідження, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних літературних джерел, що містить 210 бібліографічних джерел, з них 36 – кирилицею та 174 – латиницею. Для наочності отриманих результатів дисертантом використано 5 таблиць та 30 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ЗАМІЩЕННЯ ЧАСТКОВИХ ДЕФЕКТІВ КОРОНКОВИХ ЧАСТИН ЗУБІВ ВКЛАДКАМИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Сучасні підходи у відновленні часткових дефектів коронок зубів

Згідно з даними аналізу епідеміологічних досліджень, натепер поширеність каріозного ураження зубів у світі коливається від 25 % до 72 % у залежності від вікових та соціально-демографічних особливостей груп спостереження. За результатами спостережень [157] поширеність карієсу серед дорослих мешканців промислових регіонів сягає 98 %. Утім, згідно з даними ВООЗ, останніми десятиліттями в низці країн світу показники частоти та інтенсивності карієсу зубів знижуються. На жаль, в Україні вони залишаються високими, до того ж мають тенденцію до зростання [8].

Карієс, поруч із некаріозними та травматичними ураженнями твердих тканин зуба, є найбільш поширеною причиною утворення часткових дефектів коронок зубів. В той же час потреба в своєчасному та ефективному лікуванні даного захворювання пов'язана не тільки з відновленням анатомо-функціональної цілісності зубів, а й із необхідністю запобігання ендодонтичних ускладнень, захворювань тканин пародонта та оклюзійних розладів [89, 139, 194].

Зважаючи на зростаючий попит на малоінвазивні реставрації, все частіше замість коронок, виготовлення яких передбачає значне препарування інтактних твердих тканин зуба, перевага надається частковим реставраціям, зокрема вкладкам [75, 160, 178]. На сьогодні раннє заміщення дефектів зубів за допомогою малоінвазивних технологій є актуальною тенденцією в ортопедичній стоматології [36]. При виготовленні вкладки препарується

лише каріозна порожнина та зберігаються поверхневі шари інтактної емалі, тому даний метод є більш консервативним варіантом лікування. Разом з тим, за естетичними результатами, довговічністю, кольоровою стабільністю, біосумісністю та показниками довгострокової виживаності він не поступається протезуванню коронками [167].

В залежності від площі перекриття оклюзійної поверхні часткові реставрації класифікуються на inlay (без покриття горбків), onlay (щонайменше один горбик) та overlay (перекриває всі горбки) [189].

Окрім даної класифікації часткові реставрації диференціюють відповідно до використаного методу виробництва на прямі та непрямі. У прямих реставраціях композитний матеріал вноситься безпосередньо у відпрепаровану каріозну порожнину, тоді як непрямий метод передбачає виготовлення реставрації поза порожниною рота із композиту, металокераміки, кераміки тощо. Виготовлення вкладки в лабораторних умовах забезпечує її покращені фізичні та механічні властивості порівняно з прямою реставрацією, зокрема за рахунок уникнення полімеризаційного скорочення, а також дозволяє відтворити ідеальну оклюзійну морфологію [2, 18]. Слід також враховувати, що прямі композитні реставрації на практиці здійснюється переважно без урахування гнатологічних принципів, шляхом пришліфовування з орієнтуванням на суб'єктивні відчуття пацієнта, що згодом сприяє розвитку оклюзійних розладів. Непрямі реставрації, виготовлені в лабораторних умовах, на моделях, загіпсованих в артикулятор, або за допомогою комп'ютерного моделювання, дозволяють більшу ефективність відновлювального лікування з позицій функціональної динамічної оклюзії [29].

Безметалева кераміка набуває все більшої популярності як протезно-реставраційний матеріал [132], при цьому витісняє найбільш поширені натеper в практиці металокерамічні конструкції [198]. Так, головними недоліками останніх називають можливість виникнення алергійних реакцій на металевий сплав [163, 184] та пов'язані з цим зміни під'ясенної мікробіоти

[159]. Технологія металокерамічних протезів не дозволяє такої точності, зокрема щодо крайового прилягання, як метод автоматизованого проектування та комп'ютерного виробництва (CAD/CAM), який використовується в технології незнімних керамічних реставрацій [86, 116]. Металокерамічні протези в більшій мірі призводять до накопичення зубних відкладень, а отже, сприяють розвитку ускладнень з боку тканин пародонта та прогресуванню вторинного каріозного процесу [181].

Для непрямих реставрацій зубів використовуються такі різновиди кераміки, як польвошпатована кераміка, синтетична кераміка – армована лейцитом кераміка та/або літій-дисилікатна кераміка, гібридні матеріали (нанокераміка та гібридна кераміка) або кераміка з композитною смолою [47, 106, 172]. Використання даних матеріалів показано для реконструкції порожнин II класу за Блекум зі значною деструкцією в міжзубній зоні; при великих дефектах розміром понад третини ширини оклюзійної поверхні. Однак, метод непрямой реставрації трудомісткий та пов'язаний з додатковими витратами й більшою кількістю відвідувань пацієнта [48, 142, 148]. В зв'язку з цим в дослідженні [66] вказується, що хоча кераміка є кращим варіантом непрямих часткових реставрацій дистальних зубів, прямий метод використання композиту є виправданим його співвідношенням витрат і вигоди, оскільки показники його виживаності достатньо високі, незважаючи на порівняно нижчу продуктивність порівняно з керамікою.

Композитні реставрації на основі діметакрилату широко використовуються для прямих реставрацій в щоденній стоматологічній практиці. Збільшення використання композитів значно покращило сучасну профілактичну та консервативну стоматологію. Позитивними характеристиками композитів є естетичні властивості та здатність до адгезії. В свою чергу, сучасні системи матриць дозволяють створити щільний міжзубний контакт [172].

В той же час полімерні матеріали дуже чутливі до полімеризаційної усадки та напруг, які призводять до мікротітоків, утворення біоплівки,

вторинного карієсу та втрати реставрацій [43]. Згідно з результатами проведеного мета-аналізу встановлено, що тенденція до збільшення використання композитних матеріалів стала причиною зростання частки заміненних реставрацій [92].

У будь-якому разі, останнім часом обидва методи отримали подальший розвиток: прямі композитні реставрації – в еволюції адгезивних технік та за рахунок збільшення неорганічного наповнювача композитних смол [37, 44, 67], а непрямі – через розробку нових цифрових методів виготовлення, зокрема CAD-CAM технології [68, 105, 179]. Одночасно розробка нових матеріалів дозволила зменшити обсяг препарування твердих тканин зубів [47]. Висока ефективність обох методів утруднює вибір та потребує врахування усіх соціальних та клінічних факторів [70].

Високу клінічну ефективність демонструють конструкції на основі діоксиду цирконію, виготовлені із застосуванням CAD-CAM технології [174]. Звіти експериментальних досліджень показують високі показники зносостійкості напівпрозорого діоксиду цирконію. Його ретельно відшліфована поверхня створює найменшу шорсткість, таким чином дозволяє збільшити зносостійкість конструкцій та одночасно зменшити зношування емалі зубів-антагоністів [124].

В свою чергу, застосування CAD-CAM технології при виготовленні композитних вкладок теж демонструє високу клінічну ефективність, і може розглядатися як потенційна альтернатива кераміці. В роботі [91] доведено, що за критеріями маргінальної адаптації та крайової зміни кольору наногібридні композитні блоки CAD/CAM такі ж надійні для відновлення дефектів зубів, як і дісилікат літію. Згідно з результатами досліджень, показник успішності даного виду реставрацій коливався від 85,7 % до 100 %, тоді як для керамічних аналогів – від 93,3 % до 100 % [95, 150].

Вживаність або довговічність реставрацій залежить від низки факторів, включаючи стан опорних зубів, їх вітальність, рівень розташування дефекту відносно ясенного краю, гігієнічних звичок пацієнта, використаний

клінічний протокол, а також властивості реставраційного матеріалу [17, 35, 47, 100]. В роботі [5] йдеться про необхідність застосування алгоритму вибору методу реставрації бокових зубів в залежності від особливостей клінічної картини. На успішність проведеного відновлення бокових зубів впливає не тільки матеріал реставрації, але й конструкція вкладки: порівняно з inlay та onlay найбільш схильні до переламів overlay [111].

Також загальновідомо, що найбільшу складність для лікування складають часткові дефекти, розташовані на апроксимальних поверхнях молярів та премолярів. Оптимальний реставраційний матеріал для цієї ділянки зубного ряду остаточно не встановлений. Аналіз результатів 43 досліджень дозволив стверджувати, що для часткових дефектів молярів еталонними є прямі та непрямі реставрації з амальгами, композиту, кераміки, металокераміки, за виключенням склоіономерів. При цьому при використанні амальгами частка ускладнень за рік склала 0,29 %, металокераміки – 0,52 %, прямих композитних реставрацій – 2,19 % [196].

Зазначається, що композити подвійної та світлової полімеризації демонструють відмінну клінічну ефективність у реставраціях II класу за Блеком за результатами дворічного клінічного спостереження [90]. Тоді як згідно з даними ретроспективного дослідження 803 рентгенограм зубів із композитними реставраціями, розташованими на дистальних поверхнях молярів та премолярів, найбільш поширеними помилками для них визначені внутрішні зазори на межі з'єднання з твердими тканинами зуба [54]. Композитні реставрації на проксимальних поверхнях зубів демонструють найбільший відсоток невдач [180].

За результатами відновлювального лікування дефектів коронок 129 вітальних бокових зубів у 98 пацієнтів встановлено, що прямі реставрації успішні при незначній втраті твердих тканин, тоді як помірне та значне їх ушкодження потребує непрямих керамічних реставрацій. При цьому витривалість зубів, відреставрованих за допомогою керамічних вкладок, є такою ж, як і в інтактних. Більшу клінічну ефективність вкладок можна

пояснити найбільшим збереженням твердих тканини зуба [2]. Встановлено, що бокові зуби з препаруванням оклюзійної, медіальної та дистальної поверхонь більше ніж на 3-5 мм не можуть бути фізіологічно відновлені за допомогою прямої композитної реставрації та потребують непрямой керамічної реставрації [98].

Потреба заміни встановлених ортопедичних конструкцій – один з найбільш поширених негативних наслідків стоматологічного лікування [13, 22]. Часткові реставрації теж не позбавлені ускладнень, що призводять до потреби в їх заміні. Найпоширеніші причини їх заміни: переломи, відшарування, тріщини, гіперчутливість зубів, проблеми з крайовою адаптацією, мікропідтікання та порушення адгезії. Окрім того, до факторів, які знижують клінічну ефективність часткових реставрацій, слід віднести зношування їх оклюзійних поверхонь або зубів-антагоністів, накопичення нальоту, гінгівіт, вторинний карієс, нестабільність кольору та анатомічної форми [17, 36, 66, 85].

За даними системного огляду та мета-аналізу результатів застосування onlay-реставрацій в дистальних ділянках зубних рядів в залежності від використаного матеріалу (кераміка, армована дисилікатом літію; звичайна польова кераміка або посилена лейцитом; гібридні матеріали та композит) зроблено висновок про ефективність відновлювального лікування в 94,2 % випадках. При цьому на показник ефективності лікування впливали такі чинники, як тривалість спостереження та використаний матеріал, що пов'язано з різним ступенем деградації різних матеріалів із часом. Показники композитів щодо виживання значно нижчі, ніж у гібридних матеріалів або кераміки ($p = 0,003$), на них значно впливає фактор часу ($p < 0,001$) [66]. В роботі [142] встановлено вищий рівень виживання (94,9%) для керамічних реставрацій порівняно з композитними (91,1%). Аналогічні дані наведені в дослідженні [105], де показник успішності керамічних вкладок через 10 років склав 88,7% проти 84,8 % композитних реставрацій вже через 5 років спостереження. Зазначається про здатність керамічних вкладок витримати

оклюзійне навантаження в дистальних ділянках зубних рядів [42]. Одночасно в роботі [176] встановлена відсутність різниці клінічних показників композитних та керамічних часткових реставрацій через рік спостереження.

Проаналізувавши причини невдач відновлювального лікування у віддалений термін, встановлено, що найбільша їх частка приходить на перелом коронки зуба (4,0 %). Особливо схильні до переломів коронки зубів, дефекти яких відновлені керамічними вкладками [148, 165]. Навпаки, полімерні нанокерамічні вкладки, виготовлені із застосуванням технології CAD-CAM, демонструють значно вищі показники опору руйнуванню. Так, за даними мета-аналізу розрахункова стійкість до руйнування для кераміки складає 1529,5 Н, для композитної смоли – 1600 Н, для полімерної нанокераміки – 2478,7 Н, для гібридної кераміки – 2108 Н [47].

Аналіз причин невдалих результатів реставрацій ускладнюється неоднорідністю протоколів адгезії та різноманітністю використаних цементів, що робить неможливим порівняння отриманих результатів [66, 56, 179, 93].

В цілому, роль фактору цементу щодо ефективності проведеного відновлювального лікування важко переоцінити. Успішні протоколи цементування запобігають утворенню біоплівки на межі між зубом і реставрацією та мінімізують механічні та біологічні ускладнення. Окрім того, мінімальна товщина цементного шару відіграє на довгостроковому успіху реставрації [19, 118]. За результатами мета-аналізу 42 досліджень показано, що для цементування цирконієвих та композитних реставрацій можна використовувати універсальні адгезиви, однак, їх здатність для досягнення адекватного та міцного з'єднання з керамікою є обмеженою [76].

Пластична деформація та адгезивне зношування конструкційних матеріалів здатні викликати порушення оклюзійних поверхонь зубів [62, 65, 123]. Встановлено, що найменше стирання емалі порівняно з іншими реставраційними матеріалами спричиняють метали та їх сплави. Щодо кераміки, поведінка зношування визначається її міцнісними характеристиками. Для найжорсткіших матеріалів, таких як діоксид

цирконію, оклюзійне зношування незначне порівняно з порцеляною, дисилікатом літію та лейцитом [62, 123].

Якщо брати композитні матеріали, використані для виготовлення непрямих реставрацій [47, 106, 148, 165], керамічні матеріали порівняно з ними є крихкими та більш вразливими до руйнування, хоча є твердішими та більш стійкими до зношування. Однак з цієї ж причини вони можуть спричинювати зношування поверхонь протилежних зубів [100, 175].

В роботі [113] реставрації на молярах з діоксиду цирконію, склокераміки з дісилікатного літію та порцеляни продемонстрували більшу твердість і менше зношування їхніх поверхонь. Тоді як композитні матеріали мали найнижчу твердість, що призвело до найменшого зношування емалі зубів-антагоністів.

Композитні смоли мають проміжні значення зношування між двома основними типами кераміки. І в кераміці з низькою в'язкістю, і в композитах механізми зношування включають виділення керамічних частинок і шорсткість поверхні. Відмінності можуть бути пов'язані з кількістю, розміром, формою, кутом і твердістю частинок наповнювача. Діоксид цирконію є одним із найбільш перевірених матеріалів і входить до числа тих, які найменше зношуються [65]. Гібридні матеріали, у свою чергу, мають спільні характеристики як до кераміки, так і до композитних матеріалів, з модулем пружності, подібним до природного зуба. Крім того, так само, як і композитні матеріали, їх легко припасовувати, ремонтувати або модифікувати [47].

Аналіз 27 досліджень (23 *in vitro* та 4 клінічних) показав, що зношування емалі зубів-антагоністів менш виражене при механічній обробці кераміки. У свою чергу, полірований діоксид цирконію призводить до зменшення стирання емалі протилежних зубів порівняно з композитом. Тоді як монолітний діоксид цирконію демонструє підвищений потенціал зношування зубів-антагоністів порівняно з природними зубами [131].

Продовжуючи тему ускладнень відновлювального лікування, рецидивний (вторинний) карієс є однією з найпоширеніших причин невдач часткових реставрацій. До його виникнення призводять підвищена шорсткість поверхні, а також наявність мікрощілин на межі із зубом через неправильне розміщення або тривалий термін користування. Проблема карієсу, що рецидивує, існує для всіх видів реставрацій зубів, незважаючи на їхній хімічний склад та техніку виготовлення [55, 92].

Для виявлення відмінностей у ризику виникнення вторинного карієсу між матеріалами та визначення характерних особливостей прогресуючих уражень існує потреба у проведенні тривалих досліджень [49]. Для оцінки протикаріозної ефективності реставраційних матеріалів використовуються різні моделі вторинного карієсу [183]. Натепер було проаналізовано результати 91 дослідження, більшість з яких виконані *in vitro* на хімічних та мікробних моделях, відтворених на природних зубах. У хімічних моделях, на які приходилося 44 % всіх досліджень, реставраційний матеріал вивчали за допомогою кількох циклів демінералізації та ремінералізації без вирощування мікробної біоплівки. Відповідно мікробні моделі передбачали використання мікробних видів, зокрема *S. Mutans*, для індукції бактеріальної демінералізації навколо зубних реставрацій. Композитні матеріали викликали серйозне занепокоєння щодо розвитку вторинного карієсу, яке було пов'язано з більшим накопиченням зубного нальоту порівняно з іншими матеріалами [58]. Тоді як в низці досліджень *in vitro* зазначається про протикаріозну поведінку та довговічність непрямих реставрацій [70, 105].

Реставраційні матеріали можуть впливати на формування біоплівок в основному через їх шорсткі та нерівні поверхні, що створюють ніші, в яких мікроорганізми захищені від чищення зубів та виділення слини, що сприяє мікробній колонізації та формуванню імунологічної відповіді [147].

Виходячи з вищезазначеного, вірний вибір конструкційного матеріалу забезпечує не тільки функціональну ефективність часткових реставрацій, а й

здоров'я тканин пародонту, яке теж опосередковано здатне забезпечити більшу довговічність реставрацій [171].

Вибір конструкційного матеріалу також значною мірою відіграє на маргінальній адаптації конструкцій [155]. Пацієнти з цирконієвими протезами отримують кращі результати з позицій пародонтального статусу, аніж при виготовленні металокерамічних протезів [50]. Цитоморфометричний аналіз пародонтального статусу довів, що встановлення металокерамічних протезів порівняно з цирконієвими конструкціями призводить до збільшення кількості епітеліальних клітин та зменшення поліморфноядерних нейтрофілів у ротовій рідині [117]. Зазначається, що CAD/CAM цирконієві реставрації здатні забезпечити найкраще крайове прилягання та маргінальну адаптацію тканин пародонта, а також сприяти збереженню гігієни порожнини рота [99, 181]. Підтвердженням цього стало спостереження 95 хворих, за результатами якого через 12 місяців після протетичного лікування встановлено зростання модифікованого індексу зубної бляшки на 88 % – для металокерамічних конструкцій, на 81 % – для суцільнокерамічних та лише на 63 % – для цирконієвих. У відповідності до значень пародонтального індексу кількість осіб зі здоровим пародонтом при протезуванні металокерамічними протезами становила 17 %, суцільнокерамічними – 24 %, цирконієвими – 37 % [50].

Підсумовуючи підрозділ, слід наголосити на неоднозначності та недостатній кількості порівняльних досліджень щодо клінічної поведінки різних видів часткових реставрацій в бокових ділянках зубних рядів, та складність інтерпретації отриманих результатів з огляду на відсутність єдиної системи оцінювання, про що зазначалося в роботах [48, 148]. Окрім того, слід звернути увагу на висновок, зроблений в роботі [165], про недостатність доказів щодо кращих характеристик керамічних матеріалів порівняно з композитами в найближчий термін спостереження.

1.2. Мікробіоценоз ротової порожнини при дефектах зубів каріозного походження до та після відновлювального лікування

Натепер порожнина рота розглядається як дуже динамічне мікробне середовище, яке містить багато різних субстратів і мікросередовищ, що, в свою чергу, включають різноманітні мікробні спільноти. Характер поверхні зубів визначає розвиток дуже складних полімікробних біоплівки, які характеризуються не лише окремими мікробами, але й сукупністю їх діяльності [170]. Субстратами для формування біоплівки, окрім природних зубів, є дентальні імплантати та зубні протези [87]. Широкий спектр мікробних видів, що колонізують ротову порожнину, взаємодіють не тільки одне з одним, а й зі своїм господарем [161]. Зазвичай ці взаємодії призводять до гармонійного співіснування – еубіозу. Проте низка факторів, серед яких стан твердих тканин зубів, можуть порушити цей слабкий гомеостатичний баланс, тобто призвести до дисбактеріозу з потенційними наслідками як для порожнини рота (тобто прогресування карієсу та захворювань тканин пародонта), так і для загального здоров'я [109, 166].

Зміни складу мікробіому з часом внаслідок зміни умов існування (конфігурації) вивчає новий розділ екології «ландшафтна екологія». Зазначається, що розуміння зазначеної динаміки дозволяє краще пояснення взаємозв'язку карієсу зубів та пародонтиту [97]. Згідно з комплексною гіпотезою цих захворювань внутрішні (слина та ясенна рідина) та бактеріальні (метаболичні) фактори стійкості підтримують екологічну динамічну стабільність, що відповідає клінічному здоров'ю. Однак втрата факторів внутрішньої стійкості та/або тривалі зміни в мікробних метаболічних субстратах можуть зрушити екологічний баланс мікробіоти у сахаролітичний (ацидогенний) або в амінокислотний/протеолітичний (лужний) бік, залежно від природи переважання субстрату, та призвести до розвитку захворювання [151].

Розвиток карієсу пов'язаний з утворенням бляшки, яка є спільнотою мікроорганізмів у форматі біоплівки. Загальні та локальні фактори призводять до змін у мікробіомі порожнини рота. Відомо, що при коменсалізмі та співіснуванні між мікроорганізмами та хазяїном гомеостаз у мікробіомі порожнини рота зберігається. Тим не менш, за деяких умов, паразитарні відносини домінують, що спричинює зростання кількості карієсогенних мікроорганізмів [149, 156, 203].

Стрептококи є первинними колонізаторами ротової порожнини, де вони повсюдно присутні, і є невід'ємною частиною коменсальної мікрофлори ротової біоплівки. Роль оральних стрептококів у взаємодії з хазяїном неоднозначна. З одного боку, вони функціонують як сторожі гомеостазу та є необхідною умовою для підтримки здоров'я порожнини рота – вони формують мікробіоту порожнини рота, модулюють імунну систему, щоб забезпечити виживання бактерій, і протидіють патогенним видам. З іншого боку, також визнані збудники каріозного процесу, як оральний *Streptococcus mutans* і *Streptococcus sobrinus*. У контексті пародонтиту оральні стрептококи як початкові утворювачі біоплівки виконують допоміжну функцію, дозволяючи пізнім колонізаторам заселяти зубоясенні борозни та спричиняти захворювання [61].

Види з високою кислотністю та кислотостійкі, пов'язані з карієсом, включають *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Bifidobacterium* та *Scardovia*. Утім, відмінності в мікробіотах залежать від розташування зуба, ступеня каріозного ураження, швидкості прогресування захворювання та характеру відновлювального лікування [177]. Навпаки, згідно з результатами досліджень *in vitro* вживання пробіотичних мікроорганізмів (*Lactobacillus ssp.* та *Bifidobacterium ssp.*) здатні пригнічувати рост *Streptococci mutans* і *Candida albicans* [112].

З розвитком мікробіології погляд на бактерії, що викликають карієс, еволюціонував від традиційного єдиного *Streptococcus mutans* до відкриття оральних симбіотичних бактерій. Таким чином, натепер розвиток карієсу

зубів зв'язують із асоціацією полімікробних взаємодій. З точки зору екології карієс виникає внаслідок екологічного дисбалансу мікробіоти, спричиненого ростом і розмноженням карієсогенної мікробіоти під впливом зовнішніх факторів або порушенням гомеостазу власними факторами [210].

Стоматологічні матеріали відіграють важливу роль у регулюванні балансу мікробіому порожнини рота. Невірний вибір матеріалу здатний призвести до порушення рівноваги орального мікробіоценозу та сприянню продукції мікроорганізмами факторів вірулентності та метаболітів, які спричиняють карієс зубів та захворювання тканин пародонта. Мікробний метаболізм та імунна відповідь господаря змінюють місцеве мікрооточення, таким чином сприяють надмірному розмноженню домінантних мікробів при дисбіозі [209].

Конструкційні матеріали характеризуються такими властивостями, як когезія та коагрегація, тобто вони здатні в більшому, чи меншому ступені сприяти накопиченню патогенів на їхній поверхні [88]. Фактично здатність мікроорганізмів до адгезії на реставраційних матеріалах пов'язана з їх хімічним складом, шорсткістю та рельєфом поверхні, вільною поверхнею енергії та вивільненням іонів металів, що можуть сприяти утворенню та зростанню біоплівки, а також розвитку патологічних процесів [110].

В роботі [39] зазначається про необхідність розуміння значущості принципу мінімального втручання та розробки матеріалів, які мають бути біосумісними зі структурою зуба, а також повинні запобігати дисбактеріозу та сприяти встановленню гомеостазу в ротовій порожнині.

Поява в порожнині рота реставрацій може стати однією з причин зміни локального мікробіоценозу. Залежно від якості реставрацій, а саме від стану її поверхні, ця зміна може відбуватися або в гірший, або в кращий бік [32]. Більш того, зазначається, що композитні реставрації схильні до підвищеного мікробного обсіменіння. Таку властивість можна інтерпретувати як патогенетичний фактор для каріозного ураження зубів та захворювань тканин пародонта [23].

В дослідженні [53] для вивчення стійкості керамічних матеріалів до утворення біоплівки *Streptococcus mutans* вирощували на поверхнях трьох різних матеріалів протягом 7 днів. Встановлено, що кераміка має значну стійкість до змін шорсткості поверхні та кольору, а також до утворення біоплівки, що зменшує ризик виникнення вторинного карієсу. Навпаки, в роботі [80] вказується, що ризик утворення біоплівок на різних типах стоматологічної кераміки є високим та залежить від видової специфіки мікроорганізмів.

В контексті розвитку каріозного ураження твердих тканин зубів, поруч із стрептококовою мікрофлорою, зараз ретельно досліджується мікобіота [82]. Зазначається про необхідність надання матеріалам антимікотичних властивостей, зокрема до таких представників *Candida spp.*, як *C. albicans*, *C. glabrata*, *C. parapsilosis* та *C. tropicalis* [191].

В спостереженні [24] через 12 місяців після фіксації керамічних реставрацій встановлено зниження вмісту грибів роду *Candida* в мікробіоценозі зубоясенної борозенки, та навпаки, їх зростання у випадках реставрацій з нанокompозиту. Внаслідок проведених досліджень, визначена тенденція до загального зниження загальної мікробної кількості у пацієнтів із керамічними реставраціями, особливо з пресованої склокераміки та дисилікату літію, на відміну від композитних реставрацій, для яких спостерігається зростання кількісних показників мікрофлори. Відповідно, в роботі [7] показано, що через 1 рік після відновлення дефектів коронкових частин фронтальних зубів керамічними вкладками спостерігаються кращі характеристики мікрофлори на поверхні зубів, зокрема щодо кількості грибів роду *Candida*, порівняно з композитними реставраціями.

Успіх зубного протезування тісно пов'язаний зі станом пародонтального здоров'я. Встановлено, що безметалеві керамічні протези викликають найменші порушення мікробіоценозу навколозубних тканин незалежно від методу виготовлення, при цьому найкращі результати встановлені при використанні технології CAD/CAM. Навпаки,

металокерамічні протези спричинюють суттєві зміни в складі під'ясенної мікробіоти, утворюючи більш дисбіотичну біоплівку з більшою кількістю пародонтопатогенних бактерій [41]. Доведено, що металокерамічні реставрації сприяють збільшенню частки пародонтопатогенів «помаранчевого» та «червоного» комплексів [144, 159, 197]. Наявність металокерамічних протезів також призводить до появи в пародонтальних кишнях *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* та *Streptococcus*, що відіграють роль в розвитку пародонтиту [185].

В той же час, за результатами дослідження 129 пацієнтів із генералізованим пародонтитом, застосування конструкцій на основі діоксиду цирконію призводить до зниження запальних процесів у тканинах пародонта через 12 місяців, що пояснюється біосумісністю матеріалу та зниженням ризику утворення мікробної біоплівки [115]. В реставраціях із діоксиду цирконію, виготовлених за технологією CAD/CAM, склад орального мікробіоценозу забезпечує здоров'я тканин пародонта за рахунок біосумісності матеріалу та його здатності пригнічувати утворення біоплівки, що не характерно для металокерамічних протезів [115].

Виходячи з того, що головним недоліком стоматологічних композитів є здатність до накопичення біоплівок та бляшок, натепер триває пошук їх нових складів [206]. При цьому вдосконалення відбувається шляхом надання мономеру антибактеріальних властивостей, а також введення в склад полімеру в якості неорганічного наповнювача фосфату кальцію [60, 143]. Згідно з результатами проведених досліджень покращений склад композиту із низькими показниками полімеризаційної усадки, антибактеріальними та ремінералізаційними властивостями зменшує маргінальну демінералізацію емалі під мікробними біоплівками [55]. Біоактивні нанокомпозити дозволяють ефективно пригнічувати зріст та активність карієсогенних патогенів, паралельно посилюють ремінералізацію [43]. Зазначається, що нові нанокомпозити мають тривалу антибіоплівкову дію проти карієсогенних бактерій *S. Mutans* [96, 146, 59].

В роботі [15] вказується на доцільність підготовки до незнімного протезування шляхом застосування діодного лазера, який дозволяє знизити частоту колонізації *Staphylococcus epidermidis* – у 2,5 рази, β -гемолітичного *Streptococcus pyogenes* – у 2,7 рази, *Staphylococcus aureus* – у 5 разів, масивності колонізації *Stomatococcus mucilaginosus* – у 1,2 рази, коефіцієнта кількісного домінування β -гемолітичного *Streptococcus pyogenes* – у 9,3 рази.

Ефективною щодо попередження прогресування пародонтиту після зубного протезування визнана фотодинамічна терапія, яка допомагає контролю та зменшенню утворення біоплівки навколо реставрацій [145, 195].

Підсумовуючи підрозділ, зазначимо, що вибір реставраційного матеріалу значно впливає на оральний мікробіоценоз та подальший стан стоматологічного здоров'я, а отже мікробіологічне дослідження є перспективним для оцінки ефективності відновлювального лікування часткових дефектів коронок зубів.

1.3. Вивчення напружено-деформованих станів при відновленні дефектів коронкових частин зубів

Натепер встановлено, що на розподіл напруги в біомеханічних системах «зуб – реставрація» впливають фізико-механічні характеристики тканин та конфігурації протезного поля, особливості конструкції та матеріалу, з якого вона виготовлена. Застосування методу скінчених елементів (МСЕ), оснований на теорії еквівалентної напруги за Мізесом, для вивчення розподілу напружено-деформованих станів (НДС) внаслідок оклюзійного навантаження робить можливим виявити ділянки підвищеної напруги при різних варіантах відновлення дефектів зубів, таким чином дозволяє обрати найефективніші конструкції та матеріали для їх виготовлення [74, 103, 186].

В незнімному зубному протезуванні дослідження НДС мають за мету попередити переломи опорних зубів [45], запобігти розвитку травматичного

пульпиту [182], уникнути оклюзійного перевантаження [162], а також усунути травматичну дію конструкцій на тканини пародонта [173], всі з яких спричинені значним зростанням напруги та деформацій.

Насамперед, зазначимо, що результати МСЕ доводять, що оклюзійне перевантаження головним чином поглинається деформацією періодонтальної зв'язки [199]. Відповідно, для пошкодження періодонтальних сполучнотканинних волокон необхідно прикласти великі сили, що свідчить про значну витривалість навколозубних тканин [152].

В той же час навіть незначні поверхневі дефекти реставрацій можуть призвести до їх руйнування з причини тріщин або відколів, особливо при використанні матеріалів із низькою механічною витривалістю [169].

Ділянки локалізованої надмірної напруги сприяють утворенню тріщин в емалі та дентині, таким чином призводять до порушення крайового прилягання та герметичності реставрацій, а отже, спричинюють розцементування. При цьому зростання НДС спостерігається при збільшенні розмірів реставрації та відповідному зменшенні об'єму збережених тканин зуба, що доводить необхідність додержання принципу мінімального раціонального препарування [4].

Розрахунок механіко-математичних моделей систем «зуб – пломба» та «зуб – вкладка» з подальшим обрахуванням для них НДС дозволили створити практичні рекомендації для лікування часткових дефектів коронкових частин зуба [6].

Завдяки комп'ютерному моделюванню доведено, що ошадливе, малоінвазивне препарування вітальних зубів сприяє зниженню напруги як в емалі та дентині, так і в конструкційних матеріалах, так і на межах реставрацій, що в цілому дозволяє попередити сколювання та тріщини керамічного шару [45, 127, 138, 173, 202].

Згідно з даними аналізу комп'ютерної моделі верхнього центрального різця встановлено, що максимальна напруга (140-168 МПа) приходить на піднебінну пришийкову ділянку. Тоді як на різучому краї напруга дорівнює

70-84 МПа і не перевищує поріг витривалості кераміки, таким чином, не призводить до її руйнування [16].

Дослідження розподілу напруги при реставрації коронок зубів натепер залишаються актуальними [154]. В роботі [30] зазначається про доцільність створення мінімального кута конвергенції під час препарування опорних зубів для попередження надмірної напруги не тільки в твердих тканинах зуба, а й в тканинах пародонта. Тоді як в дослідженні [141] встановлено, що при протезуванні керамічними конструкціями висота кукси відіграє більшу роль у розподілі напруги, ніж кут конвергенції її поверхонь. У свою чергу, в роботі [154] зазначається, що відмінності препарування не призводять до різниці у розподілі або величинах напруги в тканинах зуба та в кістці.

Одночасно стверджується, що при незнімному протезуванні саме дизайн уступу, а не його розміри, визначають розподіл напруги в пришийкових ділянках зуба [205]. Вказується на необхідність створення кута до 20° при препаруванні уступу [207].

На основі математичних розрахунків для каркасів металокерамічних протезів із різним видом перетину встановлено, що напруга, яка виникає в уступі зуба з кутом 90° у 2,4 рази більше, ніж із кутом 135° [11].

За допомогою МСЕ встановлено, що губчаста та кортикальна кістка, так само як періодонтальна зв'язка нечутливі до препарування фронтальних зубів під вініри. НДС у зазначених тканинах залишаються в межах норми. При цьому суттєві зміни під дією оклюзійного навантаження відбуваються в твердих тканинах зуба, шарі цементу та в самому вінірі [201].

Згідно з даними МСЕ встановлено, що премоляри з композитними реставраціями на оклюзійних поверхнях характеризуються кращим розподілом напруги, ніж ті, що мають медіально-оклюзійні та медіально-оклюзійно-дистальні (MOD) реставрації. Утім, порівняно з інтактними премолярами суттєвої різниці в характеристиках втоми всіх зазначених реставрацій виявлено не було, тобто дизайн порожнини не впливає на показники напруги [72]. В роботі [51] доводиться, що сприятливому

розподілу напруги при MOD реставраціях нижніх молярів сприяє їх раціональне препарування.

При застосуванні МСЕ при симуляції навантаження 300 Н встановлено, що рельєфність оклюзійної поверхні визначає розподіл НДС. Реставрації з менш вираженими скатами горбків та менш глибокою борозною здатні зменшити концентрацію напруги при відновленні зубів бокової групи [64].

В роботі [164] *in vitro* вивчено закономірності розподілу напруги, стійкість до перелому та форми руйнування молярів за допомогою МСЕ. Були створені тривимірні моделі перших молярів нижньої щелепи з шістьма типами оклюзійних співвідношень горбків. Усі реставрації були виготовлені з літєво-силікатної кераміки, посиленої діоксидом цирконію. Реставрації з повним функціональним покриттям горбка забезпечили рівномірний розподіл напруги та стійкість до переломів і кращі механічні характеристики.

МСЕ ефективний при вивченні тривимірних моделей фронтального сегменту нижньої щелепи задля описання НДС при різних варіантах збереження коронкової частини зуба. Доведено, що найменша напруга виникає при реставрації зубів із застосуванням суцільнолитих штифтових конструкцій [11].

Слід брати до уваги, що розподіл НДС залежить від низки факторів, таких як довжина каналів коренів зуба, товщина його стінок, довжина й поперечні розміри використаних штифтів [3].

За результатами математичного аналізу та обчислення напруги, що виникає у системі кореневої частини однокореневого зуба при підготовці під штифтові конструкції, встановлено, що циліндрична форма має найгірші показники в порівнянні з показниками сходинкоподібної конструкції з перемінними циліндрами [33].

МСЕ використовується як метод аналізу композитних матеріалів у найрізноманітніших ситуаціях [81]. В роботі [84] зазначається про перспективність використання МСЕ для вивчення розшарування композитних матеріалів під навантаженням втом.

Через пружну невідповідність між тканинами зуба та композитною реставрацією на їх межі виникають значні напруги та деформації. Таке складне механічне середовище порушує рівновагу демінералізації та ремінералізації твердих тканин зуба. Зовнішнє механічне навантаження може опосередковано сприяти розчиненню емалі та дентину через перекачування карієсогенних рідин у мікрощілини та з них на межі між мінералізованими тканинами та композитом. Механічне навантаження також може безпосередньо впливати на фізико-хімічну поведінку твердих тканин зуба, викликаючи складні поля деформації та напруги на кристалічній шкалі, таким чином відіграючи на кінетиці розчинення апатиту. При цьому системний підхід передбачає розгляд межі «зуб – композит» як унікального комплексу, в якому кожний елемент впливає на інший [102].

Аналіз напруги в композитній реставрації описується коефіцієнтом конфігурації (С-фактором) – показником, який використовується для оцінки взаємозв'язку між конфігурацією порожнини та розвитком полімеризаційного усадкового стресу в матеріалі. Визначення даного коефіцієнту дозволяє краще розуміння полімеризаційної усадки композитних матеріалів [208].

Із застосуванням МСЕ вивчено напружено-деформовані стани (НДС) на комп'ютерних моделях відреставрованих молярів та доведено, що найсучасніші композитні матеріали (нанокомпозити, наногібриди та ормоцери) демонструють незначні переміщення і деформації, а також припустимі значення напруги [193]. Одночасно збільшення модуля Юнга композитів зменшує напруги в емалі та дентині, що доводить їх доцільність до клінічного застосування [153].

Аналіз НДС із використанням МСЕ дозволив встановити, що найвищі значення та несприятливі рівні напруги спостерігалися в зубах, відновлених inlay конструкціями. При цьому, чим вищим був модуль пружності реставраційного матеріалу, тим більша напруга виникала в реставраціях, тоді як менші напруги спостерігалися в структурах зуба, фіксуючому цементі та

на межі між реставрацією та зубною тканиною. Було доведено, що керамічні реставрації повинні забезпечувати кращий захист і крайове ущільнення реконструйованого зуба, ніж композитні [83].

В роботі [64] за допомогою МСЕ проаналізовані НДС при відновленні дефектів зубів прямими реставраціями та вкладками за умови циклічного навантаження. На 150 експериментальних моделях доведено, що непрямі керамічні реставрації в 1,4 рази ефективніші за прямі композитні.

В систематичному огляді наведені результати вивчення НДС за допомогою МСЕ при застосуванні різних матеріалів *inlay* конструкцій. При використанні скловолокна максимальна концентрація напруги приходить на пришийкову третину кореня. Штифти, виготовлені із нержавіючої сталі та титану, показали більше навантаження на відновлену структуру зуба з концентрацією напруги в пришийковій і верхівковій третині кореня. Діоксид цирконію продемонстрував найбільше навантаження на відновлений зуб із максимальною концентрацією напруги в середній третині кореня [52].

Встановлено, що розподіл напруги подібний для діоксиду цирконію і склокераміки, армованої дисилікатом літію. При цьому максимальні значення напруги внутрішньої стінки кореневого каналу реєструються для штифтів із металевих сплавів – 71,4 МПа, порівняно зі скловолоконними – 36,0 МПа. Тоді як найменші НДС, що склали 2,4 МПа, зареєстровано при використанні куксових коронок [137].

Неорганічний наповнювач керамічної маси потенційно усуває руйнівні напруги, що виникають на межах розділу та є характерними для цирконієвої та глиноземної порцеляни, які демонструють високу міцність на вигин і кращий розподіл напруги. Результати МСЕ показали, що використання методики 10-шарових градуйованих шарів зменшує напругу на межі коронка-цемент-дентин [101].

При виборі матеріалу потрібно враховувати, що розподіл напруги різниться в залежності від конструкції реставрації та її розташування на поверхні зуба. Так, *onlay*-вкладки порівняно з *inlay* та коронками мають

найменш виграшний розподіл напруги при відновленні коронкових частин молярів [83].

МСЕ на моделях молярів, відновлених вкладками, розташованими на мезіо-оклюзо-дистальних поверхнях (MOD, II клас за Блеком), показав, що при виготовленні їх з композитних матеріалів більші навантаження зосереджуються на структурах зубів, тоді як при застосуванні кераміки максимальна напруга приходить на саму реставрацію [107].

У керамічних вкладках концентрація напруги спостерігається в нижній частині реставрації, а в композитних – навпаки, визначається низьке навантаження на її дно та високе на проксимальну частину [129].

Також при використанні композитів для відновлення дефектів коронок бокових зубів на розподіл напруги відіграє товщина реставрації, що пов'язано з полімеризаційною усадкою композитної смоли в MOD порожнинах [126]. Відповідно, непрямі реставрації із застосуванням CAD/CAM технології, тобто шляхом комп'ютерного моделювання, характеризуються меншими напругами при відновленні MOD порожнин на моделі першого нижнього моляра, ніж прямі реставраційні матеріали [46].

На розподіл напруги також впливає товщина прошарку адгезивного матеріалу. При її збільшенні більше навантаження приходить на прошарок, тоді як товщина 50 мкм призводить до більшого тиску на реставрацію [200].

Таким чином, проведений літературний пошук підтвердив показовість розрахунку НДС в біомеханічних системах «зуб – реставрація» за допомогою МСЕ щодо прогнозу ефективності застосування різних реставраційних матеріалів, отже, доцільність його застосування в нашій роботі.

Узагальнюючи розділ, зазначимо, що результати проведеного аналізу літературних джерел довели доцільність проведення теперішнього дослідження та допомогли розробити його дизайн. Поруч із клінічними спостереженнями, в основі яких оцінка різних видів часткових реставрацій за стандартизованими критеріями, нами проведені мікробіологічні дослідження

із визначенням можливості впливу оральної мікрофлори на ефективність лікування, а також вивченні напружено-деформовані стани в біомеханічній системі «зуб-реставрація» при імітації жувального навантаження.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дисертаційна робота проводилася на базі Дніпровського державного медичного університету у відповідності до Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини в якості об'єкта дослідження».

Дослідження, результати яких представлені в дисертаційній роботі, були попередньо схвалені комісією Дніпровського державного медичного університету з біоетики (протокол № 10 від 21 жовтня 2021 року). Всі учасники надали інформовані згоди на проведення досліджень та на медичні втручання [10].

2.1. Об'єкти та методи дослідження на першому етапі роботи

Формування груп учасників дослідження проводилося на системній основі. Головний критерій включення до основної групи спостереження – потреба в заміщенні часткових дефектів коронкових частин зубів каріозного походження, локалізованих вище або на рівні ясенного краю.

Вік учасників дослідження обмежували молодим віком за ВООЗ, тобто він складав від 21 до 45 років.

Критерії виключення зі спостереження – наявність декомпенсованих форм хронічних загальних захворювань, онкологічної патології, імуносупресії будь-якого генезу, ендокринних захворювань, зокрема, цукрового діабету, тощо.

Усі дослідні були розподілені на 4 групи: пацієнти, яким часткові дефекти коронкових частин зубів відновлювали прямими реставраціями (n = 30); металокерамічними вкладками (n = 30); цирконієвими вкладками, виготовленими із застосуванням CAD/CAM технології (n = 30); а також група

здорового контролю – дослідні з інтактними зубними рядами, що не потребували будь-якого стоматологічного лікування ($n = 20$).

Від пацієнтів, яким заміщували часткові дефекти коронкових частин зубів, біологічний матеріал брали в двох повторах – до стоматологічного втручання та через 2 тижні після нього. Таким чином, для дослідження відібрано 200 наборів зразків від 110 учасників.

Забір та мікробіологічне дослідження клінічного матеріалу проводилося згідно з прийнятими стандартами [69].

Біологічний матеріал для вивчення відбирали в стоматологічному кріслі під час візиту до лікаря-стоматолога.

В якості зразків дослідження, насамперед, проводили забір слини активним методом (шприц без голки). Додатково отримували зразки під'ясенного дентального нальоту. Відбір зразків нальоту проводився на рівні ясенного краю, при цьому матеріал із 4 ділянок об'єднували в єдиний набір. Проби отримували з мезіальної та дистальної щічних поверхонь першого моляру, а також обов'язково з поверхні зуба, в якому відновлювали дефект коронкової частини. Активний забір під'ясенного нальоту навколо зубів проводився з використанням кюретки, а також паперової смужки (метод адсорбції). Отримані зразки *ex tempore* бралися до роботи. Для мікробіологічного дослідження проводили центрифугування зразків протягом 15 хвилин при 10 000-15 000 обертів при температурі 4°C. Надалі супернатант видаляли, а осад використовували для відновлення мікробного росту. Зразки, отримані методом адсорбції, осаджували методом «пробірка в пробірці» [12].

Для селективного виділення мікроорганізмів роду *Staphylococcus* використовували манітол-сольовий агар, роду *Streptococcus* – відповідний селективний агар. Для диференціювання бактерій сімейства *Enterobacteriaceae* та інших невибагливих грам-негативних мікроорганізмів застосовували середовище МакКонкі. Для виділення грибів біологічний матеріал засівали на агар Сабуро з гентаміцином. Для неселективної

культивуваці, оцінки гемолітичної активності, а також вирощування вибагливих мікроорганізмів застосовували агар із 5 % дефібрированою овечою кров'ю.

Засіяні чашки Петрі витримували в термостаті протягом 24-72 годин при температурі 37°C. Для селективного виділення анаеробів використовували анаеростат із реагентами для створення необхідних атмосферних умов [69].

Для ідентифікації мікроорганізмів застосовували комерційні тест-набори, що враховують їхні біохімічні властивості (API-тести, bioMérieux).

Вивчення чутливості до антибіотиків проводили згідно з рекомендаціями Європейського товариства з тестування на чутливість до антибіотиків (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing, EUCAST) [188].

Визначення адгезивних властивостей здійснювали за методикою Бриліса В. І. [188]. В свою чергу, для оцінки щільності утворення біоплівки використовували методику Christensen [190].

2.2. Об'єкт та методи дослідження на другому етапі роботи

Для отримання комп'ютерних імітаційних моделей біомеханічних систем (БС) проводили цифрове сканування природнього зуба з інтактною коронкою, видаленого за показаннями, в форматі STEP. Контроль за відтворенням моделі здійснювали у вигляді числових характеристик і графічної візуалізації в програмному забезпеченні EXOCAD [21] (рис. 2.1).

Розрахунки напружено-деформованих станів (НДС) здійснювалися для першого правого моляра на нижній щелепі з подальшою імітацією часткового дефекту коронкової частини II класу за Блеком із комбінованим ураженням оклюзійної та проксимальної поверхонь (MOD порожнина) (рис. 2.2 а).

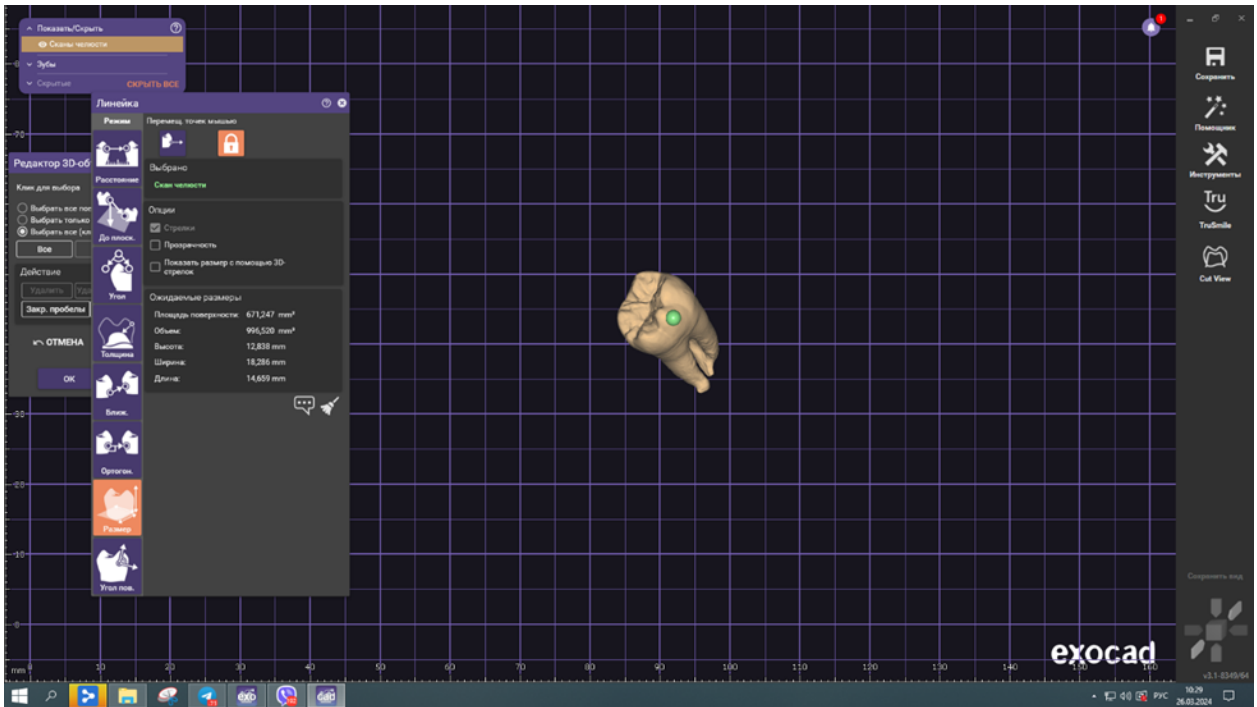


Рис. 2.1. Цифрове зображення першого моляра нижньої щелепи, візуалізоване в програмному забезпеченні EXOCAD

НДС вивчали в коронці першого правого моляра нижньої щелепи при відновленні часткового дефекту коронки моляра вкладкою, при цьому розрізняли прошарки емалі, дентину, цементу та конструкційного матеріалу (рис. 2.2 б).

В представленій роботі було створено три комп'ютерні імітаційні моделі БС, відповідно при відновленні дефекту коронки зуба вкладкою з композиту, з кераміки та з діоксиду цирконію.

На рис. 2.3 наданий вигляд геометричної моделі БС у вигляді просторової моделі та в перетині.

Кожна БС складалася з чотирьох структурних елементів, для яких в CAD пакеті ANSYS Spacclaim в напівавтоматичному режимі були розраховані умови жорсткого контакту для суміжних тіл із різними механічними властивостями пружності й міцності.

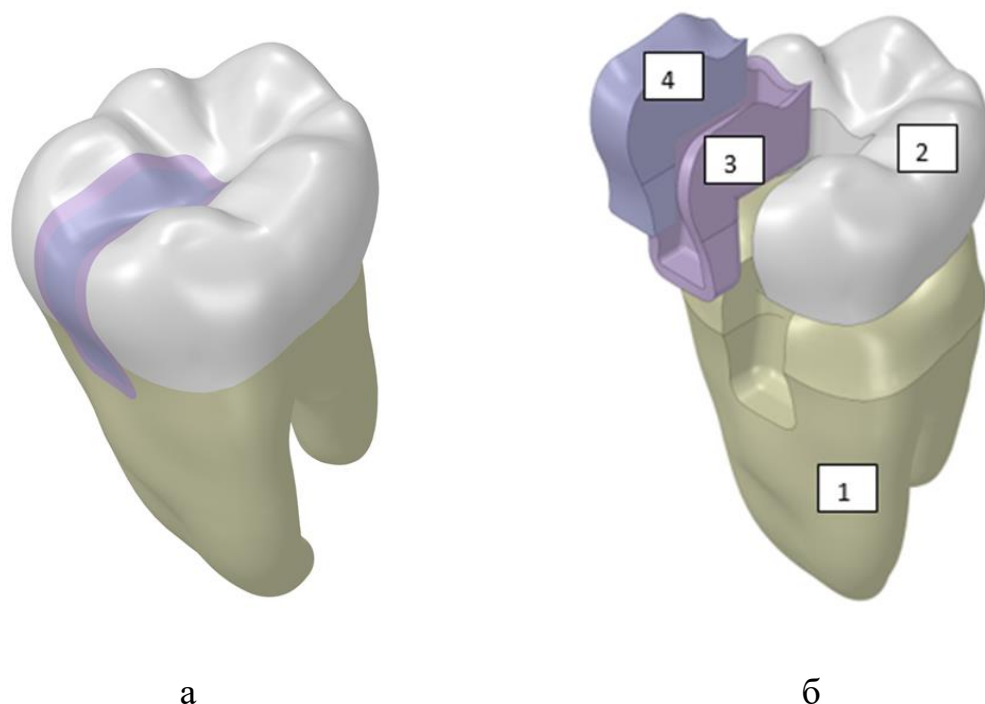


Рис. 2.2. Тривимірні комп'ютерна імітаційна модель БС першого моляра нижньої щелепи з відновленим частковим дефектом коронкової частини (а) та з візуалізацією шарів, що вивчалися (1 – дентин, 2 – емаль, 3 – вкладка, 4 – цемент для фіксації) (б)

В подальшому для розв'язання прикладних задач біомеханіки БС застосовано чисельний метод скінчених елементів (МСЕ), інформаційні технології та програмні коди системи ANSYS Workbench 12.1 [21].

Для всіх вищеописаних моделей БС у напівавтоматичному режимі проведено скінченно-елементну дискретизацію чотирьох структурних елементів БС із використанням десятивузлових пірамідальних 3D SOLID187 скінченних елементів, схематичне зображення яких представлено на рис. 2.4.

Надалі здійснено побудову сітки «вузол у вузол» для тіл, що контактують, результати чого представлені на рис. 2.5. При цьому в першій моделі БС (композит) кількість вузлів склала 1 429 721 та СЕ 1 026 366, у другій (кераміка) – 999 422 та 726 868 відповідно, в третій (діоксид цирконію) – 1379 640 та 1 008 875 відповідно.

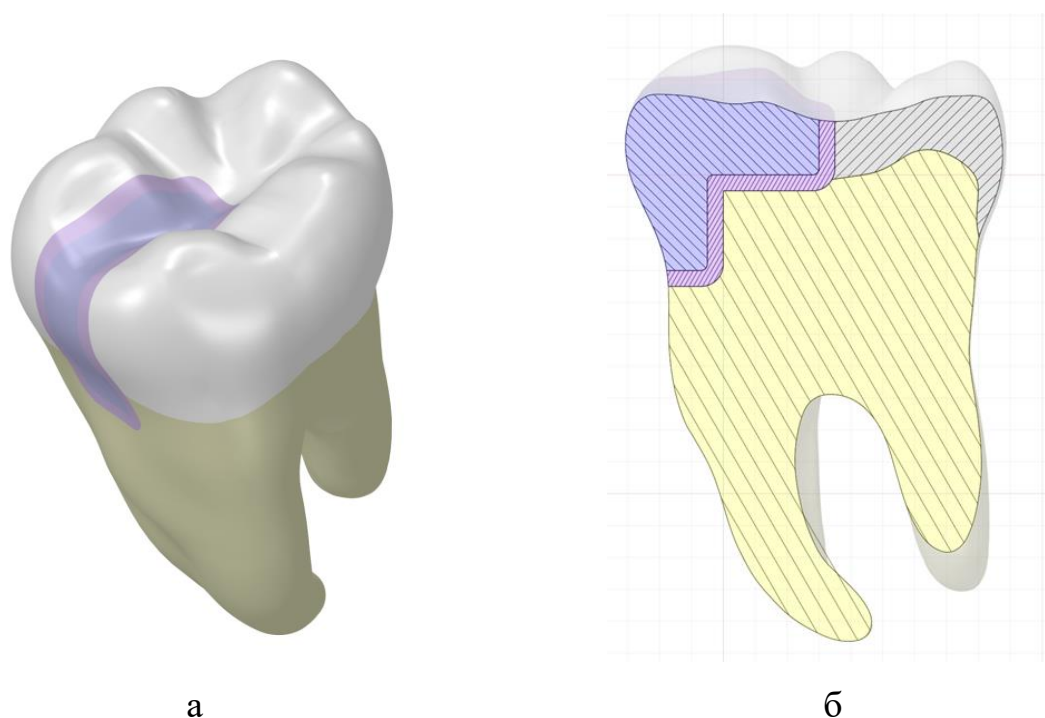


Рис. 2.3. Геометрична модель БС першого моляра нижньої щелепи з відновленим частковим дефектом коронкової частини: а – просторова модель; б – перетин моделі

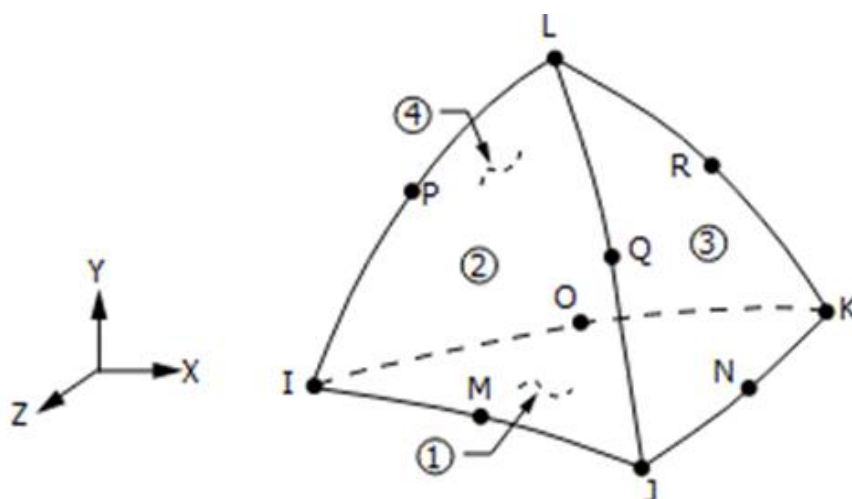


Рис. 2.4. Схематизація десятивузлового скінченного елемента SOLID 187 високого порядку, використаного для створення нерегулярних сіток [21]

Для оцінки адекватності нерегулярних сіток скінчених елементів (СЕ) трьох типів дискретних моделей БС «зуб-реставрація» використано спосіб створення індивідуальної імітаційної моделі НДС нижньої щелепи та відповідні критерії оцінки якості СЕ [79].



Рис. 2.5. Дискретні моделі БС «зуб-реставрація» з візуалізацією зон сітки СЕ: а – композит; б – кераміка; в – діоксид цирконію

Для імітаційного моделювання НДС БС фізико-механічні характеристики твердих тканин зуба та застосованих матеріалів визначали як пружні з ізотропними властивостями. Відповідно, значення модулів пружності, коефіцієнтів Пуассона та меж міцності за видом деформації стискання, використані в дослідженні, надані в табл. 2.1.

При вивченні створених комп'ютерних моделей БС для імітації функції взято типовий варіант силового навантаження зуба з сумарним вектором сил у 100 Н, який розташований ортогонально до оклюзійної поверхні вкладки (рис. 2.6).

Слід зазначити, що для створених розрахункових схем нижні поверхні моделі коренів зуба, які позначені на рисунку жовтим кольором, мали кінематичні обмеження щодо переміщень у трьох напрямках декартової системи координат.

Таблиця 2.1

Фізико-механічні властивості твердих тканин зуба та використаних матеріалів в імітаційних моделях БС, які досліджувалися

Тканина/матеріал	Модуль пружності (ГПа)	Коефіцієнт Пуассона	Межа міцності (МПа)
Дентин	18,6	0,31	527
Емаль	82	0,33	454
Композитний цемент	11	0,33	170
Композит	20,3	0,33	300
Кераміка	95	0,23	542
Діоксид цирконію	97	0,3	670

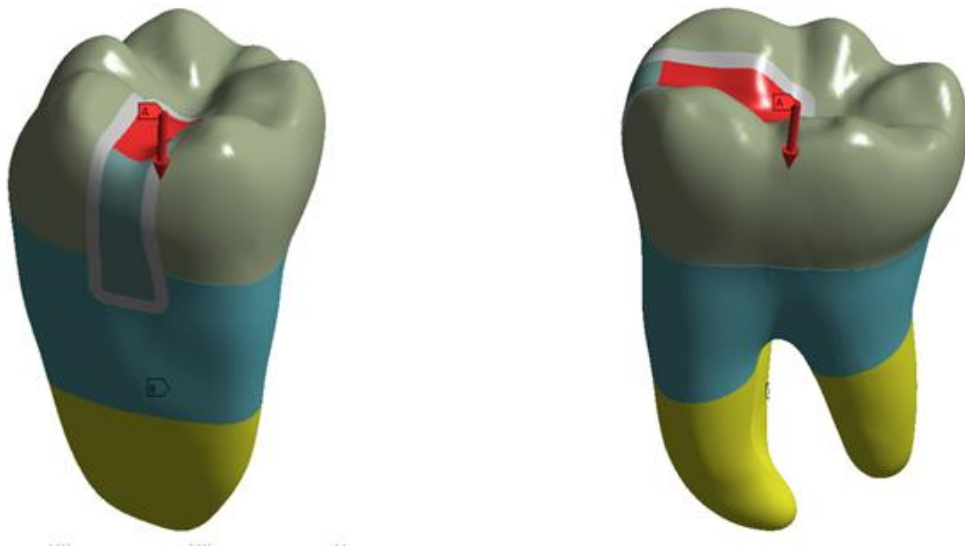


Рис. 2.6. БС першого правого моляра нижньої щелепи із візуалізацією просторового розташування реставрації та силової схеми навантаження

Після тестування розроблених дискретних моделей для дослідження НДС БС їх перевіряли на адекватність та збіг чисельних результатів у зонах високих градієнтів напруги із застосуванням інструментів та методів системи програмних кодів ANSYS 12.1.

Зауважимо, що розміри СЕ коригували в зонах високих градієнтів напруги між цементом та емаллю, цементом та дентином. Вони співвідносились як 1 до 5 щодо геометричних характеристик цементного прошарку товщиною 0,5 мм для всіх трьох розрахованих моделей БС.

Одержані результати розрахунків за допомогою МСЕ оформлювали у вигляді мозаїк ізополів переміщень й еквівалентної напруги за Мізесом. Надалі оцінювали максимальні величини переміщень, градієнтів та амплітуд еквівалентної за Мізесом напруги в структурних елементах кожної БС.

Виходячи з того, що у випадках об'ємного НДС, який реалізується при силовому навантаженні в моделях БС, що вивчались, діє одночасно шість компонентів тензора напруги, ступінь наближення величин напруги до небезпечних значень визначали за критерієм щільності потенціальної енергії зміни форми. Значення величин напруги приводили з використанням методу лінійного масштабування даних чисельного розв'язання крайових задач теорії пружності для малих величин деформацій у відповідності з функціональним силовим навантаженням БС першого нижнього моляра у 100 Н.

Розрахункові значення коефіцієнтів запасу міцності структурних елементів трьох моделей БС із вкладками, виготовленими з різних матеріалів, обчислювали, як відношення величин межі міцності матеріалів відповідних структур до максимальних розрахункових значень еквівалентної за Мізесом напруги, масштабованих із коефіцієнтом, що дорівнює 10, для силового навантаження БС у 100 Н.

2.3. Дизайн дослідження на третьому етапі роботи

В рамках представленої роботи проліковано 90 пацієнтів із частковими дефектами коронкових частин першого та другого молярів на обох щелепах II класу за Блеком. До дослідження залучали осіб молодого віку за ВООЗ.

Таким чином середній вік дослідних склав $28,0 \pm 3,1$ років. Дослідні групи формували з рівною кількістю жінок та чоловіків.

Зазначимо, що критерієм включення до дослідження була відсутність захворювань тканин пародонта та дефектів зубних рядів.

У свою чергу, критеріями виключення були соматичні захворювання в стадії декомпенсації, тяжкі ендокринні порушення, онкологічна патологія, імуносупресії різного генезу, вагітність та паління.

Пацієнти були розділені на 3 дослідні групи по 30 дослідних. Групи були рівнозначні за віком, статтю та клінічною картиною, зокрема, за значеннями індексу DMFT (destroyed, missed, filled teeth), тобто за кількістю зруйнованих, відсутніх та пломбованих зубів в кожного хворого, та індексу руйнування оклюзійної поверхні зуба (до 0,6).

У першій групі часткові дефекти коронкових частин зубів відновлювали шляхом прямих композитних реставрацій. При цьому контроль оклюзійних співвідношень здійснювали в динамічній оклюзії за допомогою артикуляційного паперу різної товщини Vausch (Germany). Було зроблено 144 прямих реставрацій.

У другій дослідній групі відновлювальне лікування полягало у виготовленні металокерамічних вкладок типу onlay за традиційною технологією, що передбачала отримання відбитків, відливання моделей, загіпсування їх в універсальний артикулятор «Stratos[®] 300» типу NonArcon фірми «Ivoclar», Vivadent (Австрія). Для індивідуального налаштування артикулятора отримували реєстранти прикусу з силіконових матеріалів у стані центричної та ексцентричних оклюзій. Зіставлення моделей в артикуляторі здійснювали за допомогою лицевої дуги UTS 3D «Ivoclar», Vivadent (Австрія). Загальна кількість виготовлених вкладок склала 137.

В третій дослідній групі протезування часткових дефектів коронкових частин молярів проводили із застосуванням CAD/CAM технології виготовлення цирконієвих конструкцій на обладнанні Fona Dental (Italy). Даний метод був використаний для виготовлення 122 вкладок.

Отримані результати дослідних груп зіставляли з даними контрольної групи, до якої увійшло 10 осіб молодого віку з інтактними зубними рядами та здоровими тканинами пародонта.

Клінічні дослідження проводили в найближчий та віддалений термін (12 місяців) після лікування. При цьому оцінку реставрацій здійснювали, використовуючи модифіковані критерії Служби охорони здоров'я США (United States Public Health Service, USPHS) (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Модифіковані критерії оцінки зубних реставрацій
United States Public Health Service (USPHS) [77]**

Критерій	Бали	Характеристика
Анатомічна форма (зношування)	A	Первинна незмінна
	B	Зміни форми, що клінічно припустимі
	C	Значне стирання
Крайова (маргінальна) адаптація	A	Щільне прилягання
	B	Незначне порушення, клінічно припустиме
	C	Крайовий зазор
Текстура поверхні	A	Подібна до емалі
	B	Шорсткіша ніж емаль
	C	Неприйнятно шорстка
Крайове порушення кольору	A	Повністю відсутні
	B	Незначно виражене
	C	Неприпустимі порушення
Ретенція	A	Наявна
	B	Частково втрачена, але клінічно припустима
	C	Клінічно неприпустиме часткове або повне порушення
Вторинний карієс	A	Немає
	C	Є

Реставрації, які за усіма критеріями (анатомічна форма, маргінальна адаптація, текстура поверхні, крайове порушення кольору, ретенція та вторинний карієс) були віднесені до «А» та «В» вважались успішними. В

свою чергу, якщо хоча б з одного або з більшої кількості критеріїв реставрація відповідала літері «С», вони вважалися незадовільними [77].

Для описання стану тканин пародонта використовували індекс гігієни та гінгівіту за Сілнес-Лоу (Plaque and Gingiva Index by Silness & Løe) та методику визначення глибини зондування тканин пародонта за Вільямсом (Probing Pocket Depth using William's periodontal probing). При цьому глибину зубоясенного з'єднання або пародонтальної кишені вивчали в шістьох ділянках – мезіо-щічній, щічній, дистально-щічній, дистально-язиковій, язиковій та мезіо-язиковій [104]. Для порівняння використовували результати досліджених із контрольної групи.

Аналіз оклюзійних співвідношень здійснювали шляхом вивчення оклюзійних контактів на діагностичних моделях, загіпсованих в артикуляторі, та за допомогою програмного забезпечення Fona 1.1.0.

2.4. Статистичні методи дослідження

Обробку отриманих результатів дослідження здійснювали за допомогою біостатистичних методів із використанням програмного забезпечення Microsoft Excel (Microsoft Office 2016 Professional Plus, Open License 67528927) та STATISTICA v.6.1 (Statsoft Inc., США) (ліцензійний № AGAR909E415822FA) [25].

Перевірка гіпотези щодо нормальності розподілу проводилася за критеріями Шапіро-Вілка. У відповідності до характеру розподілу використовували параметричні або непараметричні методи з встановленням кількості спостережень (n), середніх величин (M), стандартного відхилення (SD), стандартної похибки середньої (m), довірчого інтервалу (95 % ДІ), медіани (Me) з міжквартильним інтервалом (25–75%) й 95 % ДІ.

Для узагальнення якісних показників використовувалися відносні величини, виражені у відсотках. Вірогідність відмінностей середніх величин для незв'язаних груп визначали за критеріями Стюдента (t) і Манна-Вітні

(U), що відповідали закону розподілу. При цьому порівняльний аналіз непов'язаних кількісних даних проводили з використанням непараметричного критерію Краскела-Воліса (H), а якісних – критерію хі-квадрат (χ^2). При порівнянні пов'язаних даних використовували критерій Вілкоксона (W). Відмінності вважали статистично достовірними при $p < 0,05$.

Для визначення зв'язків між безперервним кількісним та порядковим показниками, а також між двома кількісними показниками, які мали ненормальний розподіл, використовували ранговий кореляційний аналіз Спірмена (r_s). Напрямок кореляційного зв'язку вважали прямим при позитивному значенні r_s та зворотнім – при негативному. Зв'язок вважався сильним при величинах коефіцієнту кореляції $\geq 0,7$, середнім – $0,3-0,69$, слабким – $0-0,29$.

Додатково, для розрахунку екологічних індексів з метою виявлення відмінностей в мікробному складі ротового середовища різних груп учасників дослідження, використовували програмний пакет PAST 3.17 для визначення індексу Шеннона, його 95 % ДІ, коефіцієнту видового домінування Сімпсона з 95 % ДІ, а також коефіцієнтів Брея-Кертіса та Соренсена [25].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОБІОЦЕНОЗУ РОТОВОЇ ПОРОЖНИНИ ПРИ ЗАМІЩЕННІ ЧАСТКОВИХ ДЕФЕКТІВ КОРОНКОВИХ ЧАСТИН ЗУБІВ РІЗНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

3.1. Результати вивчення мікробіоценозу ротової порожнини пацієнтів, що мають часткові дефекти коронкової частини зубів каріозного походження (до відновлювального лікування)

При первинному заборі біологічного матеріалу було отримано 395 унікальних ізоляти: 338 – від пацієнтів із карієсом зубів та 57 – від здорових добровольців, які мали інтактні зубні ряди.

Всі зразки, отримані від учасників дослідження, були позитивні на мікробіоту (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Змішана культура *Candida albicans* (зелена стрілка), *Streptococcus viridans* (синя стрілка), *Fusobacterium spp.* (жовта стрілка), отримана від пацієнта М., 37 років. Поживні середовища: за годинниковою стрілкою: агар МакКонкі, 5% кров'яний агар, середовище Сабуро

В обох дослідних групах мікробне навантаження становило 3 (2;4) ізоляти на зразок. Монокультуру мали лише в 2,7 % зразків (n=3).

Ідентифіковані культури належали до п'яти бактеріальних філ – *Firmicutes* (n = 198; 50,1 %), *Proteobacteria* (n = 50; 12,7 %), *Bacteroidetes* (n = 37; 9,4 %), *Fusobacteria* (n = 32; 8,1 %), *Actinomycetota* (n = 54; 13,7 %) та Царства Грибів (n = 24; 6,1 %).

Слід відзначити, що група пацієнтів, що потребували реставрації зубів внаслідок каріозного ушкодження, характеризувалася більшим мікробним навантаженням. При порівнянні результатів дослідних груп встановлено, що частки вищезгаданих таксономічних одиниць становили 44,1 % в дослідній групі проти 86,0 % в контрольній для *Firmicutes*; 13,9 % проти 5,3 % для *Proteobacteria*; 14,5 % проти 8,8 % для *Actinomycetota*.

Одночасно культури, які належали до *Fusobacteria*, *Bacteroidetes* та Грибів, були отримані тільки в групі пацієнтів, які мали карієс зубів (9,5 %, 10,9 % та 7,1 % відповідно, $p < 0,05$).

Таксономічний склад мікробіоценозу ротової порожнини серед пацієнтів, які мали каріозне руйнування твердих тканин зубів, порівняно зі здоровими, наведений на рис. 3.2.

У групі пацієнтів із каріозним ураженням зубів філа *Firmicutes* була представлена факультативними та суворими анаеробами родів *Staphylococcus* (n = 21; 6,2 %), *Streptococcus* (n = 77; 35,1 %), *Peptostreptococcus* (n = 32; 9,5%) і *Veillonella* (n = 19; 5,6 %). Розподіл даної таксономічної одиниці в групі контролю був наступним: *Streptococcus* (n = 20; 35,1 %), *Peptostreptococcus* (n = 5; 8,8 %), *Aerococcus* (n = 10; 17,5 %), *Lactobacillus* (n = 4; 7,0 %), *Veillonella* (n = 10; 17,5 %).

Для дослідних, які мали дефекти зубів каріозного походження, рід *Staphylococcus* виділили з 23,3 % клінічних зразків. При цьому видовий спектр включав *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus intermedius*, *Staphylococcus hominis*, *Staphylococcus warneri*.

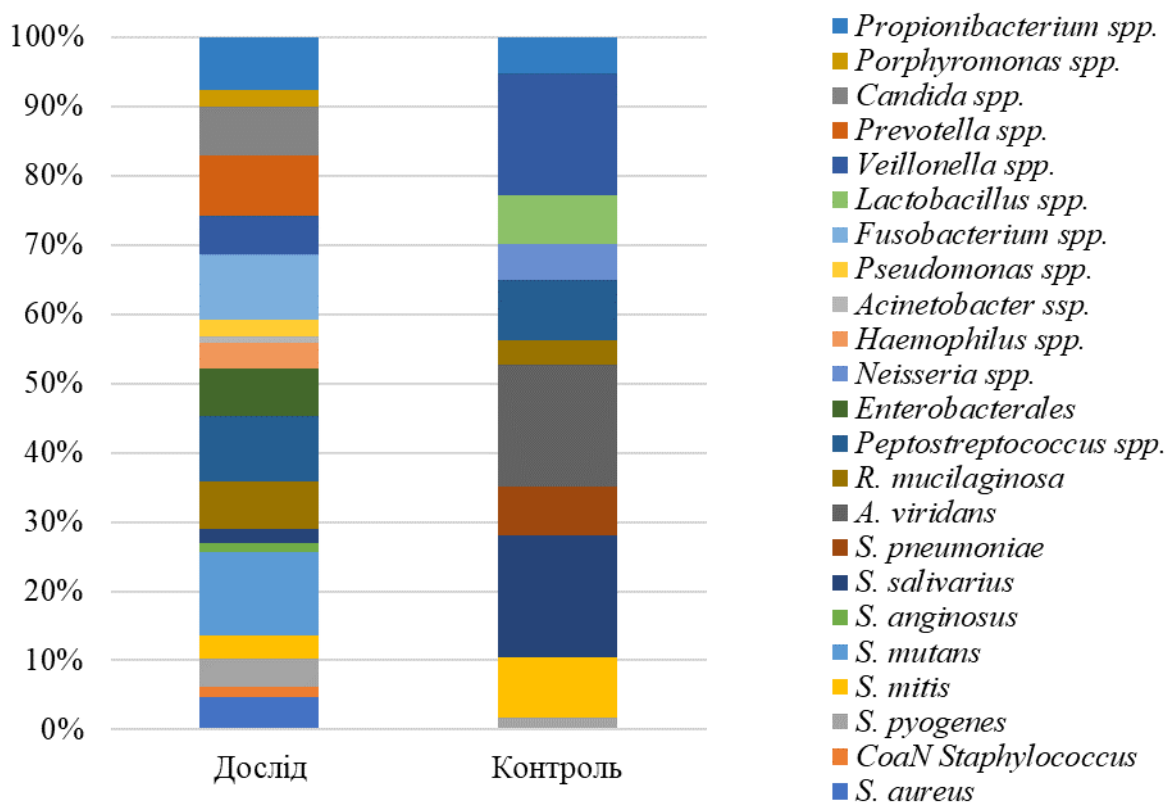


Рис. 3. 2. Таксономічний склад мікробіоценозу ротової порожнини при карієсі та в стані здоров'я в учасників дослідження (n = 395; %).

Відмінності у видовому складі клінічних зразків основної (дослід) та контрольної груп за індексом Шеннона, $p < 0,05$; індекс видової відмінності Брея-Кертіса, $BS = 0,83$

Зауважимо, що серед усіх представників роду *Staphylococcus* коагулаза-позитивні ізоляти становили 76,2 % (16/21), зокрема, до них відносився *Staphylococcus aureus*. Усі коагулаза-негативні види мали приблизно однакову частку, яка складала близько 5-6 %.

Для здорових осіб характерною була відсутність опортуністів у біологічних зразках, тоді як при діагностованому карієсі зубів рід *Streptococcus* виділили в 76,7% спостережень.

Видовий спектр був представлений *Streptococcus pyogenes* (n = 14; 4,1 %) та групою *Viridans* зі значною питомою вагою *Streptococcus mutans* (n =

41; 12,1 %), а також *Streptococcus mitis* (n = 11; 3,3 %) і *Streptococcus salivarius* (n = 7; 2,1 %).

Розподіл в групі здорових учасників відрізнявся наявністю комменсалів *Streptococcus pneumoniae* (n = 4; 7,0 %) та більшою кількістю ізолятів *S. salivarius* (n = 10; 18,7 %), але відсутністю *S. anginosus* та *S. mutans*, а також обмеженою кількістю *S. pyogenes* (n = 1; 1,8 %). В цій групі ізоляти роду *Streptococcus* були виділені з 65,0 % біологічних зразків.

Культури родів *Peptostreptococcus* та *Veillonella* були відновлені для 35,6 % та 21,1 % відповідно у відібраних пробах дослідних із основної групи. Для порівняння, в групі контролю ростові показники становили 25,0 % і 50 % відповідно.

Наступними за чисельністю в обох дослідних групах були представники філи *Actinomycetota*. В групі пацієнтів, що мали каріозне руйнування зубів, таксономічна одиниця була представлена *Rothia mucilaginosa* (n = 23; 6,8 %) та *Propionibacterium spp.* (n = 26; 7,7 %). У свою чергу, показники в групі здорових добровольців становили 3,5 % (n = 2) і 5,3 % (n = 3) відповідно. Культури *Rothia spp.* були відновлені з 25,6 % та 10,0 % зразків, а *Propionibacterium spp.* з 36,6 % та 15,0 % зразків для основної та контрольної групи відповідно.

Третіми за чисельністю в обох групах були представники філи *Proteobacteria*. Серед пацієнтів із діагностованим карієсом зубів таксономічна одиниця була представлена родами *Escherichia* (n = 13; 3,8 %), *Klebsiella* (n = 10; 3,0 %), *Haemophilus* (n = 13; 3,8 %), *Acinetobacter* (n = 3; 0,9 %) та *Pseudomonas* (n = 6; 2,4 %). Загалом *Enterobacterales* та неферментуючі грам-негативні мікроорганізми (НФГНМО) були відновлені з 25,6 % та 10,0 % клінічних зразків відповідно. Контрольна група характеризувалася відсутністю згаданих опортуністів у мікробному спектрі ротової порожнини, утім колонізацією непатогенними *Neisseria spp.* (n = 3).

Мікроорганізми, які належали до філ *Fusobacteria*, *Bacteroidetes* та *Грибів*, були виділені тільки від дослідних, що мали карієс зубів, з 35,6 %, 36,7 % та 26,7 % проб відповідно.

Серед ізолятів філи *Bacteroidetes* було ідентифіковано роди *Porphyromonas* (n = 6; 2,5 %) та *Prevotella* (n = 29; 10,4 %).

Виділені від дослідних осіб гриби належали до роду *Candida*. Вони були отримані з 26,7 % зразків (n = 24). При цьому рід *Candida* був представлений лише видом *Candida albicans*.

Індекс видового біорізноманіття Шеннона в групі дослідних, які мали дефекти зубів каріозного походження, становив 2,75 проти 2,21 здорових осіб (t-тест; p < 0,05).

Індекс домінування Сімпсона становив 0,07 для основної групи проти 0,12 групи контролю (t-тест; p < 0,05).

Одночасно, при порівняльній оцінці видової подібності різноманіття двох екосистем – пацієнтів, що мають карієс зубів, та здорових осіб, виявлено значні відмінності. Так, коефіцієнт Соренсена С дорівнював 0,4, індекс Брея-Кертіса ВС – 0,8.

Аналізуючи внесок кожного роду в загальну пропорцію, встановлено, що мікробіоценоз ротової порожнини, асоційований з розвитком каріозного процесу твердих тканин зубів, містить такі еудомінанти, як *S. mutans*, *Peptostreptococcus spp.*, *Fusobacterium spp.*, *Prevotella spp.* (> 10 %) та домінанти *S. pyogenes*, *Enterobacterales*, *Prevotella spp.* та *C. albicans* (5,0-9,9 %). Натомість еудомінантами ротової порожнини дослідних з інтактними зубними рядами, тобто за умови відсутності каріозного ураження зубів, є мікроорганізми з відомими коменсальними властивостями, до яких належать *S. salivarius*, *A. viridans*, *Veillonella spp.*

Таким чином, мікробіом ротової порожнини у пацієнтів із дефектами зубів каріозного походження слід визначити таким, що багатий на патогени. Також для зазначеного біоценозу характерним є дефіцит коменсалів на тлі надмірного зростання кількості облігатних анаеробних мікроорганізмів.

3.2. Результати дослідження впливу часткових реставрацій зубів на мікробіоценоз ротової порожнини

Через два тижні стан мікробіоценозу ротової порожнини порівнювали для пацієнтів, яким було відновлено часткові дефекти коронкових частин зубів ($n = 90$), з даними контрольної групи, до якої входили особи з інтактними зубними рядами, отриманими на початку дослідження ($n = 20$).

Зазначимо, що на даному етапі роботи дослідні основної групи були розподілені на три ідентичні за віковими та статевими ознаками, а також клінічною картиною, підгрупи по 30 осіб, в яких різнився характер відновлювального лікування. Так, в першій підгрупі – дефекти відновлювали шляхом прямих композитних реставрацій; в другій – металокерамічними вкладками; в третій – безметаловою керамікою (вкладки з діоксиду цирконію).

При повторному заборі клінічного матеріалу отримано 90 унікальних зразків, з яких було відновлено 326 ізоляти. Кількість ізолятів на зразок в середньому становила 3,1.

За результатами проведених мікробіологічних досліджень, було встановлено, що після проведення відновлювального лікування відбувалася зміна мікробної композиції ротової порожнини, що різнилася в залежності від використаного матеріалу.

Розподіл ідентифікованих ізолятів в залежності від методу реставрації наведений в табл. 3.1 та на рис. 3. 3.

Як видно з таблиці та рисунка, після проведення відновлювального лікування зубів основним представником орального мікробіоценозу залишалася філа *Firmicutes*.

У пацієнтів, в яких дефекти зубів були відновлені цирконієвими вкладками, дана таксономічна одиниця була представлена родами *Streptococcus* ($n = 21$; 31,8 %), *Aerococcus* ($n = 10$; 15,2 %), *Peptostreptococcus* ($n = 17$; 25,8 %), *Veillonella* ($n = 10$; 15,2 %).

Таблиця 3.1

**Мікробний спектр ротової порожнини в залежності від вибору методу
реставрації дефектів коронкових частин зубів
(% ізолятів, $\chi^2 = 59,9$; $p < 0,01$)**

	Пряма композитна реставрація	Металокерамічна вкладка	Цирконієва вкладка	Здорові
<i>Firmicutes</i>	57,1	63,3	87,9	86,0
<i>Fusobacterium</i>	7,6	7,1	0	0
<i>Proteobacteria</i>	5,7	7,1	1,5	5,3
<i>Bacteroidetes</i>	8,6	8,2	0	0
<i>Actinomycetota</i>	13,3	9,2	10,6	8,8
Гриби роду <i>Candida</i>	7,6	5,1	0	0

Слід зауважити, що після проведеного лікування спостерігали відсутність колонізації *Staphylococcus spp.*, зменшення частки *S. mutans*, а також збільшення кількості *S. salivarius* та *A. viridans* (W-критерій; $p < 0,05$).

Також слід зазначити, що в інших підгрупах, зокрема, при використанні металокерамічних вкладок та прямих реставрацій, частка *Staphylococcus spp.* та карієсогенних *Streptococcus spp.* залишалася на вихідному рівні, хоча й спостерігалася тенденція до накопичення комменсалів ($p \leq 0,1$).

Кількість культур, які належали до філи *Actinomycetota* була рівнозначною серед всіх груп учасників дослідження, включаючи групу здорових осіб.

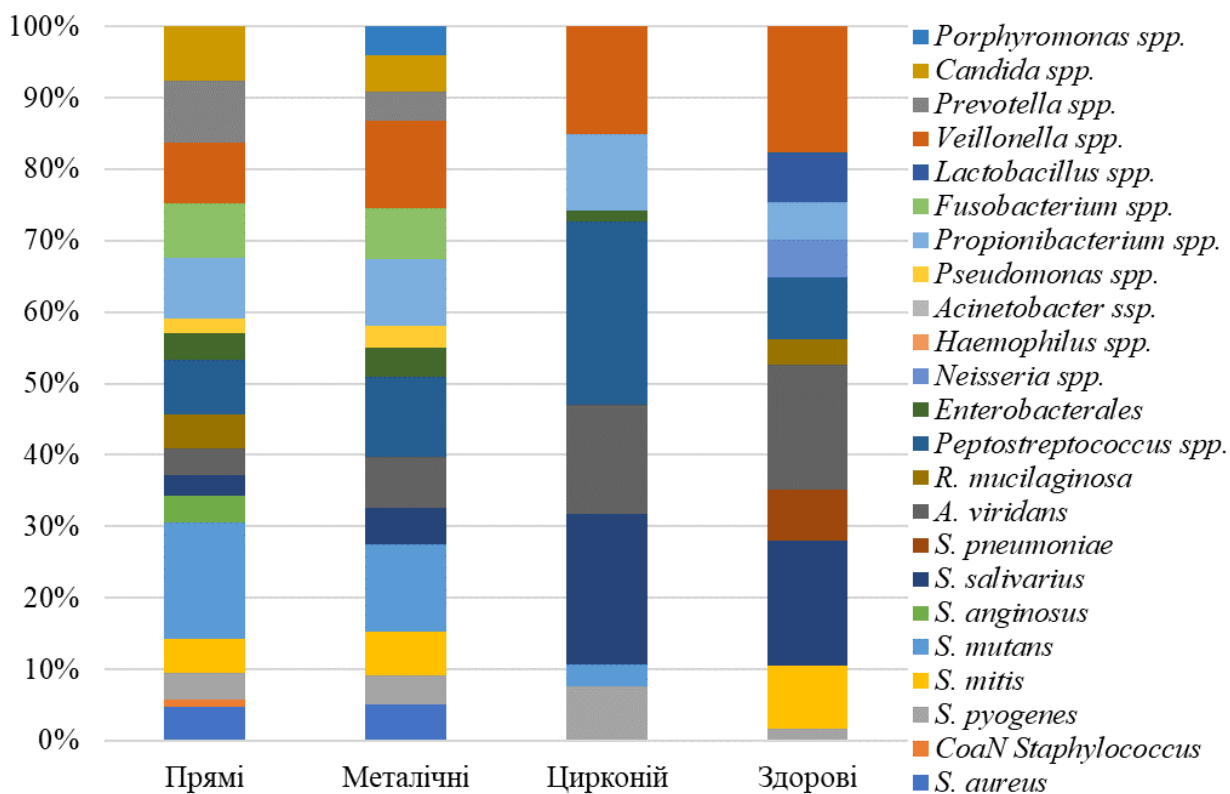


Рис. 3.3. Мікробний спектр ротової порожнини в залежності від вибору методу реставрації зубів (n = 326; % ізолятів). Відмінності в видовому складі клінічних зразків від пацієнтів із різними видами реставрацій, індекс видової відмінності: ВС прямі композитні та металокерамічні = 0,8; ВС прямі композитні та цирконієві = 0,56; металокерамічні та цирконієві = 0,43; здорові волонтери та цирконієві = 0,37

Аналіз впливу обраного методу реставрації на мікробіоценоз ротової порожнини дозволив встановити, що в групі заміщення дефектів зубів металокерамічними та цирконієвими вкладками спостерігається зникнення колонізації карієсогенними *R. mucilaginosa* та тенденція до накопичення мікроорганізмів роду *Propionibacterium* (W-критерій; $p < 0,05$). Тоді як в групі хворих із прямими композитними реставраціями суттєвої позитивної динаміки не спостерігалось.

В середині філи *Proteobacteria* також реєстрували зміну колонізаторів. Так, для групи пацієнтів, яким виготовляли цирконієві вкладки, характерною була втрата колонізації патогенами, а саме родами *Escherichia*, *Klebsiella*,

Haemophilus, *Acinetobacter* та *Pseudomonas* (W-критерій; $p < 0,05$). Група пацієнтів, в яких дефекти зубів відновлені металокерамічними вкладками, залишалася уразливою до неферментуючих грам-негативних мікроорганізмів (НФГНМО), зокрема *Pseudomonas aeruginosa* ($n = 3$; 3,1 %). В групі пацієнтів із прямими композитними реставраціями значна частка приходилася на *Enterobacterales* та НФГНМО – до 6,0 % сумарно.

Від пацієнтів, яким відновлювальне лікування здійснено шляхом виготовлення цирконієвих вкладок, не отримували культур ідентифікованих, як *Fusobacterium*. Проте решта реставрацій коронкових частин зубів суттєво не впливали на присутність даного таксону в мікробіоті ротової порожнини. Аналогічні результати отримані для грибів роду *Candida*.

Таким чином, описаний таксономічний розподіл мікробіоценозу ротової порожнини пацієнтів, яким дефекти коронкових частин зубів відновлені цирконієвими вкладками, наближався до значень здорової когорти учасників. Еудомінантами ротового мікробіоценозу дослідних, яким проводили прямі реставрації зубів композитними матеріалами, були *S. mutans*, домінанти – *Propionibacterium spp.*, *Fusobacterium spp.*, *Propionibacterium spp.* При фіксації цирконієвих вкладок в порожнині рота відбувалося суттєве зрушення еудомінанти коменсали *S. salivarius* та *A. viridans*.

Розрахунковий показник видової несхожості, індекс Брея-Кертіса, також показав, що реставрації дефектів коронкових частин зубів прямим методом із застосуванням композитних матеріалів та непрямим – шляхом виготовлення металокерамічних вкладок призводили до подібних зрушень в біоценозі ротової порожнини ($BC = 0,2$), одночасно не наближалися до подібності з мікробіоценозом здорових добровольців.

У свою чергу, таксономічний розподіл у групі пацієнтів, яким виготовляли цирконієві вкладки, суттєво відрізнявся від інших методів реставрації коронок зубів (BC прямі композитні = 0,56; BC металокерамічні = 0,43) та наближався до розподілу групи здорового контролю, $BC = 0,37$.

Аналогічні результати отримані після аналізу індексу домінування Сімпсона. Його значення для прямої композитної реставрації складали 0,08 (95 % ДІ 0,07 – 0,11), для металокерамічної вкладки – 0,08 (95 % ДІ 0,08 – 0,11), для цирконієвої вкладки – 0,18 (95% ДІ 0,16 – 0,23).

Підсумовуючи результати мікробіологічних досліджень, описані в даному підрозділі, зазначимо, що застосування цирконієвих вкладок, виготовлених із застосуванням технології CAD/CAM, сприяє нормалізації мікробіоценозу ротової порожнини, тоді як прямі композитні реставрації, навпаки, призводять до прогресування росту карієсогенної мікробіоти.

3.3. Профіль чутливості до антибіотиків мікроорганізмів, асоційованих з розвитком каріозного процесу, що призводить до руйнування коронкових частин зубів

Всі ізоляти роду *Streptococcus* групи *Viridans* були чутливими до β -лактамних антибіотиків, макролідів та глікопептидів. При цьому чутливість до скринінгу з норфлораксацином становила 28,6 % (n = 22) ізолятів.

Зазначимо, що ізоляти, резистентні до скринінгу, протестовані індивідуально до моксіфлоксацину й левофлоксацину. Проведене дослідження стійких ізолятів не виявило.

Аналогічно до групи *Viridans*, усі культури *S. pyogenes* реагували на скринінг із бензилпеніциліном, що вказувало на їх чутливість до усіх β -лактамних антибіотиків. Чутливість до скринінгів з норфлораксацином, еритроміцином та тетрацикліном також була абсолютною. Також як у групі *Viridans* не виявлено ізолятів стійких до глікопептидів та рифампіцину. Серед усіх ізолятів *S. pyogenes* сім були стійкими до хлорамфеніколу та триметоприм/сульфаметоксазолу.

Згідно з результатами тестування на чутливість до цефоксітину, 23,8 % культур роду *Staphylococcus* виявилися метицилін-резистентними. Такі ізоляти показували резистентність до еритроміцину, гентаміцину,

норфлорсацину і ципрофлорсацину, хлорамфеніколу і триметоприм-сульфаметоксазолу. Загалом чутливість роду *Staphylococcus* до норфлорсацину, еритроміцину та тетрацикліну становила 80,9 %, 57,2 % та 95,2 % відповідно. Чутливими до всіх аміноглікозидів були 71,4 % з вивчених культур.

Представники *Enterobacterales* мали хіміотерапевтичну чутливість, яка значно коливалася від вжитої групи протимікробних засобів. Чутливими до ампіциліну та амоксициліну виявилися лише 21,7 % ізолятів. Одночасно чутливість до ампіцилін/сульбактаму, піперациліну, піперацилін/тазобактаму, тікарциліну та тікарциліну/клавуланової кислоти коливалася в межах 52,2 % – 82,6 %.

Чутливість до цефалоспоринів характеризувалася значною варіабельністю. Так, найкращі результати отримані для цефідероколу та цефтолозан/тазобактаму (100 %), а також цефтазідиму, цефтазідім/авібактаму та цефепіму – 69,6 %, 91,3 % і 73,9 % відповідно.

При використанні дисків із фенілбороною кислотою, етилендіамінтетраоцтовою кислотою та клоксациліном, встановлено, що отримані резистентні культури були продуцентами карбапенемаз класу А (n = 3) та містили AmpC (n = 3).

Чутливість до карбапенемів (доріпінем, іміпенем, іміпенем-релебактам, меропенем, меропенем-ваборбактам) коливалася в межах 52,2 % – 100%, із мінімальними показниками для ертапенему та максимальними – для іміпенему-релебактаму.

Відповідно до результатів скринінгу до норфлорсацину, чутливість до фторхінолонів становила 21,7 %, але стійкі до норфлорсацину ізоляти були протестовані індивідуально до ципрофлорсацину, левофлорсацину та моксіфлорсацину – показники чутливості коливалися в межах 43,5 % – 60,9 %.

У той же час, всі культури роду *НФГНМО* були чутливими до іміпенему – релебактаму та тобраміцину. Чутливість до амікацину

знаходилася на середньому рівні – 54,5 %. Продуцентами карбапенемаз були щонайменше 63,6 % досліджуваних культур.

За результатами тестування на фенотип резистентності встановлено, що 36,3 % ізолятів *НФГНМО* були продуцентами метало- β -лактамаз.

Згідно з опублікованими керівництвами EUCAST із додатками та оновленнями, зокрема, рекомендаціями щодо тестування на чутливість до антибіотиків суворих анаеробів, а саме, *Bacteroides*, включаючи *Porphyromonas*, *Veilonella spp.* та *Fusobacterium spp.*, суворі анаероби загалом мають хорошу хіміотерапевтичну чутливість. Їх чутливість до метронідазолу визначена як абсолютна. Чутливість до β -лактамів становила 78,0 % для піперациліну-тазобактаму та 91,5% для меропенему. Чутливими до кліндаміцину були 84,7 % отриманих культур. Чутливість до бензилпеніциліну у *Bacteroides spp.* та *Veilonella spp.* становила 52,4%.

Таким чином, в представленому підрозділі нами вивчено профіль чутливості до антибіотиків мікроорганізмів, асоційованих з розвитком каріозного процесу, що призводить до руйнування коронкових частин зубів. Встановлено, що карієсогенні мікроорганізми, пов'язані з формуванням дефектів зубів, наділені високими вірулентними властивостями, зокрема резистентністю до антибіотиків.

3.4. Адгезивна здатність мікроорганізмів, асоційованих з розвитком каріозного процесу, що призводить до формування часткових дефектів коронкових частин зубів

Дослідження ефективності біоплівкоутворення культур роду *Staphylococcus*, *Streptococcus*, а також *Enterobacterales* та *НФГНМО*, в зразках, отриманих від пацієнтів із каріозним ураженням твердих тканин зубів, показало, що всі клінічні ізоляти були здатні утворювати біоплівки.

Індекс адгезивності мікроорганізмів (ІАМ) роду *Staphylococcus* становив 5,0 (95 % ДІ 3,2 – 5,9) %. Між адгезивним потенціалом стафілококів

та їхньою біоплівко-утворювальною активністю розрахована пряма кореляційна залежність, для якої показник кореляції Спірмена $r_s = 0,81$ (95% ДІ 0,71-0,93). При цьому зазначимо, що 66,7 % ізолятів мали помірну щільність утворення біоплівки, 28,6 % – слабку, 4,7 % – високу.

Значення ІАМ роду *Streptococcus* становило 4,7 (95 % ДІ 3,1 – 5,7) %. Між адгезивним потенціалом стрептококів та їх біоплівко-утворювальною активністю також існувала пряма кореляційна залежність, для якої розрахунковий показник кореляції Спірмена $r_s = 0,84$ (95 % ДІ 0,72-0,93). Відповідно 70,1 % ізолятів мали помірну щільність утворення біоплівки, 26,0 % – слабку, 3,9 % – високу.

Величина ІАМ *Enterobacterales* становила 6,5 (95 % ДІ 4,0 – 7,1) %. Між адгезивним потенціалом *Enterobacterales* та біоплівко-утворювальною активністю існувала пряма кореляційна залежність, розрахунковий показник кореляції Спірмена $r_s = 0,81$ (95 % ДІ 0,45-0,95). 43,5 % ізолятів мали помірну щільність утворення біоплівки, 26,1 % – слабку, 30,4 % – високу.

Нарешті, показник ІАМ роду *НФГНМО* становив 8,3 (95 % ДІ 6,5 – 8,1) %. Між адгезивним потенціалом *НФГНМО* та біоплівко-утворювальною активністю існувала пряма кореляційна залежність із розрахунковим показником кореляції Спірмена $r_s = 0,91$ (95% ДІ 0,73-0,96). Зазначимо, що половина ізолятів *НФГНМО* мала високі показники щільності утвореної біоплівки.

Отже, в теперішньому дослідженні встановлено, що карієсогенні мікробні збудники є активними продуцентами біоплівок. При збереженні їх складу та кількості при застосуванні композитних реставрацій для відновлення коронкових частин зубів, можна прогнозувати швидке утворення біоплівок, яке здатне сприяти розвитку вторинного каріозного процесу в реставрованих зубах.

Підсумовуючи результати мікробіологічних досліджень, наведених в третьому розділі, можна зробити наступні висновки.

По-перше, мікробіота ротової порожнини відіграє важливу роль в розвитку патологічних процесів в твердих тканинах зуба та може бути пов'язаною з розвитком каріозного руйнування коронок зубів. При цьому мікробіоценоз ротової порожнини характеризується наявністю відомих карієсогенних мікроорганізмів, зокрема *Streptococcus mutans*, *Fusobacterium spp.*, *Prevotella spp.*, а також наявністю опортуністичних збудників *Enterobacterales*, *НФГНМО* та *Candida albicans*. Роль останніх в розвитку захворювань людини на сьогодні залишається остаточно не з'ясованою, проте наші результати свідчать, що дані мікроорганізми є значущими в патогенезі карієсу зубів. Ще однією характеристикою каріозного процесу є зменшення біологічного навантаження мікроорганізмами з відомими захисними властивостями, зокрема *Streptococcus salivarius*, *Aerococcus viridans* та *Veillonella spp.*

По-друге, різні методи відновлення коронкових частин зубів мають різний вплив на оральний мікробіоценоз. При порівнянні наслідків застосування прямих композитних реставрацій, металокерамічних та цирконієвих вкладок виявлено, що останні мали найбільш сприятливий вплив на оральний мікробіоценоз. Так, використання цирконієвих вкладок призводило до накопичення коменсалів *Streptococcus salivarius* та *Aerococcus viridans*, а також найбільш вираженого, в порівнянні з іншими методами відновлювального лікування, наближення мікробного спектру до здорової когорти учасників дослідження, а отже – до стану еубіозу.

В-третьє, мікроорганізми, пов'язані з розвитком каріозного процесу в твердих тканинах зуба, наділені високими вірулентними властивостями, зокрема, резистентністю до антибіотиків.

В-четвертих, опортуністи, пов'язані з розвитком карієсу твердих тканин зубів, характеризуються високими адгезивними властивостями та здатністю до утворення складних мікробних консорціумів – біоплівки, що ефективно конкурують за поживний субстрат в полімікробному середовищі. Тож, така властивість є додатковим фактором стримування коменсальної

колонізації і може призводити до подальших негативних зрушень в оральному мікробіоценозі.

В-п'ятих, згідно з результатами проведеного мікробіологічного дослідження вибір методики та матеріалу для відновлення часткового дефекту коронкової частини зуба здатний вплинути не тільки на прогноз здійсненого відновлювального лікування, а й визначає особливості мікробіоценозу ротової порожнини. Так, найкращий вплив на його склад визначається при застосуванні непрямих цирконієвих реставрацій.

Виходячи з вищезазначеного, а саме задля доведення переваги непрямих цирконієвих реставрацій з позицій біомеханіки, надалі нами проведено експериментальне дослідження напружено-деформованих станів, результати якого надані в наступному розділі.

Результати мікробіологічного дослідження, представлені в даному розділі, опубліковані в роботах [26, 27, 168].

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИХ СТАНІВ КОРОНКОВИХ ЧАСТИН МОЛЯРІВ, ВІДНОВЛЕНИХ КОМПОЗИТНИМИ, КЕРАМІЧНИМИ ТА ЦИРКОНІЄВИМИ ВКЛАДКАМИ

Після тестування розроблених дискретних моделей для дослідження НДС БС «зуб-реставрація» проводили їх перевірку на адекватність та відповідність чисельних результатів в зонах високих градієнтів напруги інструментами та методами системи програмних кодів ANSYS 12.1.

Задання розмірів СЕ коригували в зонах високих градієнтів напруги цементу, емалі та дентину та співвідносили як 1 до 5 до геометричних характеристик цементного прошарку товщиною 0,5 мм для всіх трьох моделей БС.

Надалі проводили оцінку максимальних величин переміщень, розподілів еквівалентної за Мізесом напруги в структурних елементах кожного типу моделей БС та розрахункових величин коефіцієнтів запасу міцності, що обчислювали як відношення величин межі міцності матеріалів відповідних структур до максимальних розрахункових величин еквівалентної за Мізесом напруги, масштабованих із коефіцієнтом 10 для силового навантаження БС у 100 Н.

Аналіз жорсткості моделей БС, які вивчалися, показав, що максимальні переміщення структурних елементів в усіх трьох моделях не перевищували відповідно 5,6 мкм для композиту, 5,1 мкм – для кераміки та 5,3 мкм – для діоксиду цирконію (рис. 4.1, 4.2, 4.3).

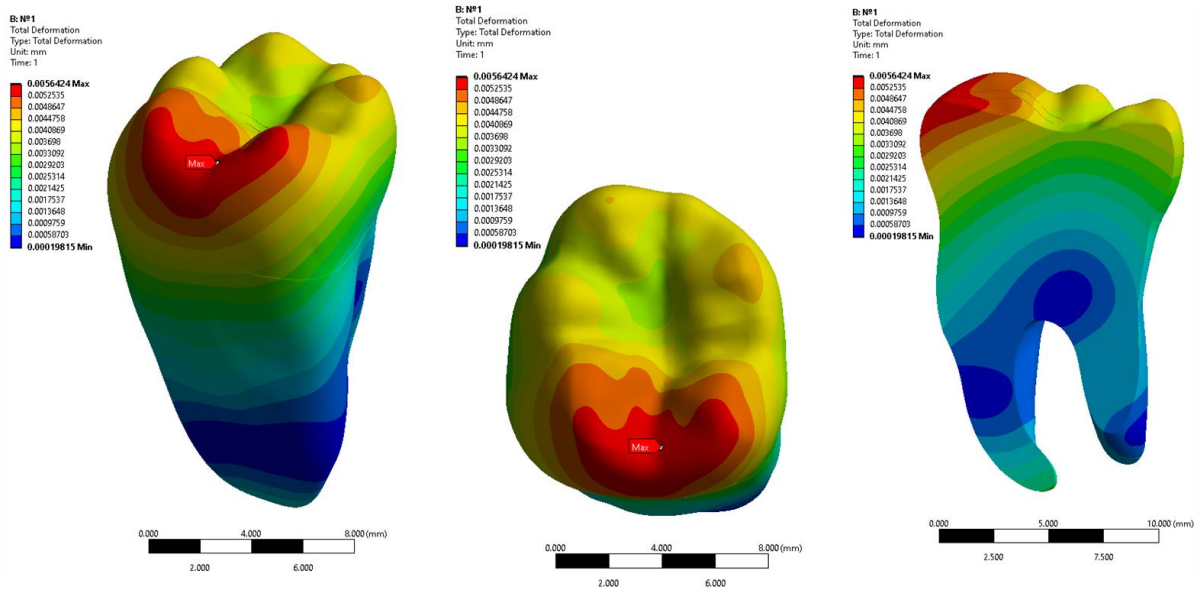


Рис. 4.1. Поля переміщень в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений композитною вкладкою, при силовому навантаженні на поверхню в 100 Н

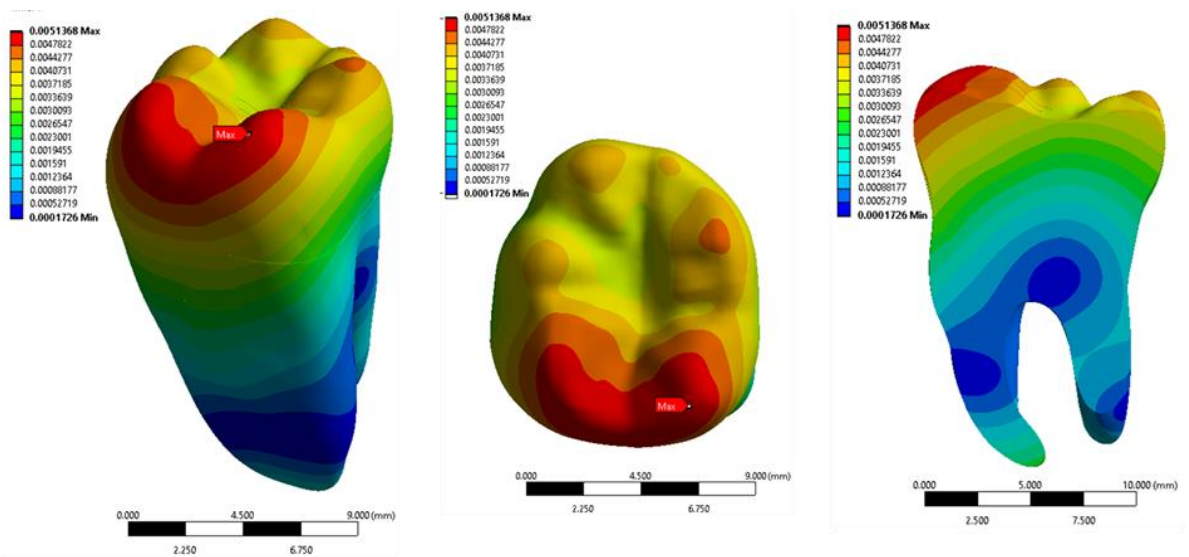


Рис. 4.2. Поля переміщень в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений керамічною вкладкою, при силовому навантаженні на поверхню в 100 Н

Відповідно, відносна максимальна величина змін жорсткості моделей БС дорівнювала 3,1 % між керамічною та цирконієвою вкладкою; 6,4 % – між цирконієвою та композитною; 9,7 % – між керамічною та композитною.

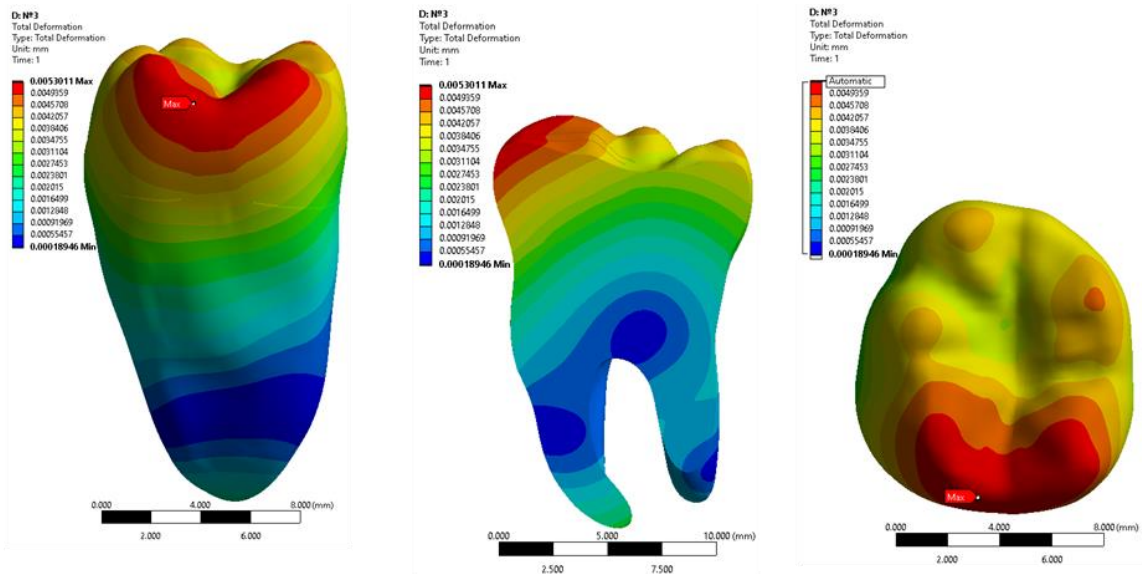


Рис. 4.3. Поля переміщень в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений цирконієвою вкладкою, при силовому навантаженні на поверхню в 100 Н

Аналіз результатів розрахунків еквівалентної за Мізесом напруги в БС першого нижнього моляра, коронкові частини яких відновлені вкладками, виготовленими з різних матеріалів, для силового навантаження з амплітудою 100 Н, показав, що найбільші градієнти напруги реєструються на межі цементного прошарку.

Однак слід брати до уваги, що характер передачі зусиль, також як і розподіл напруги різний для різних конструкційних матеріалів.

Так, максимальна напруга, яка дорівнювала 12,7 МПа, спостерігалася в моделі БС із композитною вкладкою (рис. 4.4).

При цьому концентрацію напруги виявляли виключно в локальній зоні розташування поверхні силового навантаження в ділянці цементного прошарку, де градієнт напруги по його товщині складав $13,0 \cdot 10^{-3}$ МПа/м. При цьому обсяг деформацій тіла цементного прошарку визначали як обмежений (рис. 4.5).

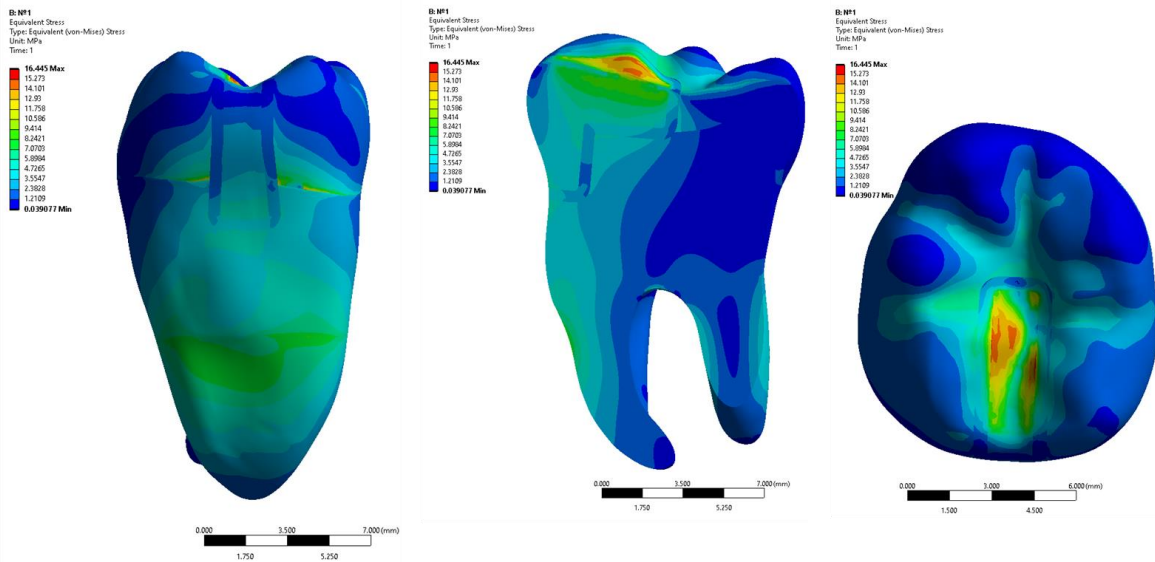


Рис. 4.4. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений композитом, при силовому навантаженні в 100 Н

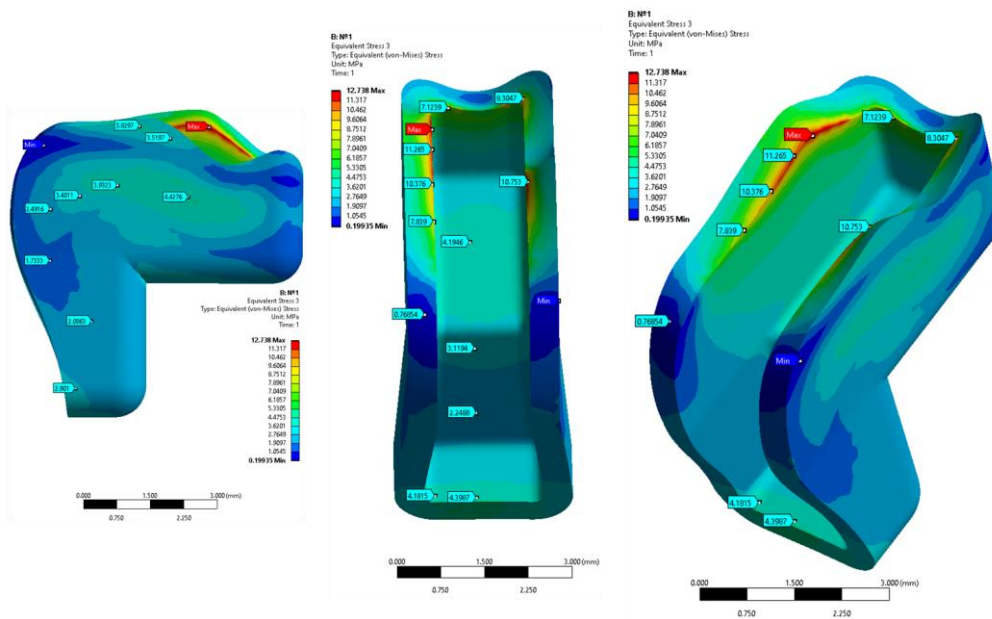


Рис. 4.5. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в цементному прошарку в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений композитом, при силовому навантаженні в 100 Н

Величини еквівалентної за Мізесом напруги для композитної вкладки (рис. 4.6) на поверхні силового навантаження знаходилися в інтервалі від 16,5 МПа до 11,2 МПа.

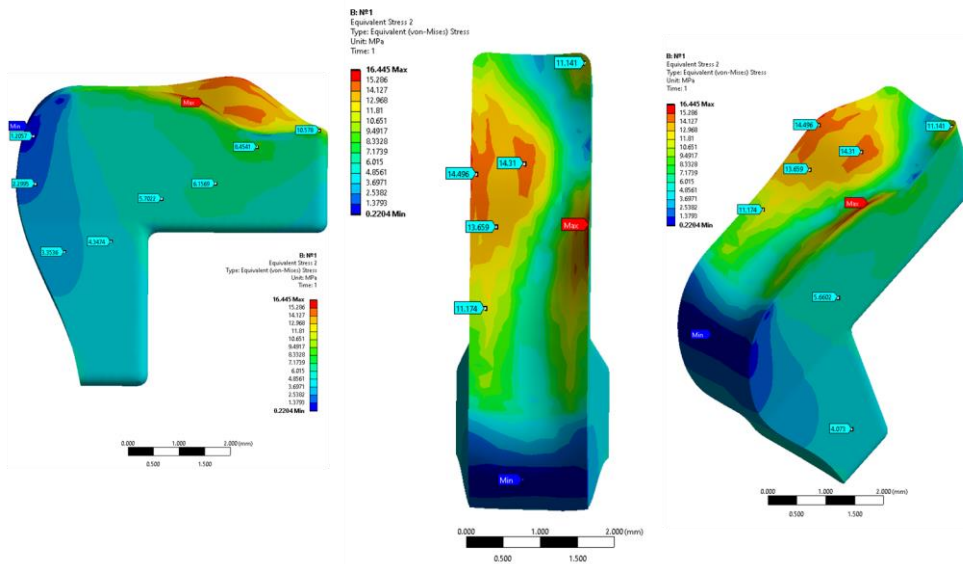


Рис. 4.6. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в композитній вкладці в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра при силовому навантаженні в 100 Н

У свою чергу, напруга на поверхні дентину не перевищувала 5,4 МПа (4.7 а). Величини напруги для емалі зуба мали рівномірний розподіл амплітуд в діапазоні від 3,6 МПа до 8,2 МПа без особливостей (рис. 4.7 б).

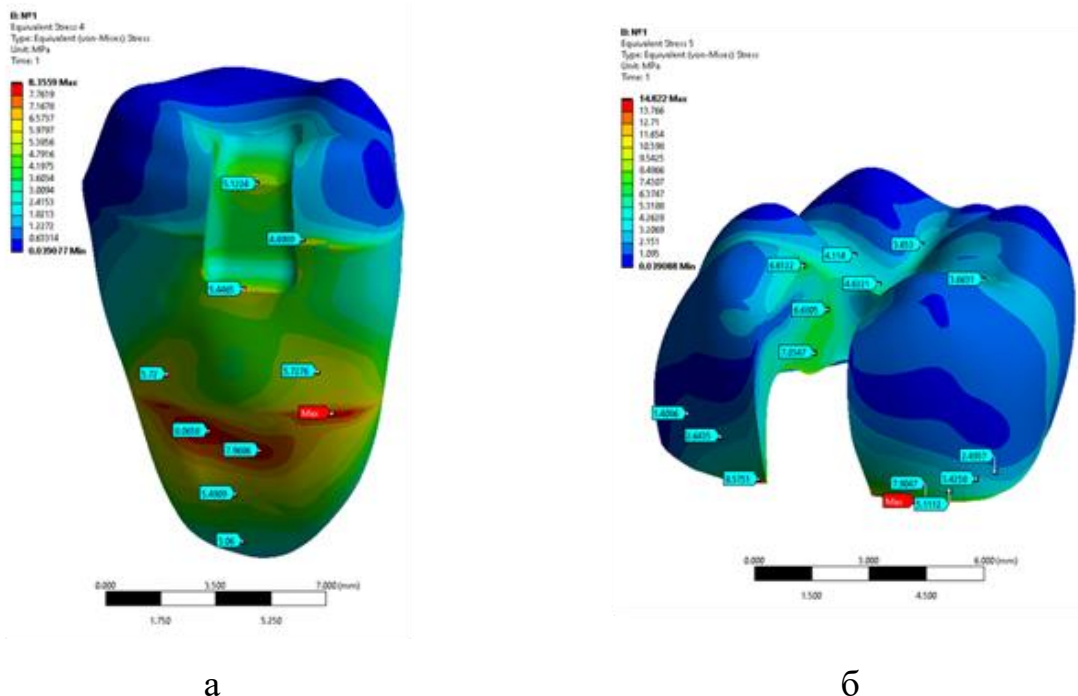


Рис. 4.7. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в дентині (а) та в емалі (б) в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений композитом, при силовому навантаженні в 100 Н

Для силового навантаження у 100 Н, прикладеного до поверхні керамічної вкладки, деформаційна відповідь БС відрізнялася певними закономірностями НДС порівняно з деформацією композиту (рис. 4.8).

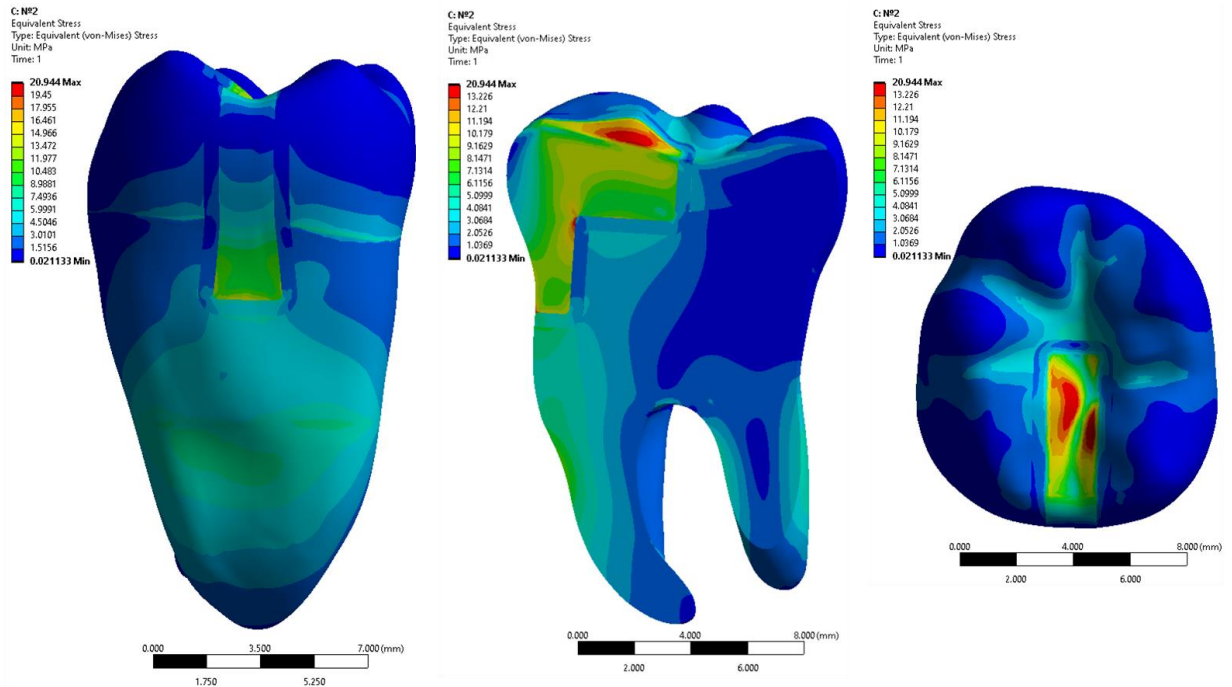


Рис. 4.8. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений керамікою, при силовому навантаженні в 100 Н

Максимальна напруга цементного прошарку виявлена на нижній опорній поверхні контакту з вкладкою, де її величини були в 1,4 рази більшими, аніж на інших поверхнях. В цій ділянці напруга мала максимальні значення, що складала 7,5 МПа (рис. 4.9).

В той же час напруга на поверхні силового навантаження керамічної вкладки не перевищувала 14,1 МПа, а в її нижній зоні контакту з цементним прошарком – 12,6 МПа. Для керамічної вкладки спостерігали типовий вид розподілу напруги із затуханням її амплітуд (від 4,2 МПа до 3,7 МПа) в емалі на поверхні прикладання вектору силового навантаження (рис. 4.10).

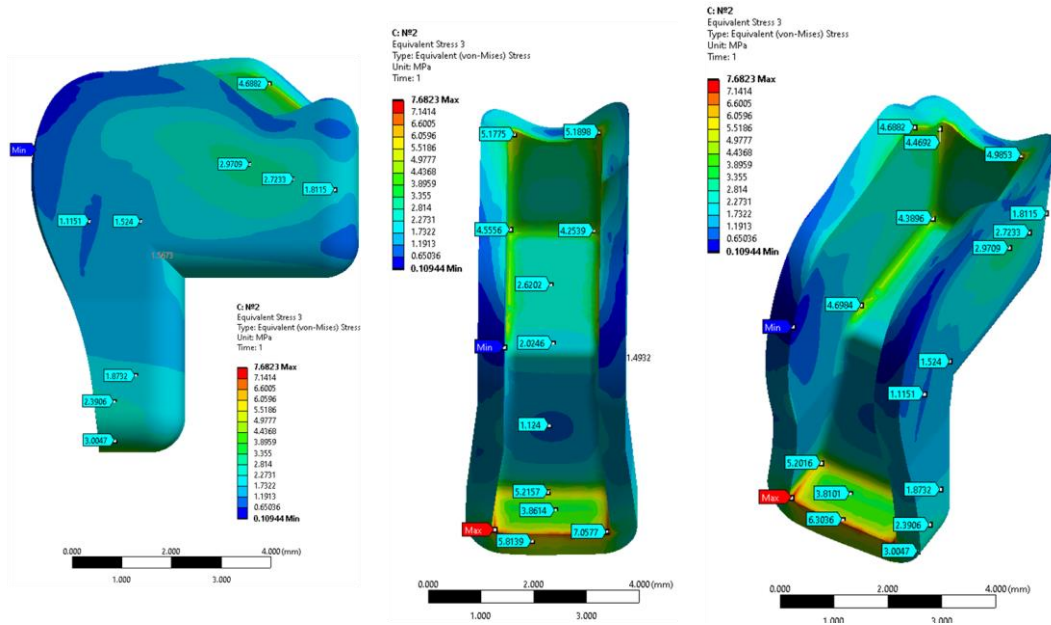


Рис. 4.9. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в цементному прошарку в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений керамікою, при силовому навантаженні в 100 Н

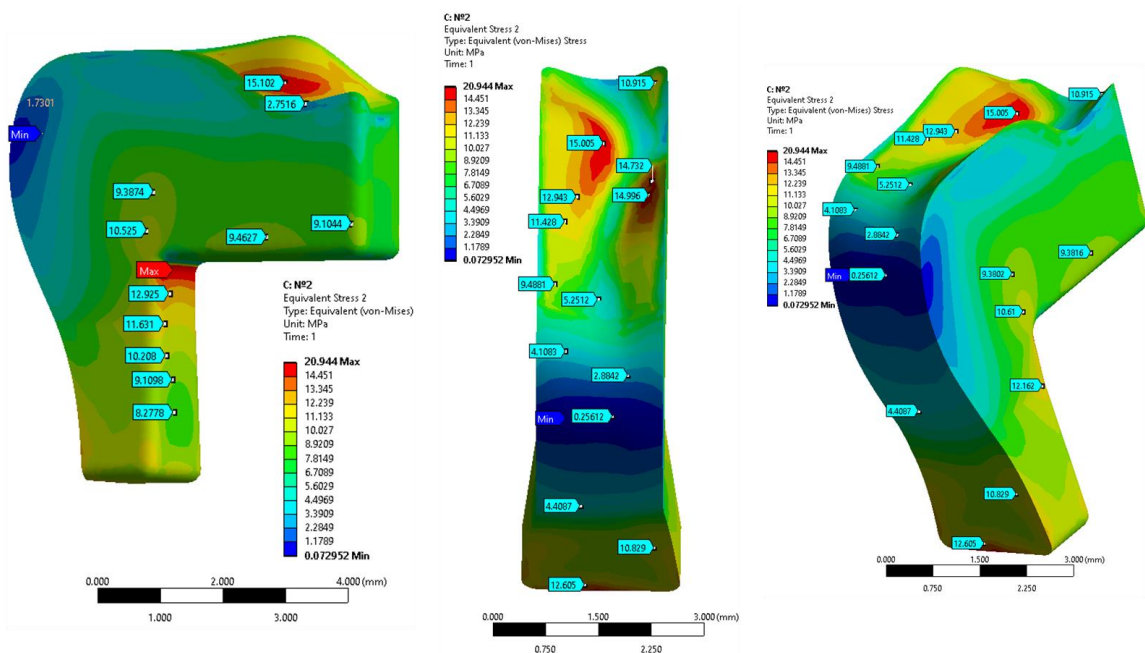


Рис. 4.10. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в керамічній вкладці в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра при силовому навантаженні в 100 Н

Застосування кераміки замість композиту при виготовленні вкладки, що відновлює коронкову частину моляра, призвело до перерозподілу зусиль на поверхнях контакту між цементом та дентином. При цьому найбільш

навантаженою була нижня контактна поверхня цементу вкладки на межі з дентином. Одночасно у верхній частині дентину еквівалентна за Мізесом напруга змінювалася від 2,3 МПа до 6,4 МПа (рис. 4.11).

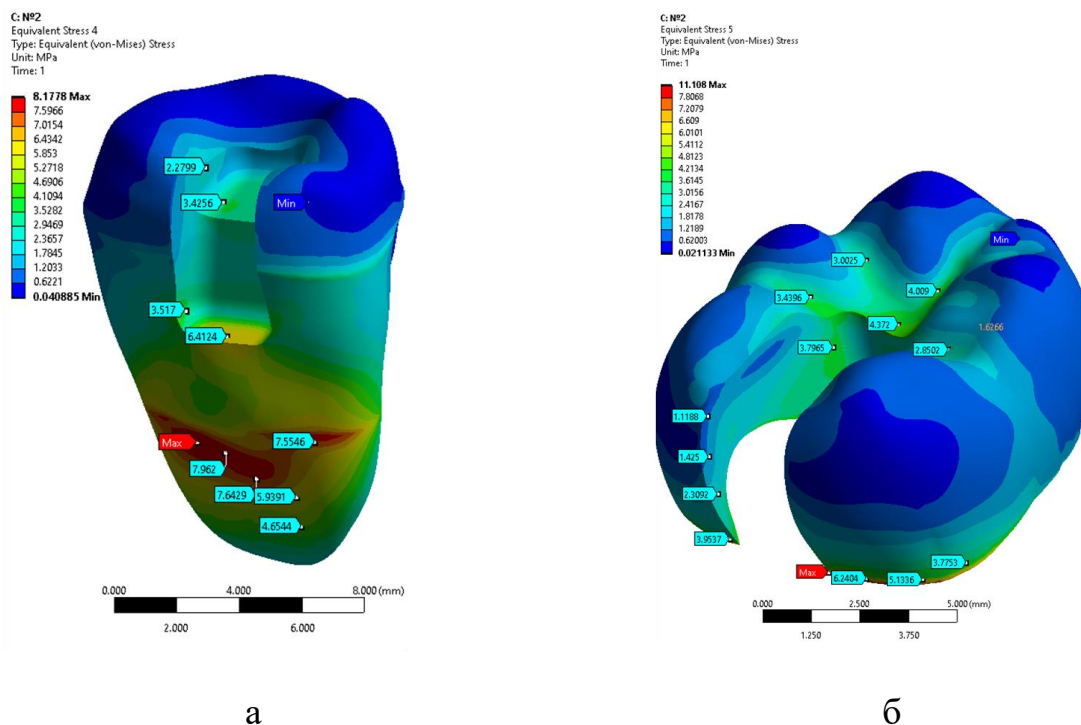


Рис. 4.11. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в дентині (а) та в емалі (б) в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений керамікою, при силовому навантаженні в 100 Н

Вивчення зон максимальної напруги для БС «зуб-цирконієва вкладка» (рис. 4.12) дозволило виявити їх переважну локалізацію в центрі оклюзійної поверхні вкладки зі значеннями 24,6 МПа (рис. 4.13) та в зоні зміни її просторової конфігурації на межі з цементом, де напруга дорівнювала 17,7 МПа (рис. 4.14).

Для даної БС нами встановлений більш рівномірний, порівняно з іншими БС, розподіл полів концентрації напруги, що не перевищував 7,9 МПа, в ділянці найбільшої кривизни профіля цементного прошарку на поверхні контакту з дентином.

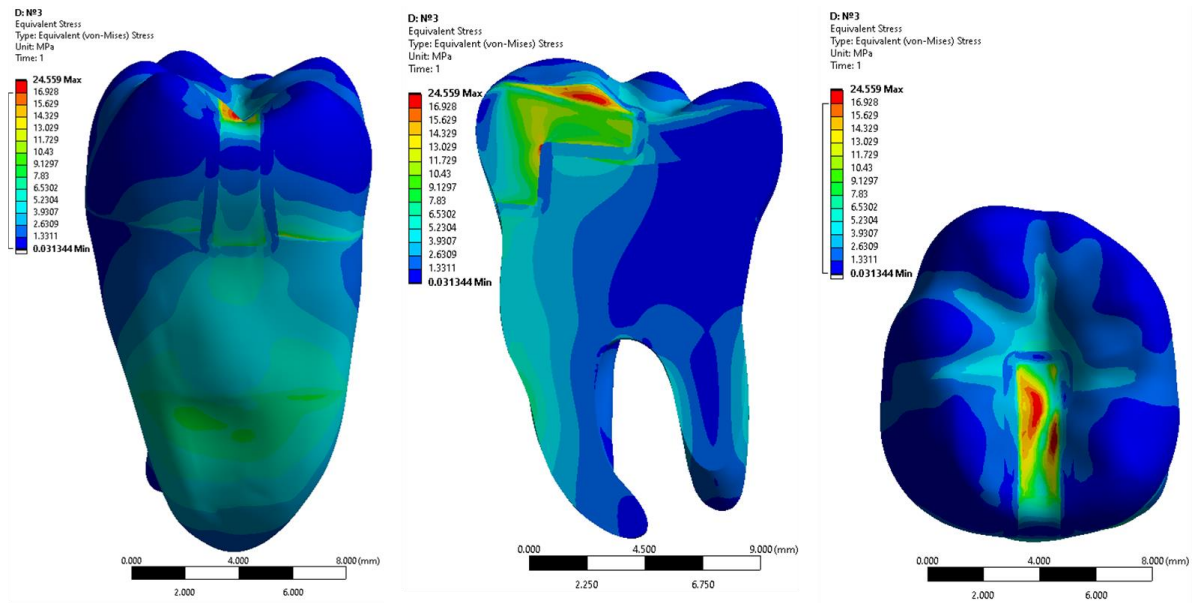


Рис. 4.12. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений цирконієвою вкладкою, при силовому навантаженні в 100 Н

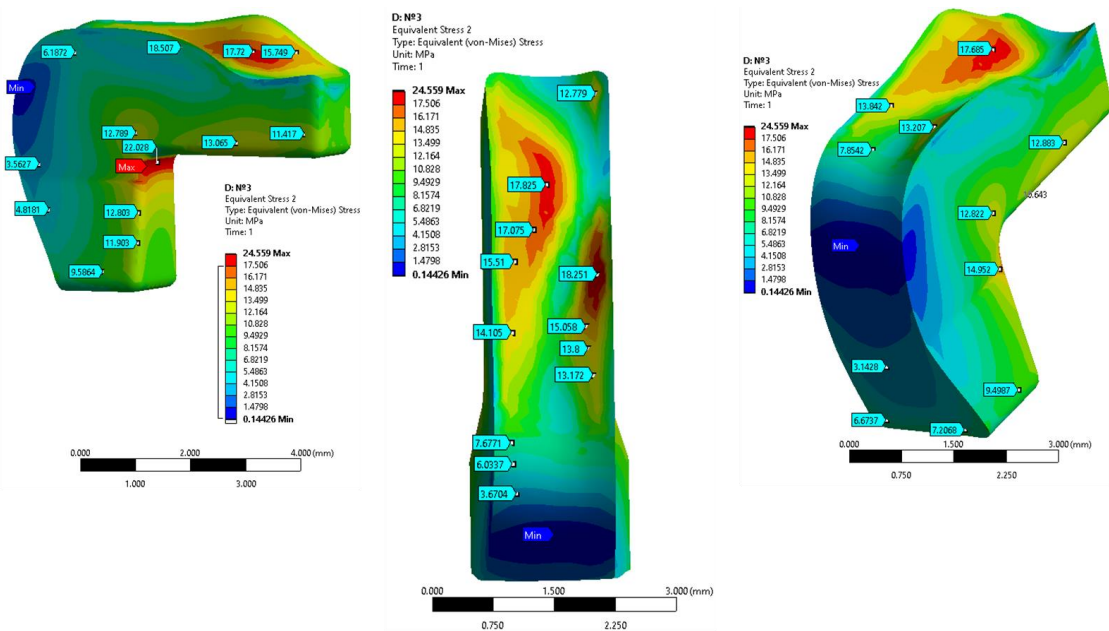


Рис. 4.13. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в цирконієвій вкладці в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра при силовому навантаженні в 100 Н

В ділянках контакту дентину та цементу напруга не перевищувала 6,7 МПа, тоді як для частини поверхні дентину БС із кінематичними нерухожими опорами вона досягали максимальних значень у 8,3 МПа (рис. 4.15).

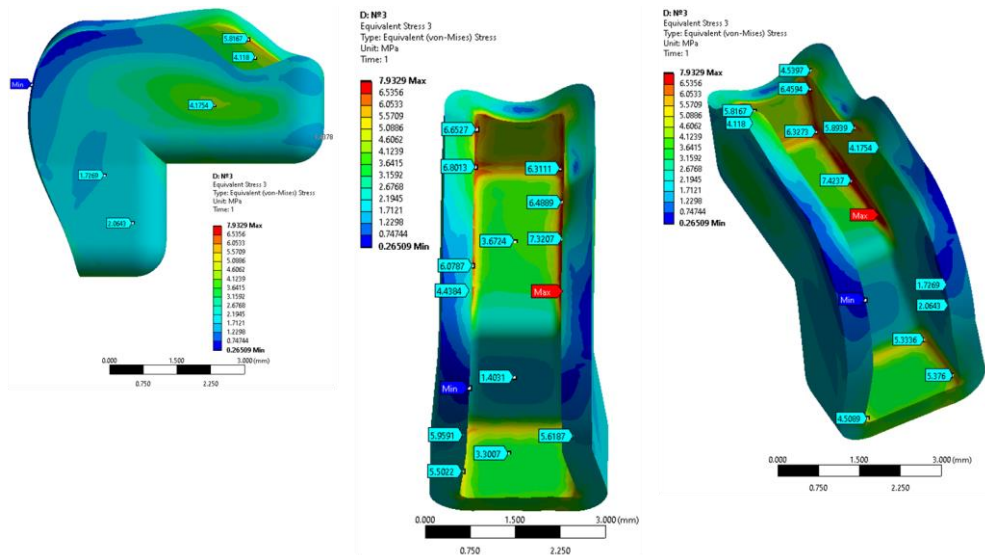


Рис. 4.14. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в цементному прошарку в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений цирконієвою вкладкою, при силовому навантаженні в 100 Н

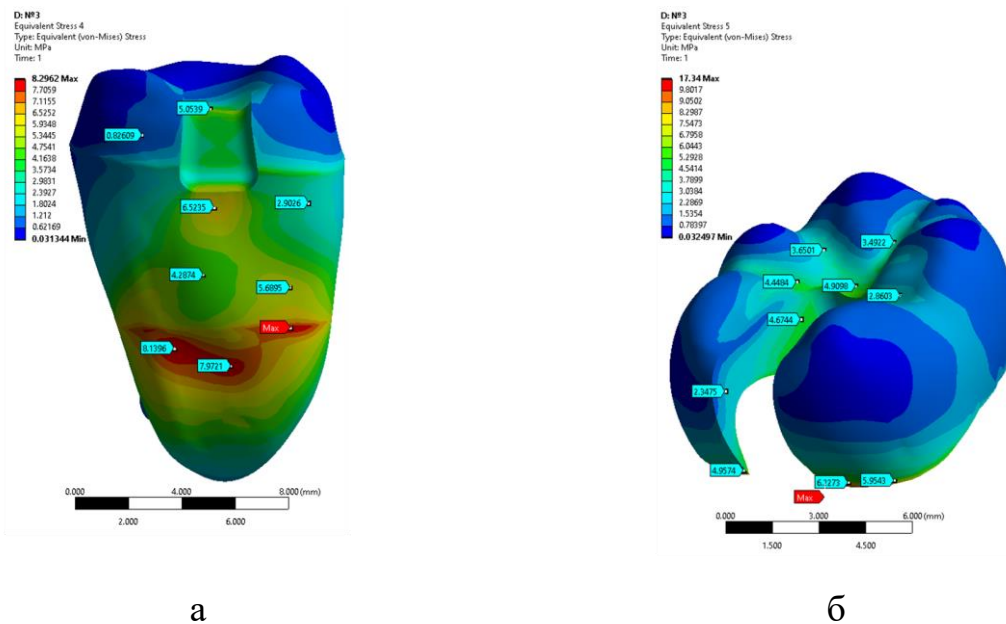


Рис. 4.15. Поля еквівалентної за Мізесом напруги в дентині (а) та в емалі (б) в імітаційній моделі БС першого нижнього моляра з цирконієвою вкладкою, при силовому навантаженні в 100 Н

Отримані значення величин еквівалентної за Мізесом напруги та запасів міцності для структурних елементів трьох моделей БС першого нижнього моляра, дефект коронкової частини якого відновлений вкладками, виготовленими з різних матеріалів, представлений в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Максимальні величини еквівалентної за Мізесом напруги та запаси міцності для структурних елементів імітаційних моделей БС, що вивчались

Тканина/ матеріал	Композит		Кераміка		Діоксид цирконію	
	Еквівалентна за Мізесом напруга (МПа)	Запас міцності	Еквівалентна за Мізесом напруга (МПа)	Запас міцності	Еквівалентна за Мізесом напруга (МПа)	Запас міцності
Дентин	81,7	6,1	81,8	6,1	83,0	6,0
Емаль	142,8	3,1	111,1	4,0	173,4	2,6
Цемент	127,4	0,9	76,8	1,6	79,3	1,5
Вкладка	164,5	1,8	209,4	2,6	245,6	3,7

Таким чином, згідно з проведеними розрахунками, встановлено суттєві відмінності у розподілі НДС та в показниках запасів міцності для структурних елементів трьох моделей БС, що вивчались.

При цьому найменш виграшною з позицій біомеханіки виявилася БС нижнього моляра, MOD порожнина в якому відновлена композитною вкладкою. На відміну від керамічної та цирконієвої вкладок, де коефіцієнти запасу міцності відповідно склали $n = 1,6$ та $n = 1,5$, значення для композитного матеріалу $n < 0,9$ (див. табл. 4.1).

Найбільший коефіцієнт запасу міцності, що дорівнював $n = 3,7$, мала вкладка з діоксиду цирконію. При цьому дентин мав шестикратні запаси міцності, а емаль відповідно $n = 4$ та $n = 2,6$, що свідчить про найбільшу витривалість до функціонального навантаження інтактної коронки зуба.

Отже, проведені нами дослідження БС «зуб – реставрація» за умови використання різних матеріалів (композиту, кераміки, діоксиду цирконію) із застосуванням методу скінченних елементів, результати чого представлені в розділі 4, дозволили нам зробити наступні висновки.

По-перше, створені комп'ютерні імітаційні моделі БС першого нижнього моляра виявилися показовими щодо порівняльного вивчення розподілу НДС із застосуванням МСЕ. При цьому для визначення геометричних характеристик просторової поверхні зуба доцільною до застосування є технологія цифрового сканування.

По-друге, проведені розрахунки дозволили встановити закономірності розподілу НДС в імітаційних моделях БС першого нижнього моляру, оклюзійно-апроксимальна порожнина в якому відновлена вкладками, виготовленими з різних конструкційних матеріалів.

В-третьє, найбільші значення еквівалентної за Мізесом напруги одночасно з найменшими коефіцієнтами запасу міцності, виявлені для моделі БС нижнього моляра, відновленого композитною вкладкою, що свідчить про найменшу витривалість даного матеріалу до функціонального (оклюзійного) навантаження.

В-четвертє, застосування кераміки для відновлення часткового дефекту коронкової частини моляра призводить до більш сприятливого розподілу НДС у порівнянні з композитними матеріалами, але поступається за значенням коефіцієнту міцності цирконієвим вкладкам.

В-п'ятих, за розрахованими полями переміщень та еквівалентної напруги за Мізесом, а також показниками запасів міцності, встановлено, що вкладка, виготовлена з діоксиду цирконію) є найбільш прийнятним методом реставрації молярів.

В-шостих, отримані результати вивчення імітаційних моделей БС із застосуванням МСЕ доцільно враховувати в практиці ортопедичної

стоматології при виборі конструкційного матеріалу для протезування молярів вкладками.

Результати дослідження НДС, приведені в даному розділі, представлені в роботі [28].

РОЗДІЛ 5

РЕЗУЛЬТАТИ КЛІНІЧНОГО ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ ВИДІВ РЕСТАВРАЦІЙ БОКОВИХ ЗУБІВ

Відразу після проведеного лікування всі виконані реставрації молярів відповідали вимогам, тобто бальній оцінці «А» за всіма критеріями (рис. 5.1).



а

б

в

Рис. 5.1. Часткові реставрації молярів: а – пряма композитна, б – непряма металокерамічна; в – непряма цирконієва

В свою чергу, через 12 місяців результати відновлювального лікування при використанні різних видів реставрацій різнилися за встановленими критеріями (табл. 5.1).

Згідно з наданою критеріальною оцінкою успішними, тобто тими, які відповідають балам «А» та «В» за усіма критеріями були 95,8 % із 144 прямих композитних реставрацій, 97,0 % із 137 металокерамічних та 100 % із 122 цирконієвих (рис. 5.2).

Таблиця 5.1

**Результати клінічної оцінки реставрацій за модифікованими критеріями
USPHS у віддалений термін спостереження (через 12 місяців)**

Критерій	Бали	Характеристика	Реставрація		
			пряма компо- зитна (n=144)	метало- керамічна (n=137)	цирко- нієва (n=122)
Анатомічна форма (зношування)	A	Первинна незмінна	91	137	122
	B	Зміни форми, що клінічно припустимі	47	0	0
	C	Значне стирання	6	0	0
Крайова (маргінальна) адаптація	A	Щільне прилягання	111	120	119
	B	Незначне порушення, клінічно припустиме	32	13	3
	C	Крайовий зазор	0	4	0
Текстура поверхні	A	Подібна до емалі	104	137	122
	B	Шорсткіша ніж емаль	37	0	0
	C	Неприйнятно шорстка	0	0	0
Крайове порушення кольору	A	Повністю відсутні	136	137	122
	B	Незначно виражені	8	0	0
	C	Неприпустимі порушення	0	0	0
Ретенція	A	Наявна	132	137	122
	B	Частково втрачена, але клінічно припустима	0	0	0
	C	Клінічно не припустиме часткове або повне порушення	0	0	0
Вторинний карієс	A	Немає	144	137	122
	C	Є	0	0	0

Втім, слід зазначити, що в дослідних групах різнився склад прийнятних результатів, тобто кількість реставрацій, що відповідали балам «А» та «В» була різною (рис. 5.3).

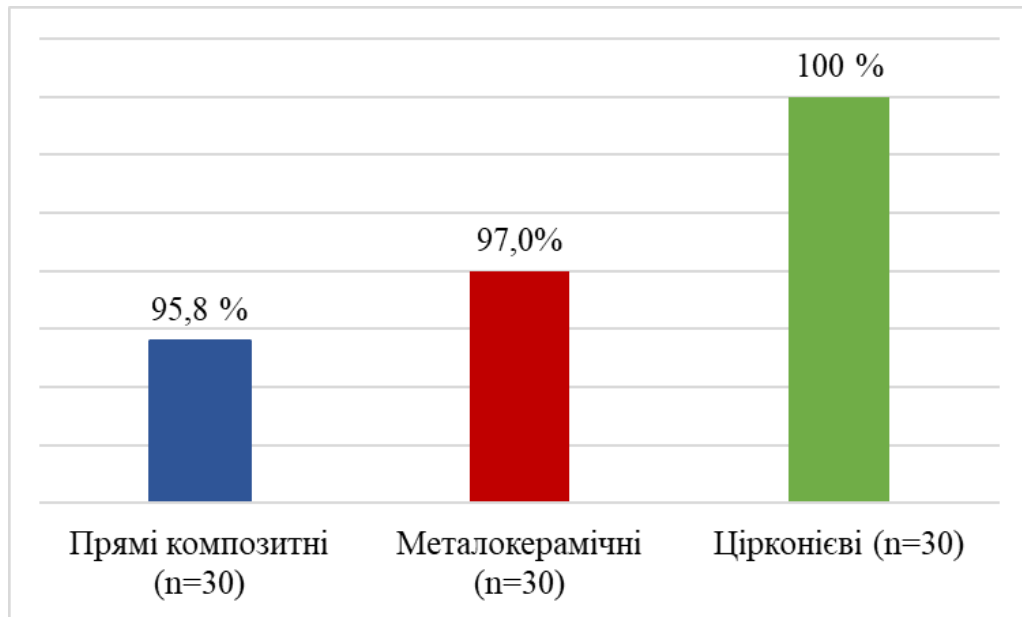


Рис. 5.2. Порівняльна оцінка ефективності реставрацій молярів, виконаних з різних матеріалів, у віддалений термін спостереження (%)

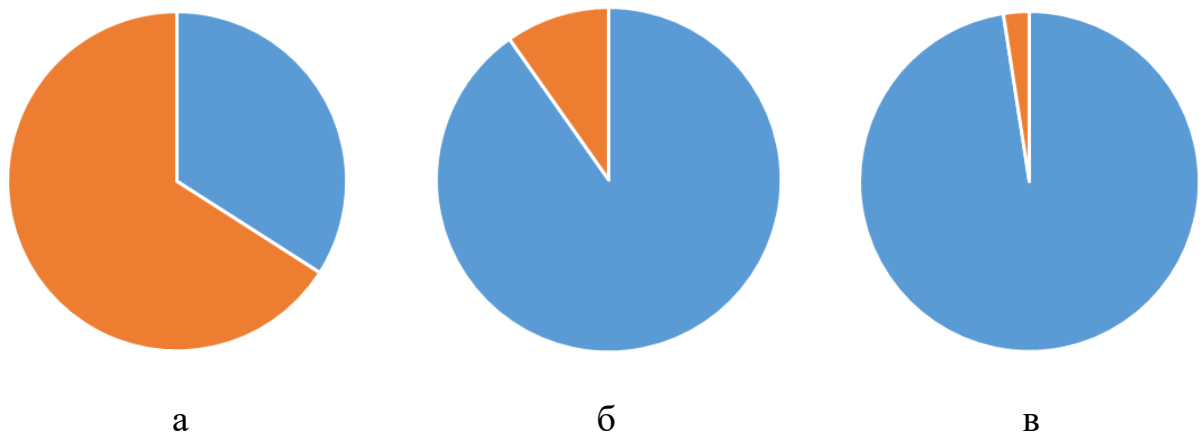


Рис. 5.3. Кількість реставрацій, що відповідали літері «А» за всіма критеріями (блакитний колір), та тих, що відповідали літері «В» хоча б за одним критерієм (помаранчевий колір): а – композитні; б – металокерамічні; в – цирконієві

Серед 138 прийнятних композитних реставрацій мали оцінку «В» за чотирма критеріями 5,8 %, за трьома – 20,3 %, за двома – 34,1 %, за одним – 5,8 %. Згідно наведених в табл. 5.1 результатів, найбільш проблематичними

для композитних реставрацій були критерії зношування, крайової адаптації, текстури поверхні.

Відповідно серед 133 задовільних металокерамічних вкладок літері «В» за ознакою крайової адаптації відповідали 9,8 %.

Вкладки на основі діоксиду цирконію продемонстрували найкращий результат у віддалений термін: лише в 2,5 % випадках із 122 спостережень встановлений рівень відповідності «В» за критерієм крайового прилягання.

У свою чергу, як видно з рис. 5.4, у віддалений термін спостереження неприйнятними, які відповідають літері «С» хоча б за однією ознакою та потребують заміни, слід визнати 6 прямих композитних реставрацій (4,1 %) та 4 металокерамічні вкладки (3,0 %).

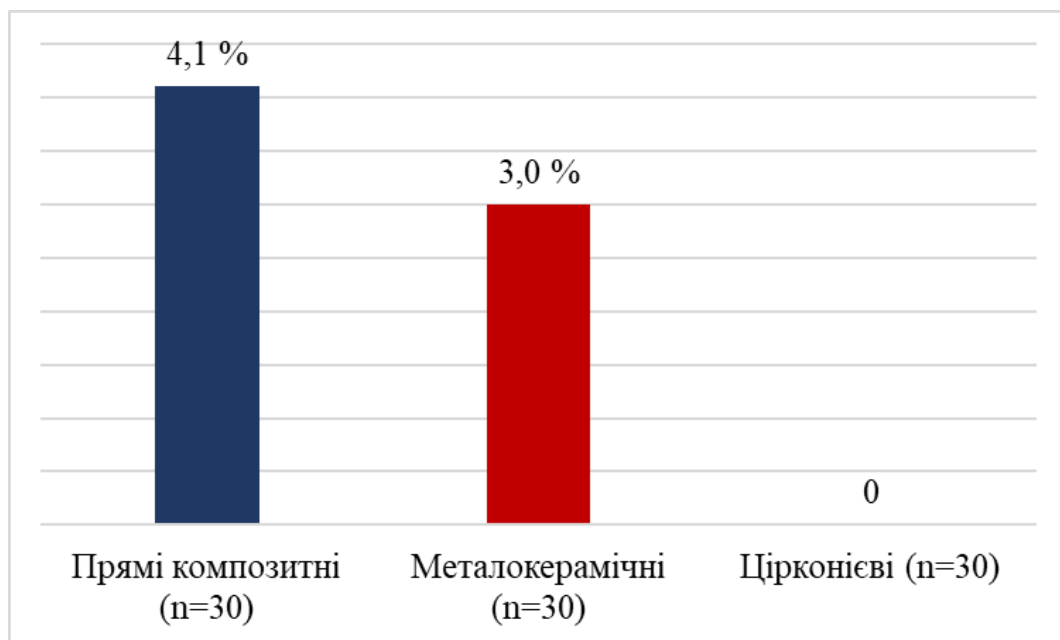


Рис. 5.4. Порівняльна оцінка показників потреби заміни реставрації у віддалений термін (%)

Причиною невдалих композитних реставрацій в усіх випадках було надмірне стирання оклюзійної поверхні. Для металокерамічних вкладок проблема неефективного відновлювального лікування полягала в порушенні крайового прилягання (див. табл. 5.1).

Слід зазначити відсутність порушень за такими критеріями як ретенція та вторинний карієс для всіх реставрацій. Вкладки виявилися більш ефективними щодо збереження кольору та гладкості поверхні порівняно з композитними матеріалами.

Отже, за результатами наших спостережень використання композитних матеріалів для відновлення дефектів апроксимальних поверхонь молярів призводить до стирання оклюзійної поверхні внаслідок жувального навантаження. Тоді як причина невдалого протезування металокерамічними вкладками головним чином полягає у порушенні цілісності цементного прошарку. Проте даний недолік можливо усунути шляхом використання вдосконалених бондингових систем та композитних матеріалів.

Результати оцінки стану тканин пародонта у віддалений термін після відновлювального лікування представлені на рис. 5.5.

Відновлення апроксимальних поверхонь бокових зубів композитними матеріалами викликало погіршення гігієни ротової порожнини, що проявлялося збільшенням індексів гігієни та гінгівіту порівняно з контролем ($p < 0,05$). В свою чергу, це призводило до розвитку запальних явищ в тканинах маргінального пародонта та руйнуванню періодонтальної зв'язки, що характеризувалося поглибленням зубоясенного з'єднання порівняно зі значеннями контрольної групи ($p < 0,05$).

На наш погляд, розвиток маргінального гінгівіту спричинює складність відновлення точкових міжзубних контактів безпосередньо в ротовій порожнині при прямих реставраціях.

Відповідно, протезування часткових дефектів зубів вкладками не сприяло розвитку запально-деструктивних явищ в навколозубних тканинах та забезпечувало задовільний стан гігієни. Найкращі результати щодо періодонтального здоров'я отримані для цирконієвих реставрацій. Вирішальним у збереженні стану тканин пародонта було розташування краю реставрації на рівні ясенного краю.

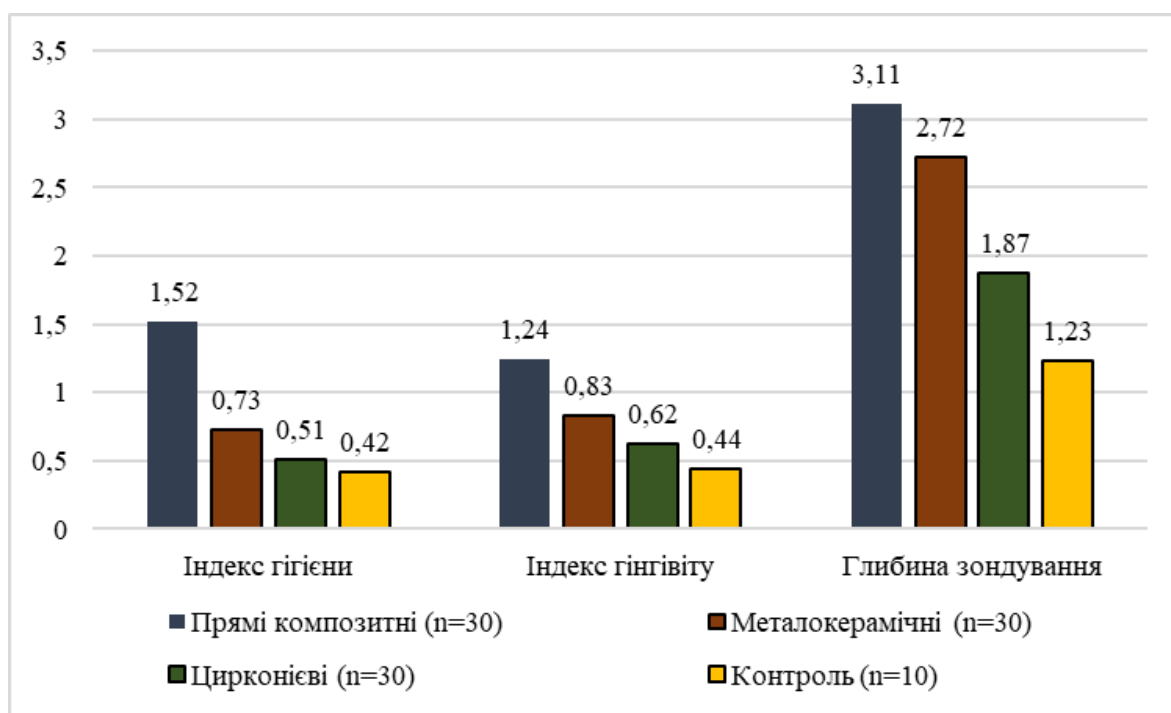


Рис. 5.5. Середні значення індексів гігієни та гінгівіту (за Сілнес-Лоу) та глибини зондування пародонтальних кишень (за Вільямсом) для різних видів реставрацій зубів через 12 місяців після проведеного лікування (бали)

Слід зазначити, що в жодного хворого критичного стану тканин пародонта після проведеного відновлювального лікування, який потребував спеціального лікування, не діагностовано.

Щодо оклюзійних співвідношень, комп'ютерний аналіз довів, що відразу після проведеного лікування вдалося досягти оптимальної інтеркуспідації в усіх оклюзіях, про що свідчило рівномірне забарвлення оклюзійної поверхні зубних рядів синього кольору в усіх дослідних хворих.

Таким чином, якісний результат відновлення оклюзії можна забезпечити всіма застосованими методиками, а саме методом клінічної оклюзіографії, моделюванням оклюзійних поверхонь реставрацій в артикуляторі, а також шляхом CAD/CAM моделювання.

Водночас, через рік після проведеного лікування збереження оклюзійного балансу реєструвалося тільки у пацієнтів із непрямими реставраціями, тоді як прямі композитні матеріали не дозволили зберегти оптимальні оклюзійні співвідношення в усіх дослідних пацієнтів (рис. 5.6).

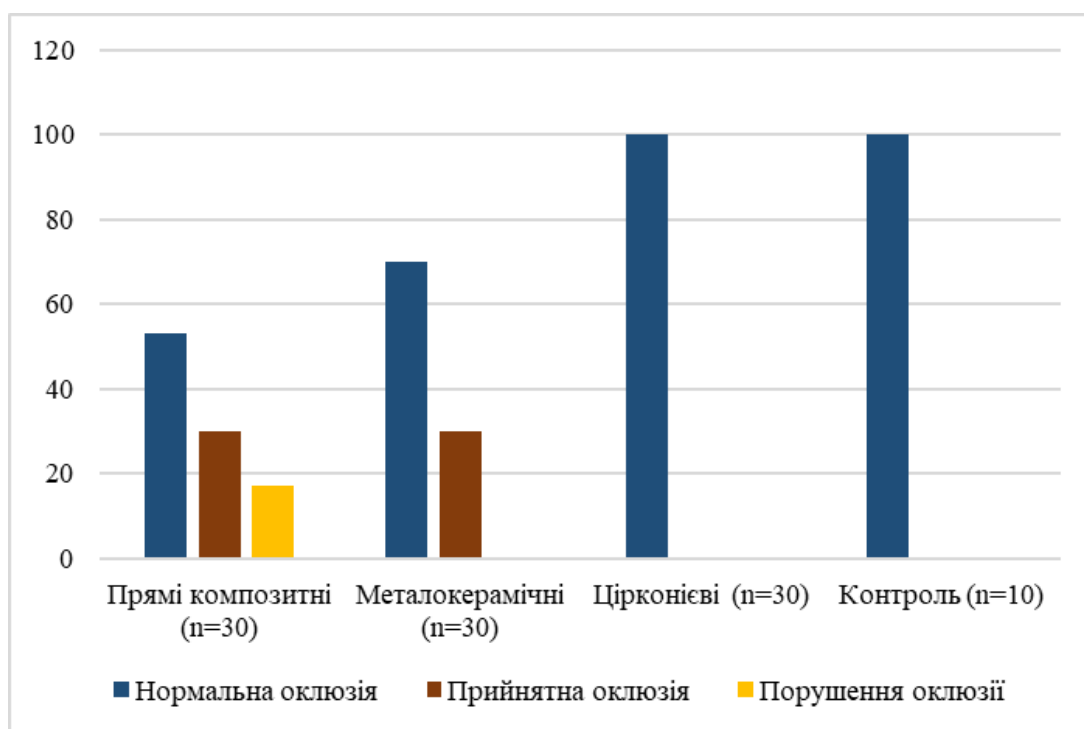


Рис. 5.6. Результати комп'ютерної діагностики оклюзії, проведеної у пацієнтів з різними реставраціями зубів через 12 місяців спостереження (%)

Оклюзійні розлади при відновленні дефектів зубів прямими реставраціями встановлені у 47,0 % випадків із 30 спостережень. При цьому на оклюзіограмі в 30,0 % пацієнтів із 30 спостерігали зафарбовування супраконтактів лише зеленого кольору, тоді як у 17,0 % із 30 – червоного. Центричні супраконтакти встановлені для 30,0 % із 30 пацієнтів групи композитних реставрацій, а ексцентричні – для 40,0 % із 30. Міжзубні контакти, які гіпербалансиують, зареєстровані у 7,0 % із 30 спостережень. Зазначимо, що червоне фарбування спостерігалось у випадках найбільшого стирання композитних реставрацій.

В групі пацієнтів, яким виготовляли металокерамічні вкладки, прийнятні порушення оклюзійного балансу, що описувалися фарбуванням зеленого кольору, виявлені у 10,0 % із 30 спостережень. Під час функції можна припустити незначне зрушення металокерамічних вкладок внаслідок недостатньої витривалості цементного прошарку з урахуванням найбільш несприятливої локалізації дефектів на апроксимальних поверхнях зубів. При

протезуванні цирконієвими вкладками порушень оклюзійних співвідношень не спостерігали.

Як висновок, досягти ефективного відновлення часткових дефектів молярів, розташованих на їх оклюзійно-апроксимальних поверхнях, можливо як із застосуванням прямих композитних реставрацій, так і непрямих металокерамічних та цирконієвих. Проте найбільшу ефективність демонструють вкладки на основі діоксиду цирконію, виготовлені із застосуванням CAD/CAM технології.

У віддалений термін спостереження вони демонструють 100% ефективність за результатами критеріальної оцінки, порівняно з 95,8 % для композитних реставрацій та 97,0 % для металокерамічних. Їх застосування забезпечує найкращий стан тканин пародонта опорних зубів за показниками зубної бляшки, ясенного індексу та глибини зондування. Цирконієві вкладки на молярах сприяють збереженню функціональної динамічної оклюзії в 100% випадків порівняно з 53,0 % для композитних реставрацій та 90,0 % для металокерамічних.

Результати клінічних досліджень з розділу 5 опубліковані в статті [94].

РОЗДІЛ 6

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Згідно з результатами проведеного нами вивчення літературних джерел, відновлення дефектів коронкових частин зубів каріозного походження є найпоширенішою маніпуляцією в стоматологічній практиці. Натепер для реставрації бокових зубів використовуються прямі композитні реставрації та вкладки, виготовлені з різних матеріалів за різними технологіями, зокрема, CAD/CAM.

Проаналізувавши літературні дані, ми дісталися висновку, що кожна з часткових реставрацій має свої переваги та недоліки, утім питання найбільш доцільної для відновлення анатомо-функціональної цілісності молярів остаточно не вирішене. Звідси, мета представленої роботи – підвищити ефективність заміщення часткових дефектів коронкових частин зубів вкладками завдяки вивченню результативності їх застосування шляхом мікробіологічного, експериментального математичного та клінічного дослідження.

Підґрунтям для проведення мікробіологічної частини дисертаційної роботи стало те, що оральна мікробіота, яка включає мікроорганізми, виділені з поверхонь зубів, є індивідуальною, тимчасово стабільною та залежить від низки факторів. Відновлювальне лікування зубів належить до таких факторів, а його успіх визначають застосовані реставраційні матеріали. Мікробіологічне дослідження дозволяє діагностику ризиків, пов'язаних із пародонтитом та карієсом зубів [57], а отже, робить можливим оцінити ефективність проведеного лікування у довгостроковій перспективі.

Згідно з результатами проведених мікробіологічних досліджень встановлено, що мікробіоценоз ротової порожнини, асоційований з розвитком каріозного процесу, характеризується наявністю таких еудомінантів, як *S. mutans*, *Peptostreptococcus spp.*, *Fusobacterium spp.*,

Prevotella spp. (> 10 %) та домінантів *S. pyogenes*, *Enterobacterales*, *Prevotella spp.* та *C. albicans* (5,0-9,9 %). Навпаки, еудомінантами ротової порожнини дослідних з інтактними зубними рядами є мікроорганізми з відомими коменсальними властивостями, такі як *S. salivarius*, *A. viridans*, *Veillonella spp.* Також нами було розраховано, що індекс видового біорізноманіття Шеннона в групі пацієнтів, що мали каріозне ураження зубів, становив 2,75 проти 2,21 здорових дослідних (t-тест; $p < 0,05$). Тоді як індекс домінування Сімпсона становив 0,07 для них проти 0,12 групи контролю (t-тест; $p < 0,05$). Водночас при порівняльній оцінці видової подібності різноманіття двох екосистем при карієсі та його відсутності виявлено значні відмінності: коефіцієнт Соренсена $C = 0,4$, індекс Брея-Кертиса $BC = 0,8$.

Отже, ми дісталися висновку, що мікробіом ротової порожнини у пацієнтів із дефектами зубів каріозного походження багатий на патогени з одночасним дефіцитом коменсалів та надмірною кількістю облигатних анаеробних мікроорганізмів.

У зв'язку зі зробленим нами заключенням, зазначимо, що видовий склад мікроорганізмів, які населяють ротову порожнину, обчислюється сотнями [204]. З використанням молекулярно-генетичних досліджень було показано, що таке значне мікробне навантаження забезпечує існування збалансованої екосистеми, в якій мікроорганізми контролюють одне одного. Надмірне зростання або відсутність певного таксону порушує цей баланс, внаслідок чого можуть виникати різні захворювання. Було показано, що карієс твердих тканин зубів також пов'язаний не стільки із зовнішніми факторами, скільки з порушенням балансу в структурі мікробного співтовариства, яке існує в нормальному здоровому стані [210]. При цьому до основних мікробних карієсогенних факторів належать *S. mutans*, *S. sanguinis*, *S. pyogenes*, *Lactobacillus spp.* та *Candida spp.* із розвиненою системою почуття кворуму, а також продукцією глюканів [38, 134, 140] та здатністю грибів до стимуляції росту згаданих *Streptococcus* [128, 136].

Звідси, отримані нами результати є співставними з опублікованими раніше та підтверджують значну роль родів *S. mutans*, *S. pyogenes* та *Candida* в розвитку карієсу зубів.

За результатами повторних мікробіологічних досліджень через два тижні, було встановлено, що після проведення відновлювального лікування відбувалася зміна мікробної композиції ротової порожнини, що різнилася в залежності від використаного матеріалу.

Встановлено, що таксономічний розподіл мікробіоценозу ротової порожнини пацієнтів, яким дефекти коронкових частин зубів відновлені цирконієвими вкладками, наближався до значень здорової когорти учасників. Еудомінантами ротового мікробіоценозу дослідних, яким проводили прямі реставрації зубів композитними матеріалами, були *S. mutans*, домінанти – *Propionibacterium spp.*, *Fusobacterium spp.*, *Propionibacterium spp.* При фіксації цирконієвих вкладок у порожнині рота відбувалося суттєве зрушення еудомінанти коменсали *S. salivarius* та *A. viridans*.

Згідно значень індексу Брея-Кертіса, поява в порожнині рота прямих композитних реставрацій та металокерамічних вкладок призводила до подібних зрушень в оральному біоценозі ($BC = 0,2$) та не наближалися до подібності з мікробіоценозом здорових осіб. Навпаки, таксономічний розподіл у групі цирконієвих вкладок суттєво відрізнявся (BC прямі композитні = 0,56; BC металокерамічні = 0,43) та наближався до розподілу групи контролю, для яких $BC = 0,37$.

Аналогічні вищеприведеним результати отримані для індексу домінування Сімпсона: пряма композитна реставрація – 0,08 (95% ДІ 0,07 – 0,11), металокерамічна вкладка – 0,08 (95% ДІ 0,08 – 0,11), цирконієва вкладка – 0,18 (95% ДІ 0,16 – 0,23).

Нами встановлено, що матеріал часткової реставрації зубів суттєво не впливає на присутність грибів роду *Candida* в мікробіоті ротової порожнини. Отримані результати цілком збігаються з даними дослідження [7], в якому показано, що при відновленні дефектів коронкових частин фронтальних зубів

непрямими реставраціями з лейцитної кераміки кількісний склад сапрофітної мікрофлори на поверхні зубів через 1 рік спостереження залишився в межах норми, зареєстрований лише поодиноким випадком надмірної кількості грибів роду *Candida*. У пацієнтів, в яких застосовано непрямі реставрації з польвошпатної кераміки, кількісний склад сапрофітної флори також залишився в межах норми через рік після лікування. Більш того, було зареєстровано випадок покращення стану локального мікробіоценозу, зокрема зменшення кількості грибів роду *Candida* від показника «вище норми», який складав $>10^2$ до показника «в межах норми» (відповідно $<10^2$). При використанні прямих композитних реставрацій склад сапрофітної мікрофлори залишився в межах норми протягом всього періоду спостережень у більшості випадків, однак у двох пацієнтів зареєстровано зростання кількості умовно патогенної мікрофлори за рахунок *Candida albicans* від показників «в межах норми» до «вище норми».

Можливе обґрунтування отриманих результатів мікробіологічного дослідження полягає в особливостях фізико-хімічної структури матеріалів, які використовуються для заміщення дефектів коронкових частин зубів, з урахуванням рівня каріозного руйнування вище ясенної борозни. При проведенні прямої реставрації проблемою є недостатня усадка, притаманна усім композитним пломбувальним матеріалам. Наслідком є проникнення карієсогенних мікробних факторів через композитний матеріал і подальший розвиток вторинного карієсу [121]. Відповідні результати були отримані і в нашому дослідженні. Так, нами встановлено відновлення спектру карієсогенних мікроорганізмів в осіб, яким реставрацію зуба проводили прямим методом із застосуванням композитного матеріалу.

Зі свого боку, комбінація металевого каркасу з керамічним облицюванням розглядається, як більш перспективна задля забезпечення достатньо тривалого функціонування ортопедичної конструкції. Проте недостатньо щільний контакт твердих тканин зуба з вкладкою може сприяти проникненню карієсогенних факторів під конструкцію, викликати розвиток

рецидиву захворювання, а також зумовити ускладнення при потраплянні інфекції до порожнини зуба [73, 187].

В нашому дослідженні найкращі результати мікробіологічного дослідження отримані серед учасників, яким реставрацію зубів проведено з використанням цирконієвих вкладок. Це пояснюється тим, що даний мікропротез забезпечує найбільш ефективно закриття дефекту, а також є найбільш біосумісним за фізичними та хімічними властивостями [63]. Динаміка мікробіоти після заміщення часткових дефектів коронкових частин зубів із використанням цирконієвих вкладок в нашому дослідженні була аналогічна до опублікованих раніше результатів, згідно яких показано суттєве зменшення мікробного навантаження *Prevotella intermedia*, *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium spp.* та *Corynebacterium anaerobium* при використанні цирконієвих конструкцій в порівнянні з металокерамічними [79].

Подальше дослідження особливостей орального мікробіоценозу, дозволило нам з'ясувати профіль чутливості до антибіотиків мікроорганізмів, асоційованих з розвитком каріозного процесу, що спричиняють як первинне руйнування коронкових частин зубів, так і вірогідний розвиток вторинного (рецидивуючого) їх ураження.

Встановлено, що мікроорганізми, пов'язані з розвитком каріозного процесу в твердих тканинах зуба, наділені високими вірулентними властивостями, зокрема резистентністю до антибіотиків. Отримання культур *Streptococcus* зі стійкістю до фторхінолонів, метицилін-резистентних ізолятів *Staphylococcus*, а також продуцентів бета-лактамаз розширеного спектру та карбапенемаз у *Enterobacterales* та НФГНМО викликає занепокоєння, адже може спричинювати подальший горизонтальний перенос генів резистентності та трансмісію стійких збудників. Тож, підтримка стану еубіозу, може розглядатися, як компонент стримування поширення резистентності на видовому та популяційному рівні.

Тут слід зазначити, що у 2019 році Центр із контролю і профілактики захворювань (Center for Disease Control and Prevention, CDC) опублікував перелік патогенів, які становлять глобальну загрозу людству. Серед інших, до них належать карбапенем-стійкі *Acinetobacter*, карбапенем-стійкі *Enterobacterales*, метицилін-резистентні *Staphylococcus aureus*, еритроміцин-стійкі *Streptococcus A*, кліндаміцин-стійкі *Streptococcus B* [71]. Згадані збудники часто асоціюються з гнійно-запальними процесами, зокрема в ротовій порожнині, а тому раціоналізація впливу на них є актуальним питанням сьогодення [40].

Стійкість до антибіотиків – це глобальна проблема. В країнах із низьким та середнім рівнем доходу вона є значною через недостатні можливості лабораторій та обмеженість ресурсів [122]. Дослідження чутливості карієсогенних збудників показало, що серед них профіль розширеної лікарської стійкості мали 40,4 % ізолятів, зокрема 39,1 % – *S. aureus* та 38,7 % – культур роду *Staphylococcus*. Автори також зазначають, що ізоляти збудників карієсу були наділені резистентністю щонайменше до одного антибіотика [130]. Також виявлена значна поширеність (до 100 %) стійкості до фторхінолонів (ципрофлоксацину, офлоксацину) [158]. На відміну від приведених результатів попередніх досліджень, в нашій роботі таких ізолятів не зареєстровано.

Також за результатами проведених мікробіологічних досліджень було встановлено, що карієсогенні мікробні збудники є активними продуцентами біоплівки. Мікроорганізми-опортуністи, пов'язані з розвитком карієсу твердих тканин зубів, характеризуються високими адгезивними властивостями та здатністю до утворення складних мікробних консорціумів – біоплівки, що ефективно конкурують за поживний субстрат в полімікробному середовищі. При збереженні їх складу та кількості при застосуванні композитних реставрацій для відновлення коронкових частин зубів, можна прогнозувати швидке утворення біоплівки, яке здатне сприяти розвитку вторинного каріозного процесу в реставрованих зубах. В цілому,

така властивість є додатковим фактором стримування коменсальної колонізації і може призводити до подальших розладів у мікробіоценозі ротової порожнини.

Отримані нами результати узгоджуються з даними, наведеними в роботі [122]. З 327 унікальних ізолятів бактерій 311 (95,1 %) були визнані продуцентами біоплівко-утворювальними. Серед продуцентів 53,7 % мали високу щільність біоплівки, 34,4 % – помірну. Утім, на відміну від отриманих нами результатів, рід *Streptococcus*, а саме *S. mutans*, був більш активним продуцентом біоплівки в порівнянні зі *S. aureus* та коагулаза-негативними видами роду *Staphylococcus*.

Таким чином, згідно з результатами проведеного мікробіологічного дослідження вибір матеріалу для відновлення часткового дефекту коронкової частини зуба впливає не тільки на подальший прогноз стоматологічного здоров'я, а й визначає особливості мікробіоценозу ротової порожнини. При цьому найкращий вплив на його склад визначається при застосуванні непрямих цирконієвих реставрацій.

Надалі, для оцінки різних методів відновлювального лікування з позицій біомеханіки, нами проведене експериментальне дослідження НДС в БС «реставрація – тверді тканини зуба», тому що саме розрахунки механіко-математичних моделей БС «зуб – пломба» та «зуб – вкладка» дозволяють розробити рекомендації для відновлення дефектів зубів [6]. При цьому МСЕ дозволяє вивчити закономірності розподілу напруги, стійкість до перелому та механізми руйнування молярів, відновлених вкладками [164].

Також відомо, що за фізико-механічними характеристиками композити суттєво поступаються кераміці та діоксиду цирконію, що ставить під питання ефективність прямих реставрацій з позицій біомеханіки, особливо при відновленні молярів, які зазнають найбільшого оклюзійного навантаження. Порівняти композит із зазначеними матеріалами в цьому аспекті, а саме вивчити розподіл напруги в змодельованих реставраціях перших молярів нижньої щелепи при імітації оклюзійних сил, таким чином передбачивши

можливі руйнування, нам дозволив метод скінченних елементів (МСЕ), оснований на теорії еквівалентної напруги за Мізесом [120].

Насамперед, нами встановлені зміни розподілу НДС при силовому навантаженні в БС «зуб – реставрація», що ми пов'язуємо з пружною невідповідністю між твердими тканинами зуба та реставраціями, внаслідок чого виникають складні напруги та деформації [102].

Згідно з результатами наших розрахунків максимальні переміщення структурних елементів достовірно не різнилися для трьох вивчених моделей ($p > 0,05$). В той же час найбільша різниця, що складала 9,7 %, встановлена між показниками керамічної та композитної реставрацій.

У свою чергу, аналіз розподілу напруги в трьох БС дозволив стверджувати про найбільші її показники в цементному прошарку. В цьому контексті слід звернути увагу на дослідження [200], в якому наголошується про необхідність мінімальних розмірів прошарку адгезивного матеріалу, що дозволяє уникнути розвитку надмірної напруги в БС. Така точність можлива при використанні технології комп'ютерного аналізу конфігурації порожнини з подальшим моделюванням оптимальної конструкції реставрації та автоматичним її відтворенням фрезером за створеною програмою.

Найбільші значення напруги в цементному прошарку серед різних БС спостерігали при композитній реставрації, найменші – при цирконієвій, де вона концентрувалася в товщі вкладки. Таким чином, нами було підтверджено, що чим вищий модуль пружності реставраційного матеріалу, тим більші напруги виникають в реставраціях, одночасно менші напруги спостерігаються в структурах зуба, в цементі та на межі між реставрацією та тканинами зуба [83]. Подібні спостереження описуються в роботі [107], в якій МСЕ на моделях молярів, відновлених вкладками, розташованими на оклюзійній та проксимальних поверхнях, показав, що при виготовленні їх з композитних матеріалів більші навантаження зосереджуються на структурах зубів, тоді як при застосуванні кераміки максимальна напруга приходить на саму реставрацію. При цьому у керамічних вкладках концентрація

напруги спостерігається в нижній частині реставрації, а в композитних – визначається низьке навантаження на її дно та високе на проксимальну частину [129].

Локалізація полів максимальної напруги суттєво різнилася в залежності від конструкційного матеріалу. Максимальна напруга, значення якої складала 12,7 МПа, спостерігалася в моделі БС із композитною вкладкою в локальній зоні розташування поверхні силового навантаження в ділянці цементного прошарку. Одночасно при використанні композитних реставрацій характер розподілу НДС визначений нами як нерівномірний. Для керамічної вкладки, максимальна напруга виявлена на нижній опорній поверхні контакту з вкладкою, де її величини були в 1,4 рази більшими, аніж на інших поверхнях. Навпаки, при використанні діоксиду цирконію нами встановлений більш рівномірний розподіл полів концентрації напруги, що не перевищував 7,9 МПа. Так само за даними [4] виникнення ділянок локалізованої надмірної напруги призводить до утворення тріщин в емалі та дентині, а отже, спричинює порушення маргінального прилягання та герметичності реставрацій, а також їх розцементування. У зв'язку з цим навіть незначні поверхневі дефекти реставрацій можуть призвести до їх руйнації, особливо при використанні матеріалів із низькою механічною витривалістю, до яких належать композити [169].

Поріг витривалості матеріалу для реставрації визначає подальший ризик руйнування конструкції [16]. Згідно з проведеними розрахунками, нами встановлено суттєві відмінності у показниках запасів міцності для структурних елементів трьох моделей БС. При цьому найменш виграшною з позицій біомеханіки виявилася БС нижнього моляра, порожнина в якому відновлена композитною вкладкою. Найбільший коефіцієнт запасу міцності мала вкладка з діоксиду цирконію.

Найбільші значення напруги поряд з найменшими коефіцієнтами запасу міцності, виявлені для моделі моляра, відновленого композитною вкладкою, свідчать про найменшу витривалість даного матеріалу до

функціонального навантаження. Тоді як цирконієва вкладка забезпечувала оптимальний розподіл напруги та характеризувалася найбільшим коефіцієнтом запасу міцності, що робить її застосування найбільш прийнятним методом реставрації моляра з позицій біомеханіки.

Слід зазначити, що отримані нами результати не протирічать даним [67, 153, 193] про можливість застосування композитних матеріалів для реставрації бокових зубів, але при визначенні показань до їх застосування необхідно враховувати розміри та локалізацію порожнини. В той же час вони співпадають з висновками робіт [64, 120], згідно яких за фізико-механічними характеристиками композити суттєво поступаються кераміці та діоксиду цирконію, що ставить під питання ефективність проведеного лікування з позицій біомеханіки, особливо при відновленні молярів, які зазнають найбільшого оклюзійного навантаження. Так, при MOD реставраціях молярів, які зазнають найбільшого функціонального навантаження та мають найбільш несприятливий розподіл НДС, перевагу слід надавати більш стійким матеріалам, що цілком співпадає з висновками наших попередників [107, 129]. Також зроблені нами розрахунки БС із застосуванням МСЕ стали ще одним підтвердженням необхідності широкого впровадження CAD/CAM технологій в стоматологічну практику, про більшу ефективність яких зазначається в дослідженні [46].

Проаналізувати клінічну ефективність часткових реставрацій дозволяє стандартизований аналіз їх якості та клінічної поведінки, в якому систематизовані критерії, поєднані в системі оцінки прямих і непрямих реставрацій зубів за критеріями Світової стоматологічної федерації (World Dental Federation, FDI) [119], за індексами Служби охорони здоров'я США (United States Public Health Service, USPHS) та згідно з вимогами Каліфорнійської стоматологічної асоціації (California Dental Association, CDA) [37, 48, 142, 194].

Діагностична система FDI класифікує естетичні, функціональні та біологічні властивості реставрацій зубів та охоплює різні типи порушень,

використовуючи 16 різних критеріїв з п'ятьма ступенями для кожного критерію. В деталях бали від 1 до 3 вказують на клінічно прийнятні реставрації, а бали 4 і 5 узагальнюють клінічно неприйнятні ситуації, що вказують на необхідність відновлення (оцінка 4) або заміни (оцінка 5). Дана система використовується в клінічних дослідженнях, разом з тим набір критеріїв оцінюється як складний із недостатньою узгодженістю в деяких частинах [119].

За модифікованою шкалою USPHS стан реставрації визначається літерою від A-D наступним чином: A – реставрація у відмінному стані за розглянутим параметром, очікується тривале її виживання з часом; B – реставрація в субоптимальних умовах та, ймовірно, потребуватиме заміни в майбутньому; C – неспроможність реставрації або навколишніх тканин; D – невідповідність реставрації вимогам. Відповідно, CDA є різновидом системи USPHS. Обидва інструменти базуються на порядковій шкалі, оцінювання відновлення як «acceptable» або «not acceptable». «Success» означає ефективність реставрацій, «survival» відноситься до реставрацій, які не є непошкодженими, але функціонують, а «failure» стосується невдалої реставрації. «Success» означає, що розглянутий параметр відповідає найвищому стандарту; «survival» – реставрація погіршилася, але заміна не потрібна; «failure» – реставрацію необхідно замінити [194].

Згідно з результатами системного аналізу за критеріями модифікованої шкали USPHS у віддалений термін спостереження 89,8 % (95 % ДІ 87,5–92,1) часткових реставрацій відповідають категорії «A», 9,8 % (95 % ДІ 7,7–1,9) – «B». Решта приходить на реставрації, які належать хоча б за одним критерієм до «C» або «D» ($p = 0,855$; $p = 1$). В свою чергу, при аналізі ускладнень за критеріями системи CDA 77,6% (95 % ДІ 73,6–81,8) реставрацій вважаються такими, що відповідають «success», тобто найвищим стандартам якості. 19,4 % (95 % ДІ 16,5–22,4) реставрацій відповідали «survival», тобто реставрації зазнали погіршення, але без потреби у заміні. Нарешті, 0,79 % (95 % ДІ 0,28–1,30) реставрацій відповідали невдачі, тобто

вони потребували заміни. Виходячи з отриманих результатів, більшість реставрацій в проведеному дослідженні є прийнятними. Найбільш часті ускладнення відносилися до зміни текстури або кольору поверхні, що пояснюється деградацією реставраційного матеріалу з часом та порушенням крайового прилягання [37].

Так само в нашій роботі встановлено, що відразу після проведеного лікування всі виконані реставрації відповідали вимогам за всіма критеріями. Тоді як через 12 місяців успішними, тобто тими, що відповідають категорії «А», були 95,8 % із 144 прямих композитних реставрацій, 97,0 % із 137 металокерамічних та 100 % із 122 цирконієвих. Решта приходилася на реставрації, які належали хоча б за одним критерієм до «В» або «С». У віддалений термін неприйнятними, які відповідають критерію «С» хоча б за однією ознакою та потребують заміни, було визнано 6 прямих композитних реставрацій (4,1 %) та 4 металокерамічні реставрації (3,0 %). Причиною невдалих композитних реставрацій в усіх випадках було надмірне стирання оклюзійної поверхні. Для металокерамічних вкладок проблема неефективного відновлювального лікування у віддалений термін полягала в порушенні крайового прилягання.

Результати нашого клінічного дослідження підтвердили достатню ефективність прямих композитних реставрацій для відновлення бокових зубів, про що зазначалось в роботі [67]. При цьому встановлена нами успішність їх застосування відповідає значенням показника щорічної частоти невдач, який дорівнює 2,4 % [78].

Проблема композитних реставрацій на бокових зубах полягає, по-перше, в їх стиранні внаслідок функціонального навантаження, що призводить до порушення оклюзійних контактів, та, по-друге, погіршанню гігієни та прогресуванню запального процесу в тканинах пародонта. Такий негативний вплив не є критичним для здорових, але в хворих на генералізований пародонтит здатне погіршати перебіг захворювання, що показано в дослідженні [31].

Відновлення апроксимальних поверхонь бокових зубів композитними матеріалами викликало погіршення гігієни ротової порожнини та призводило до розвитку маргінального гінгівіту. Навпаки, протезування вкладками забезпечувало найкращий стан тканин пародонта опорних зубів за показниками зубної бляшки, ясенного індексу та глибини зондування. Таким чином, отримані нами результати доводять твердження про те, що вибір конструкційного матеріалу суттєво відіграє на маргінальній адаптації конструкцій [155]. Пацієнти з цирконієвими протезами отримують кращі результати з позицій пародонтального статусу, аніж при виготовленні металокерамічних протезів [50]. Одночасно реставрації на основі діоксиду цирконію, виготовлені за допомогою CAD/CAM технології, забезпечують найкращі результати щодо крайового прилягання, реакції маргінального пародонта та гігієни ротової порожнини [50, 99, 181]. Нами підтверджено, що цирконієві реставрації щонайменше сприяють відкладенню бляшки порівняно з металокерамічними вкладками, що збігається з даними [114], це може бути пояснено властивостями даного матеріалу [115].

При реставрації бокових зубів прямим методом прийнятну оклюзію можна відновити клінічно, також ефективно як і при непрямому методі, що відповідає висновкам мета-аналізу [125].

За нашими спостереженнями через 12 місяців цирконієві вкладки забезпечили збереження функціональної динамічної оклюзії в 100 % випадків порівняно з 90,0 % для металокерамічних вкладок та 53,0 % для композитних реставрацій. При відновленні дефектів зубів прямими реставраціями на оклюзіограмі в 30,0 % пацієнтів спостерігали зафарбовування супраконтактів лише зеленого кольору, тоді як у 17,0 % – червоного. Центричні супраконтакти встановлені для 30 % дослідних з групи композитних реставрацій, а ексцентричні – для 40,0 %. Міжзубні контакти, які гіпербалансують, зареєстровані у 7,0 % спостережень. Отримані нами результати, збігаються з даними [135] про найбільшу ефективність

CAD/CAM технології для відновлення та збереження центричної оклюзії та висоти прикусу.

Таким чином, аналіз та узагальнення результатів проведених мікробіологічних, математичних та клінічних досліджень дозволив нам стверджувати про найбільшу ефективність цирконієвих вкладок, виготовлених із застосуванням CAD/CAM технології, для заміщення часткових дефектів коронок бокових зубів.

ВИСНОВКИ

Часткові дефекти коронкових частин зубів каріозного походження є найпоширенішими в стоматологічній практиці та потребують відновлювального лікування. Попри те, що застосування сучасних технологій та новітніх матеріалів дозволяє ефективно анатомо-функціональне відновлення зруйнованих карієсом твердих тканин, питання щодо вибору оптимальних реставрацій для бокових зубів, які зазнають найбільшого оклюзійного навантаження, залишається остаточно не з'ясованим, що робить тему дослідження актуальною та практично значущою.

1. Мікробіоценоз дентальної біоплівки пацієнтів із частковими дефектами коронок зубів, асоційований з розвитком каріозного процесу, містить еудомінантні мікроорганізми *Streptococcus mutans*, *Fusobacterium spp.*, *Peptostreptococcus spp.*, *Prevotella spp.*, а також домінантні – *Streptococcus pyogenes*, *Enterobacterales*, *Prevotella spp.*, *Candida albicans*. Тоді як переважними еудомінантами ротової порожнини здорових осіб визначені мікроорганізми з відомими коменсальними властивостями, до яких належать *Streptococcus salivarius*, *Aerococcus viridans*, *Veillonella spp.* Встановлено, що мікроорганізми, пов'язані з каріозним руйнуванням зубів, наділені високими вірулентними властивостями, зокрема резистентністю до антибіотиків, про що свідчить отримання культур *Streptococcus* зі стійкістю до фторхінолонів, метицилін-резистентних ізолятів *Staphylococcus*, а також продуцентів бета-лактамаз розширеного спектру та карбапенемаз у *Enterobacterales* та у неферментуючих грам-негативних мікроорганізмах (НФГНМО). За значеннями індексів адгезивності мікроорганізмів та показниками щільності утвореної біоплівки оральна мікробіота пацієнтів із частковими дефектами зубів визнана як активний продуцент біоплівок за рахунок присутності представників *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.*, *Enterobacterales*, НФГНМО.

2. Відновлення часткових дефектів коронок зубів супроводжується суттєвими змінами в таксономічному складі дентальної біоплівки, характер яких визначається використаним реставраційним матеріалом. Еудомінантами ротового мікробіоценозу пацієнтів, в яких дефекти зубів відновлені прямими композитними реставраціями та металокерамічними вкладками, були *Streptococcus mitis*, *Peptostreptococcus spp.* та *Veillonella spp.*, домінантами – *Propionibacterium spp.* Виявлені мікроорганізми є карієсогенними та наділені високими вірулентними властивостями, зокрема резистентністю до антибіотиків, що створює передумови до розвитку вторинного каріозного ураження твердих тканин зуба. Навпаки, при виготовленні цирконієвих вкладок еудомінантами були коменсали *Streptococcus salivarius* та *Aerococcus viridans*. В цілому мікробіоценоз ротової порожнини дослідних, яким були виготовлені цирконієві вкладки, наближався за своїм складом до здорових осіб, тобто до еубіозу.

3. За даними вивчення розподілу напружено-деформованих станів імітаційних моделей перших нижніх молярів із застосуванням методу скінчених елементів найбільші градієнти напруги в біомеханічних системах «зуб – реставрація» реєструються в ділянці цементного прошарку. Утім, характер передачі зусиль, також як і поля напруги, різняться для застосованих конструкційних матеріалів. Так, максимальна напруга спостерігається при використанні в моделі композитної вкладки в локальній зоні розташування поверхні силового навантаження в ділянці цементного прошарку. Для керамічної реставрації максимальна напруга зареєстрована на нижній опорній поверхні контакту з вкладкою, де її величини були в 1,4 рази більшими, аніж на решті поверхонь. Аналіз локалізації зон максимальної напруги для цирконієвої вкладки виявив їх переважну локалізацію в центрі її оклюзійної поверхні та в ділянці зміни її просторової конфігурації на межі з цементом. Найбільші значення напруги поряд з найменшими коефіцієнтами запасу міцності, були виявлені для моделі зуба, дефект якого відновлений

композитом, що свідчить про найменшу витривалість даного матеріалу до функціонального навантаження. У свою чергу, цирконієва вкладка забезпечувала оптимальний розподіл напруги та характеризувалася найбільшим коефіцієнтом запасу міцності, що робить її застосування найбільш прийнятним методом відновлення коронкової частини моляра з позицій біомеханіки.

4. Встановлено, що відновлення часткових дефектів коронок молярів прямими композитними реставраціями, а також непрямыми металокерамічними та цирконієвими у найближчий термін спостереження відповідає вимогам за критеріями якості реставрацій, пародонтального статусу та функціональної динамічної оклюзії. При цьому якісний результат з позицій гнатології можна забезпечити як застосуванням методу клінічної оклюзіографії, так і моделюванням оклюзійних поверхонь реставрацій в артикуляторі, а також шляхом CAD/CAM моделювання.

5. Через 12 місяців клінічно успішними були 95,8 % прямих композитних, 97,0 % металокерамічних та 100 % цирконієвих реставрацій. Причиною невдалих композитних реставрацій було надмірне стирання оклюзійної поверхні та маргінальні порушення тканин пародонта. Для металокерамічних вкладок проблема неефективного лікування полягала в порушенні крайового прилягання. Збереження функціональної динамічної оклюзії спостерігали в 100 % випадків порівняно з 90,0 % для металокерамічних вкладок та 53,0 % для композитних реставрацій. За даними клінічної апробації, найбільшу ефективність за критеріями якості реставрацій, стану тканин пародонта, характеру оклюзійних співвідношень демонструють вкладки на основі діоксиду цирконію, виготовлені із застосуванням CAD/CAM технології.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. При виборі методу відновлення часткових дефектів бокових зубів перевагу слід надавати конструкціям на основі діоксиду цирконію, виготовленим із застосуванням CAD/CAM технології, як найбільш виграшним порівняно з прямими композитними реставраціями та металокерамічними вкладками з позицій нормалізації орального мікробіому, розподілу оклюзійного навантаження та клінічної ефективності.

2. Для визначення оптимального виду часткової реставрації зуба слід враховувати його роль в оклюзійному балансі; стан мікробіоценозу ротової порожнини; пародонтальний статус; індивідуальні особливості функціонування зубощелепного апарату, що визначають скронево-нижньощелепні суглоби та жувальні м'язи.

3. У пацієнтів із частковими дефектами коронок зубів лікування повинно бути спрямоване не тільки на відновлення втраченої анатомо-функціональної цілісності зубів, а й на мінімізацію етіологічного чинника, яким є карієсогенні мікроорганізми у складі дентальної біоплівки, що необхідно з метою попередження ускладнень, до яких належить рецидивуюче каріозне ураження. Для визначення обсягу заходів вторинної профілактики карієсу у пацієнтів з частковими дефектами зубів доцільним є вивчення мікробіоценозу ротової порожнини, за результатами якого можливим є найбільш раціональний вибір реставраційного матеріалу, а також визначення необхідності проведення додаткових лікувальних заходів, наприклад, корекції складу мікробіому ротової порожнини шляхом вживання пробіотиків. При виборі методу та матеріалу для відновлення зруйнованої коронки зуба у пацієнтів зі значними розладами орального мікробіоценозу перевагу слід надавати цирконієвим реставраціям, як таким, що здатні нормалізувати мікробіоценоз дентальної біоплівки.

4. При застосуванні непрямих часткових реставрацій зубів, розташованих на бокових зубах, слід створювати мінімальний прошарок цементу для фіксації, що можливо при дотриманні технології лиття металевих каркасів у випадках металокерамічних вкладок, а також застосування CAD/CAM процесу при виготовленні цирконієвих конструкцій.

5. У випадках застосування композитних матеріалів для прямого відновлення часткових дефектів молярів слід використовувати матеріали, які призначені саме для бокових зубів та здатні протистояти оклюзійному навантаженню. При цьому особливу увагу потрібно звертати на ретельне полірування поверхонь реставрацій з метою зменшення мікробної інвазії та відновлення апроксимальних точкових контактів, що дозволяє запобігти розвитку захворювань маргінального пародонта. Утім, пацієнти з захворюваннями пародонта потребують лікування часткових дефектів зубів непрямыми методами, які є найбільш вигідними щодо відновлення апроксимальних контактів зубів.

6. У пацієнтів, що мають умови підвищеного оклюзійного навантаження внаслідок парафункції жувальних м'язів та розладів скронево-нижньощелепних суглобів, слід використовувати цирконієві реставрації на бокові зуби, що найбільш витривалі до оклюзійного тиску.

7. При реставрації часткових дефектів молярів особливу увагу слід звертати на нормалізацію функціональної динамічної оклюзії. При цьому якісне відновлення оклюзійних співвідношень при використанні прямих композитних реставрацій можна забезпечити як застосуванням методу клінічної оклюзіографії, так і моделюванням оклюзійних поверхонь реставрацій в артикуляторі, а також шляхом CAD/CAM моделювання.

8. Задля контролю ефективності здійсненого відновлювального лікування слід проводити моніторинг із застосуванням модифікованих критеріїв United States Public Health Service; індексу гігієни та гінгівіту за Сілнес-Лоу та глибини зондування тканин пародонта за Вільямсом; за результатами аналізу оклюзійних співвідношень шляхом клінічної оклюзіографії; завдяки вивченню інтеркуспідації на діагностичних моделях, загіпсованих в артикуляторі; за допомогою комп'ютерних методик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біда О. В., Куцюк А. А. Вибір методики відновлення ураження твердих тканин вітальних зубів бічної ділянки в залежності від місця розташування, об'єму, оклюзійного навантаження та глибини ураження. *Інновації в стоматології*. 2024. № 2. С. 11-22.

2. Біда О., Куцюк А. Оцінка успіху прямих і непрямих реставрацій при заміщенні дефектів твердих тканин жувальних зубів при різному ступені їх руйнування. *Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я*. 2024. № 2 (16). С. 60-68. DOI: <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2024-2-9>.

3. Білобров Р. В. Визначення оптимальних індивідуальних параметрів суцільнолитих штифтово-куксових конструкцій за допомогою комп'ютерної програми при лікуванні пацієнтів з дефектами твердих тканин зубів. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2020. № 1 (23). С. 263-268. DOI: <https://doi.org/10.26693/jmbs05.01.263>.

4. Браїлко Н., Ткаченко І. Дослідження напружено-деформованого стану системи «пломба-зуб» в пришийкових дефектах зубів. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. 2020. № 20 (4). С. 108-114. DOI: <https://doi.org/10.31718/2077-1096.20.4.108>.

5. Бульбук О. В. Новий підхід до вибору методу лікування дефектів твердих тканин зубів. *Art of Medicine*. 2020. № 3 (15). С. 23-27. DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2020.3.15.23>.

6. Бульбук О. В., Рожко М. М., Бульбук О. І. Сучасні підходи до стоматологічного лікування дефектів твердих тканин зубів. Івано-Франківськ: НМУ, 2020. 138 с.

7. Водоріз Я. Ю. Обґрунтування вибору оптимального методу лікування пацієнтів з дефектами твердих тканин зубів у фронтальній ділянці: дис. ... д-ра філософії: 221 – Стоматологія. Полтава, 2021. 158 с.

8. Годованець О., Котельбан А., Гринкевич Л., Романюк Д. Чинники ризику розвитку захворювань твердих тканин зубів у дітей. Сучасний стан питання. *Медицина сьогодні і завтра*. 2021. N 85 (4). Р. 111–120. DOI: <https://doi.org/10.35339/msz.2019.85.04.16>.
9. Данилевський М. Ф., Борисенко А. В., Антоненко М. Ю. Терапевтична стоматологія. Київ: ВСВ «Медицина»; 2018. Т. 3: Захворювання пародонта. 624 с.
10. Діасамідзе Е., Російський П., Таравнех Ш., Кириленко М. Інформаційна добровільна згода пацієнта як важлива складова ортодонтичного лікування. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*. 2024. Р. 460–463. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-18.10.2024.106>.
11. Єршов С. А., Брехлічук П. П., Клітинська О. В. Математичний та експериментальний аналіз суцільнокерамічних конструкцій зубних протезів. *Науковий вісник Ужгородського університету*. 2017. № 3 (11). С. 77-82.
12. Єфіменко А. О., Іщенко О. В. Особливості мікробіологічних досліджень в стоматологічній практиці. *Перспективи та інновації науки*. 2023. N 14 (32). Р. 969-986. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-14\(32\)-969-986](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-14(32)-969-986).
13. Жачко Н. І., Неспрядько-Монборнь Т. С., Скрипник І. Л., Жачко М. С. Відновлення здоров'я порожнини рота як один з вагомих факторів підвищення якості життя. *Сучасна стоматологія*. 2021. № 1. С. 78-81. DOI: <https://doi.org/10.33295/1992-576X-2021-1-78>.
14. Іщенко О. В., Плотнікова М. М., Столетова Ю. Ю., Шарун О. В., Степанський Д. О. Вплив різних концентрацій пектину на адгезивні властивості клінічних ізолятів, отриманих від хворих на муковісцидоз. *Вісник проблем біології і медицини*. 2020. N 1 (150). Р. 137-140. DOI: <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2020-1-155-137-140>.
15. Кінаш І. О. Клініко-експериментальне обґрунтування ортопедичних методів лікування у разі відсутності коронкової частини

опорних зубів: дис. ... канд. мед. н.: 14.01.22 – Стоматологія. Івано-Франківськ, 2017. 169 с.

16. Клим'юк Ю. В. Особливості планування конструкцій незнімних протезів за об'єктивною оцінкою функціональної здатності опорних зубів: дис. ... канд. мед. н.: 14.01.22 – Стоматологія. Івано-Франківськ, 2018. 183 с.

17. Клим'юк Ю. В., Ожоган З. Р., Мізюк Л. В., Криванич В. М., Янішен І. В. Ортопедичне лікування незнімними конструкціями, враховуючи розподіл і причини виникнення дефектів твердих тканин зубів. *Патологія*. 2021. № 18(1(51)). С. 112-116. DOI: <https://doi.org/0.14739/2310-1237.2021.1.222967>.

18. Король Д., Кіндій Д., Рамусь М., Зубченко С., Калашніков Д., Тончева К. Технологія виготовлення незнімних зубних протезів. Полтава: ПП Астроя, 2021. 142 с.

19. Кузнєцов Р. В., Янішен І. В., Федотова О. Л., Погоріла А. В., Богатиренко М. В. Порівняльна оцінка основних характеристик стоматологічних цементів для постійної фіксації незнімних конструкцій зубних протезів. *Експериментальна і клінічна медицина*. 2023. № 92 (1). С. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.35339/ekm.2023.92.1.ykf>.

20. Листопад О. П. Заміщення дефектів коронкової частини постійних зубів у дітей вкладками: дис. ... канд. мед. н.: 14.01.22 – Стоматологія. К., 2015. 180 с.

21. Маланчук В. О., Крищук М. Г., Копчак А. В. Імітаційне комп'ютерне моделювання в щелепно-лицевій хірургії. К.: Видавничий дім «Асканія», 2013. 231 с.

22. Маланяк Б. Р. Оцінка результатів ортопедичного лікування за клінічними та технологічними показниками якості зубних протезів. *Oral and General Health*. 2021. № 2 (3). С. 4-5. DOI: <https://doi.org/10.22141/ogh.2.3.2021.240721>.

23. Москаленко А. Н., Камина Т. В. Мікробне обсіменіння поверхні реставрацій зубів як вірогідний фактор ризику розвитку основних

стоматологічних захворювань. *Вісник проблем біології і медицини*. 2014. № 129;1(106). С. 331–336.

24. Паляков К. М., Коломиєць Н. Д., Костюк С. А., Топко О. В., Полуян О. С., Юдіна Н. А. Дослідження мікробіоценозу ясенної борозни в ділянці зубів, які відновлені суцільнокерамічними ламінатами. *Сучасна стоматологія*. 2013. № 1. С. 95–98.

25. Рижов О. А., Пенкін Ю. М. Статистичні методи опрацювання результатів медико-біологічних досліджень. Львів: Магнолія 2006, 2022. 160 с.

26. Сардигов Є. А. Вивчення мікробіоценозу ротової порожнини при відновлювальному лікуванні дефектів твердих тканин зубів каріозного походження. *Новини і перспективи медичної науки: зб. мат. XXIV конф. студ. та мол. учених*: [під ред. Бондаренко Н. С.]. Дніпро, 2024. С. 146-147.

27. Сардигов Є. А., Іщенко О. В., Фастовець О. О. Стан мікробіоценозу ротової порожнини за різних методів заміщення дефектів коронкових частин зубів. *Медичні перспективи*. 2024. Т. 29, № 3. С. 151-161. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.3.313603>.

28. Сардигов Є. А., Крищук М. Г., Фастовець О. О., Матвєєнко Р. Ю. Результати дослідження напружено-деформованих станів коронкових частин молярів, відновлених композитними, керамічними та цирконієвими вкладками. *Медичні перспективи*. 2024. Т. 29, № 4. С. 47-57. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.4.319183>.

29. Фастовець О. О., Штепа В. О. Поширеність та характер оклюзійних порушень серед осіб молодого віку. *Медичні перспективи*. 2020. Т. 25, № 1. С. 204-214. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2020.1.200421>.

30. Фастовець О. О., Глазунов О. О. Вплив кута конвергенції поверхонь при препаруванні зубів у хворих на генералізований пародонтит із застосуванням методу кінцевих елементів. *Вісник стоматології*. 2022. № 3 (120). С. 67-75. DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2022-45-3.12>.

31. Фастовець О. О., Глазунов О. О. Потреба в ортопедичному лікуванні та особливості клініко-функціонального стану опорних зубів у

хворих на генералізований пародонтит молодого віку. *Інновації в стоматології*. 2023. № 3. С. 35-41. DOI: <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2023.3.5>.

32. Царьов В., Невдачина І., Равинська А., Борчалинська К. Оцінка впливу методів полірування реставрацій на швидкість мікробної колонізації їхньої поверхні. *Dental Forum*. 2012. № 5 (46). С. 137–138.

33. Янішен І. В., Білобров Р. В., Герман С. А., Бірюков В.О., Салія Л. Г. Математичне моделювання напружено-деформованого стану системи кореня зуба при установці куксових вкладок. *Вісник проблем біології і медицини*. 2020. № 1. С. 264-270. DOI: <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2020-1-155-264-270>.

34. Янішен І. В., Ярова А. В., Бережна О. О., Доля А. В., Богатиренко М. В. Клінічні аспекти застосування стоматологічних матеріалів у контексті забезпечення якості лікування ортопедичними конструкціями. *Вісник проблем біології і медицини*. 2019. № 2(1(149)). С. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2019-1-2-149-59-66>.

35. Янішен І., Кричка Н., Федотова О., Погоріла А., Германчук С. Відновлення коронкової частини жувальних зубів зі значною втратою твердих тканин куксовими конструкціями. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. 2024. N 24 (1), 67-72. DOI: <https://doi.org/10.31718/2077-1096.24.1.67>.

36. Янішен І., Сідорова О., Погоріла А., Федотова О., Андрієнко К. Причини, характер і частота виникнення ускладнень при використанні незнімних зубних протезів (огляд літератури). *Вісник стоматології*. 2024. N 126 (1). С.190–198. DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2024-51-1.32>.

37. Abduo J., Sambrook R. J. Longevity of ceramic onlays: A systematic review. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*. 2018. N 30 (3). P. 193–215. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.12384>.

38. Acet Ö., Erdönmez D., Acet B. Ö., Odabaşı M. N-acyl homoserine lactone molecules assisted quorum sensing: Effects consequences and monitoring of bacteria talking in real life. *Archives of Microbiology*. 2021. N 203. P. 3739–3749. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02381-9>.
39. Aguilar-Gálvez D., Maguiña-Mercedes J. C. El dentobioma y la mínima intervención en odontología [The dentobiome and the minimum intervention in dentistry]. *Revista Científica Odontológica* (Lima). 2022. N 10 (3). P. 124. DOI: <https://doi.org/10.21142/2523-2754-1003-2022-124>.
40. Ahmadi H., Ebrahimi A., Ahmadi F. Antibiotic therapy in dentistry. *International Journal of Dentistry*. 2021. P. 6667624. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6667624>.
41. Alarcón-Sánchez M. A., Heboyan A., Fernandes G. V. O., Castro-Alarcón N., Romero-Castro N. S. Potential impact of prosthetic biomaterials on the periodontium: a comprehensive review. *Molecules*. 2023. N 28 (3). P. 1075. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28031075>.
42. Albelasy E. H., Hamama H. H., Tsoi J. K. H., Mahmoud S. H. Fracture resistance of CAD/CAM occlusal veneers: A systematic review of laboratory studies. *Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2020. N 110. P. 103948. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103948>.
43. Albeshir E. G., Alsaahfi R., Albluwi R., Balhaddad A. A., Mitwalli H., Oates T. W., Hack G. D, Sun J., Weir M. D., Xu H. H. K. Low-shrinkage resin matrices in restorative dentistry-narrative review. *Materials (Basel)*. 2022. N 15 (8). P. 2951. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15082951>.
44. Alghauli M. A., Alqutaibi A. Y., Wille S., Kern M. Clinical reliability of self-adhesive luting resins compared to other adhesive procedures: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*. 2023. N 129. P. 104394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104394>.
45. Allen C., Meyer C. A., Yoo E., Vargas J. A., Liu Y., Jalali P. Stress distribution in a tooth treated through minimally invasive access compared to one treated through traditional access: A finite element analysis study. *Journal of*

Conservative Dentistry. 2018. N 21 (5). P. 505-509. DOI: https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_260_18.

46. Alp Ş., Gulec Alagoz L., Ulusoy N. Effect of direct and indirect materials on stress distribution in class II MOD Restorations: A 3D-finite element analysis study. *BioMed research international*. 2020. P. 7435054. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/7435054>.

47. Amesti-Garaizabal A., Agustín-Panadero R., Verdejo-Solá B., Fons-Font A., Fernández-Estevan L., Montiel-Company J., Solá-Ruiz M. F. Fracture resistance of partial indirect restorations made with CAD/CAM technology. A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical medicine*. 2019. N 8 (11). P. 1932. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm8111932>.

48. Angeletaki F., Gkogkos A., Papazoglou E., Kloukos D. Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic review and meta-analysis. *Journal of dentistry*. 2016. N 53. P. 12–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.07.011>.

49. Askar H., Krois J., Göstemeyer G., Bottenberg P, Zero D., Banerjee A., Schwendicke F. Secondary caries: what is it, and how it can be controlled, detected, and managed? *Clinical oral investigations*. 2020. N 24 (5). P. 1869–1876. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03268-7>.

50. Avetisyan A., Markaryan M., Rokaya D., Tovani-Palone M. R., Zafar M. S., Khurshid Z., Vardanyan A., Heboyan A. Characteristics of periodontal tissues in prosthetic treatment with fixed dental prostheses. *Molecules (Basel, Switzerland)*. 2021. N 26 (5). P. 1331. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26051331>.

51. Babaei B., Shouha P., Birman V., Farrar P., Prentice L., Prusty G. The effect of dental restoration geometry and material properties on biomechanical behavior of a treated molar tooth: a 3D finite element analysis. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2022. N 125. P. 104892. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104892>.

52. Badami V., Ketineni H., Pb S., Akarapu S., Mittapalli S. P., Khan A. Comparative evaluation of different post materials on stress distribution in endodontically treated teeth using the finite element analysis method: a systematic review. *Cureus*. 2022. N 14 (9). P. 29753. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.29753>.
53. Balhaddad A. A., Al Otaibi A. M., Alotaibi K. S., Al-Zain A. O., Ismail E. H., Al-Dulaijan Y. A., Alalawi H., Al-Thobity A. M. The impact of *Streptococcus mutans* biofilms on the color stability and topographical features of three lithium disilicate ceramics. *Journal of Prosthodontics*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/jopr.13944>.
54. Balhaddad A. A., AlGhamdi N., Alqahtani M., Alsulaiman O. A., Alshammari A., Farraj M. J., Alsulaiman A. A. Predictors of procedural errors in class II resin composite restorations using bitewing radiographs. *Saudi Dental Journal*. 2024. N 36 (4). P. 638-644. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.12.017>.
55. Balhaddad A. A., Kansara A. A., Hidan D., Weir M. D., Xu H. H. K., Melo M. A. S. Toward dental caries: exploring nanoparticle-based platforms and calcium phosphate compounds for dental restorative materials. *Bioactive Materials*. 2018. N 4 (1). P. 43-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2018.12.002>.
56. Belli R., Petschelt A., Hofner B., Hajtó J., Scherrer S. S., Lohbauer U. Fracture rates and lifetime estimations of CAD/CAM all-ceramic restorations. *Journal of dental research*. 2016. N 95 (1). P. 67–73. DOI: <https://doi.org/10.1177/0022034515608187>.
57. Belstrøm D. The salivary microbiota in health and disease. *Journal of Oral Microbiology*. 2020. N 12 (1). P. 1723975. DOI: <https://doi.org/10.1080/20002297.2020.1723975>.
58. Bhadila G. Y., Baras B. H., Balhaddad A. A., Williams M. A., Oates T. W., Weir M. D., Xu H. H. K. Recurrent caries models to assess dental

restorations: a scoping review. *Journal of Dentistry*. 2023. N 136. P. 104604. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104604>.

59. Bhadila G., Filemban H., Wang X., Melo M. A. S., Arola D. D., Tay F. R., Oates T. W., Weir M. D., Sun J., Xu H. H. K. Bioactive low-shrinkage-stress nanocomposite suppresses *S. mutans* biofilm and preserves tooth dentin hardness. *Acta biomaterialia*. 2020. N 114. P. 146–157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.07.057>.

60. Bhadila G., Wang X., Zhou W., Menon D., Melo M. A. S., Montaner S., Oates T. W., Weir M. D., Sun J., Xu H. H. K. Novel low-shrinkage-stress nanocomposite with remineralization and antibacterial abilities to protect marginal enamel under biofilm. *Journal of Dentistry*. 2020. N 99. P.103406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103406>.

61. Bloch S., Hager-Mair F. F., Andrukhov O., Schäffer C. Oral streptococci: modulators of health and disease. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2024. N 14. P.1357631. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1357631>.

62. Bolaca A., Erdogan, Y. *In Vitro* evaluation of the wear of primary tooth enamel against different ceramic and composite resin materials. *Nigerian journal of clinical practice*. 2019. N 22 (3). P. 313–319. DOI: https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_358_18.

63. Bollen C., Hakobayan G., Jörgens M. One-piece versus two-piece ceramic dental implants. *British Dental Journal*. 2024. N 236 (5). P. 383-387. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41415-024-7123-3>.

64. Borges A. L. S., Tribst J. P. M., de Lima A. L., Dal Piva A. M. O., Özcan M. Effect of occlusal anatomy of CAD/CAM feldspathic posterior crowns in the stress concentration and fracture load. *Clinical and Experimental Dental Researches*. 2021. N 7 (6). P. 1190- 1196. DOI: <https://doi.org/10.1002/cre2.454>.

65. Branco A. C., Colaço R., Figueiredo-Pina C. G., Serro A. P. A state-of-the-art review on the wear of the occlusal surfaces of natural teeth and

prosthetic crowns. *Materials (Basel)*. 2020. N 13(16). P. 3525. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma13163525>.

66. Bustamante-Hernández N., Montiel-Company J. M., Bellot-Arcís C., Mañes-Ferrer J. F., Solá-Ruiz M. F., Agustín-Panadero R., Fernández-Estevan L. Clinical behavior of ceramic, hybrid and composite onlays. A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environment Research and Public Health*. 2020. N 17(20). P. 7582. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17207582>.

67. Cadenaro M., Josic U., Maravić T., Mazzitelli C., Marchesi G., Mancuso E., Breschi L., Mazzoni A. Progress in dental adhesive materials. *Journal of Dental Research*. 2023. N 102 (3). P. 254–262. DOI: <https://doi.org/10.1177/00220345221145673>.

68. Cappare P., Sannino G., Minoli M., Montemezzi P., Ferrini F. Conventional versus digital impressions for full arch screw-retained maxillary rehabilitations: a randomized clinical trial. *International journal of environmental research and public health*. 2019. N 16 (5). P. 829. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16050829>.

69. Carroll C. K., Pfaller A. M. Manual of clinical microbiology, 4 Volume Set. 13-st ed. ASM Books. 2023. 3456 p.

70. Cattoni F., Teté G., Calloni A. M., Manazza F., Gastaldi G., Cappare P. Milled versus molded mock-ups based on the superimposition of 3D meshes from digital oral impressions: a comparative *in vitro* study in the aesthetic area. *BMC oral health*. 2019. N 19 (1). P. 230. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0922-2>.

71. CDC. Antibiotic Resistance Threats in the United States, 2019. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, CDC; 2019. [Internet]. [cited 2024 March. 15]. Available from: www.cdc.gov/DrugResistance/Biggest-Threats.html <http://dx.doi.org/10.15620/cdc:82532>.

72. Chen D., Chen Y., Pan Y., Ding H., Chen Q., Meng X. Fatigue performance and stress distribution of endodontically treated premolars restored

with direct bulk-fill resin composites. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2021. N 23 (1). P. 67-75. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.jad.b906631>.

73. Contaldo M., Lucchese A., Lajolo C., Rupe C., Di Stasio D., Romano A., Petruzzi M., Serpico R. The oral microbiota changes in orthodontic patients and effects on oral health: an overview. *Journal of Clinical Medicine*. 2021. N 10 (4). P. 780. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm10040780>.

74. Corrêa G., Brondani L. P., Wandscher V. F., Pereira G. K. R., Valandro L. F., Bergoli C. D. Influence of remaining coronal thickness and height on biomechanical behaviour of endodontically treated teeth: survival rates, load to fracture and finite element analysis. *Journal of Applied Oral Sciences*. 2018. N 26. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2017-0313>.

75. Coşkun E., Aslan Y. U., Özkan Y. K. Evaluation of two different CAD-CAM inlay-onlays in a split-mouth study: 2-year clinical follow-up. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*. 2020. N 32 (2). P. 244–250. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.12541>.

76. Cuevas-Suárez C. E., de Oliveira da Rosa W. L., Vitti R. P., da Silva A. F., Piva E. Bonding strength of universal adhesives to indirect substrates: a meta-analysis of *in vitro* studies. *Journal of Prosthodontics*. 2020. N 29 (4). P. 298-308. DOI: <https://doi.org/10.1111/jopr.13147>.

77. Cvar J. F., Ryge G. Reprint of criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials. *Clinical Oral Investigation*. 2005. N 9 (4). P. 215–232. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-005-0018-z>.

78. Da Rosa Rodolpho P. A., Rodolfo B., Collares K., Correa M. B., Demarco F. F., Opdam N. J. M., Cenci M. S., Moraes R. R. Clinical performance of posterior resin composite restorations after up to 33 years. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*. 2022. N 38. P. 680–688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2022.02.009>.

79. D'Ambrosio F., Santella B., Di Palo M. P., Giordano F., Lo Giudice R. Characterization of the oral microbiome in wearers of fixed and removable implant

or non-implant-supported prostheses in healthy and pathological oral conditions: a narrative review. *Microorganisms*. 2023. N 11 (4). P. 1041. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11041041>.

80. Dantas T., Padrão J., Da Silva M.R., Pinto P. Madeira S., Vaz P., Zille A., Silva F. Bacteria co-culture adhesion on different texturized zirconia surfaces. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2021. N 123. P.104786. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104786>.

81. David Müzel S., Bonhin E. P., Guimarães N. M., Guidi E. S. Application of the finite element method in the analysis of composite materials: a review. *Polymers (Basel)*. 2020. N 12 (4). P. 818. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym12040818>.

82. Defta C. L., Albu C. C., Albu Ş. D., Bogdan-Andreescu C. F. Oral mycobiota: a narrative review. *Dent Journal (Basel)*. 2024. N 12 (4). P. 115. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj12040115>.

83. Dejak B., Młotkowski A. A comparison of mvM stress of inlays, onlays and endocrowns made from various materials and their bonding with molars in a computer simulation of mastication - FEA. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*. 2020. N 36 (7). P. 854–864. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.04.007>.

84. Deng J., Zhou J., Wu T., Liu Z., Wu Z. Review and assessment of fatigue delamination damage of laminated composite structures. *Materials (Basel)*. 2023. N16 (24). P. 7677. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma16247677>.

85. Dias M. C. R., Martins J. N. R., Chen A., Quaresma S. A., Luís H., Caramês J. Prognosis of indirect composite resin cuspal coverage on endodontically treated premolars and molars: an *in vivo* prospective study. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*. 2018. N 27 (7). P. 598–604.

86. Dimitriadis K., Sfikas A. K., Kamnis S., Tsolka P., Agathopoulos S. Influence of heat treatment on the microstructure and the physical and mechanical properties of dental highly translucent zirconia. *The journal of advanced*

prosthodontics. 2022. N 14 (2). P. 96–107. DOI: <https://doi.org/10.4047/jap.2022.14.2.96>.

87. Dobrzynski M., Pajaczowska M., Nowicka J., Jaworski A., Kosior P., Szymonowicz M., Kuropka P., Rybak Z., Bogucki Z. A., Filipiak J., Targonska S., Ciupa-Litwa A., Han A., Wiglusz R. J. Study of surface structure changes for selected ceramics used in the CAD/CAM system on the degree of microbial colonization. *In vitro tests. BioMed research international*. 2019. P. 9130806. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/9130806>.

88. Duan S., Wu R., Xiong Y.-H., Ren H.-M., Lei C., Zhao Y.-Q. Multifunctional antimicrobial materials: from rational design to biomedical applications. *Progress in Materials Science*. 2022. N 125. P. 100887. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2021.100887>.

89. Edelhoff D., Güth J. F., Erdelt K., Brix O., Liebermann A. Clinical performance of occlusal onlays made of lithium disilicate ceramic in patients with severe tooth wear up to 11 years. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*. 2019. N 35 (9). P. 1319–1330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.06.001>.

90. Elawsya M. E., Montaser M. A., El-Wassefy N. A., Zaghloul N. M. Two-year clinical performance of dual- and light-cure bulk-fill resin composites in Class II restorations: a randomized clinical trial. *Clinical and Oral Investigations*. 2024. N 28 (2). P. 138. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05538-0>.

91. Elmoselhy H. A. S., Hassanien O. E. S., Haridy M. F., Salam El Baz M. A. E., Saber S. Two-year clinical performance of indirect restorations fabricated from CAD/CAM nanohybrid composite versus lithium disilicate in mutilated vital teeth. A randomized controlled trial. *BMC Oral Health*. 2024. N 24 (1). P. 101. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03847-6>.

92. Eltahlah D., Lynch C. D., Chadwick B. L., Blum I. R., Wilson N. H. F. An update on the reasons for placement and replacement of direct restorations. *Journal of dentistry*. 2018. N 72. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.03.001>.

93. Fasbinder D. J., Neiva G. F., Heys D., Heys R. Clinical evaluation of chairside Computer Assisted Design/Computer Assisted Machining nano-ceramic restorations: Five-year status. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*. 2020. N 32 (2). P. 193–203. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.12516>.

94. Fastovets O. O., Sardykov Y. A., Matvieienko R. Y., Shtepa V.O. Clinical comparison of different methods of posterior teeth restoration. *Свим медицини та біології*. 2024. № 2 (88). С. 167-171. DOI: <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2024-2-88-167-171>.

95. Fathy H., Hamama H. H., El-Wassefy N., Mahmoud S. H. Clinical performance of resin-matrix ceramic partial coverage restorations: a systematic review. *Clinical and Oral Investigations*. 2022. N 26 (5). P. 3807-3822. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04449-2>.

96. Filemban H., Bhadila G., Wang X., Melo M. A. S., Oates T. W., Weir M. D., Sun J., Xu H. H. K. Novel low-shrinkage-stress bioactive nanocomposite with anti-biofilm and remineralization capabilities to inhibit caries. *Journal of dental sciences*. 2022. N 17 (2). P. 811–821. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.09.032>.

97. Fine D. H., Schreiner H. Oral microbial interactions from an ecological perspective: a narrative review. *Frontiers in Oral Health*. 2023. N 4. P. 1229118. DOI: <https://doi.org/10.3389/froh.2023.1229118>.

98. Forster A., Braunitzer G., Tóth M, Szabó B. P., Fráter M. *In vitro* fracture resistance of adhesively restored molar teeth with different MOD cavity dimensions. *Journal of Prosthodontics*. 2019. N 28 (1). P. 325-331. DOI: <https://doi.org/10.1111/jopr.12777>.

99. Freire Y., Gonzalo E., Lopez-Suarez C., Suarez M. J. The marginal fit of CAD/CAM monolithic ceramic and metal-ceramic crowns. *Journal of Prosthodontics*. 2019. N 28. P. 299–304. DOI: <https://doi.org/10.1111/jopr.12590>.

100. Fron Chabouis H., Smail Faugeron V., Attal J. P. Clinical efficacy of composite versus ceramic inlays and onlays: a systematic review. *Dental*

Materials. 2013. N 29 (12). P. 1209-1218. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.09.009>.

101. Gali S., Gururaja S., Patel Z. Methodological approaches in graded dental ceramics. *Dental Materials*. 2024. N 40 (5). P. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2024.02.016>.

102. Gauthier R., Abouilleil H., Chenal J. M., Chevalier J., Colon P., Grosgeat B. Consideration of dental tissues and composite mechanical properties in secondary caries development: a critical review. *The journal of adhesive dentistry*. 2021. N 23 (4). P. 297–308. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.jad.b1649941>.

103. Gaziano P., Lorenzi C., Bianchi D., Monaldo E., Dolci A., Vairo G. Mechanical performance of anatomic-functional-geometry dental treatments: A computational study. *Medical Engineering & Physics*. 2020. N 86. P. 96-108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2020.10.016>.

104. Giacaman R. A., Fernández C. E., Muñoz-Sandoval C., León S., García-Manríquez N., Echeverría C., Valdés S., Castro R. J., Gambetta-Tessini K. Understanding dental caries as a non-communicable and behavioural disease: Management implications. *Frontiers on Oral Health*. 2022. N 3. P. 764479. DOI: <https://doi.org/10.3389/froh.2022.764479>.

105. Goujat A., Abouilleil H., Colon P., Jeannin C., Pradelle N., Seux D., Grosgeat B. Marginal and internal fit of CAD-CAM inlay/onlay restorations: A systematic review of *in vitro* studies. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2019. N 121 (4). P. 590–597. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.06.006>.

106. Gracis S., Thompson V. P., Ferencz J. L., Silva N. R., Bonfante E. A. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *The International journal of prosthodontics*. 2015. N 28 (3). P. 227–235. DOI: <https://doi.org/10.11607/ijp.4244>.

107. Grassi E. D. A., de Andrade G. S., Tribst J. P. M., Machry R. V., Valandro L. F., Ramos N. C., Bresciani E., Saavedra G. S. F. A. Fatigue behavior and stress distribution of molars restored with MOD inlays with and without deep

margin elevation. *Clinical oral investigations*. 2022. N 26 (3). P. 2513–2526. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04219-6>.

108. Guerreiro E., Botelho J., Machado V., Proença L., Mendes J. J., Manso A. C. Caries Experience before and after COVID-19 Restrictions: an observational study. *Journal of clinical medicine*. 2024. N 13 (4). P. 1164. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm13041164>.

109. Hajishengallis G., Lamont R. J., Koo H. Oral polymicrobial communities: assembly, function, and impact on diseases. *Cell Host and Microbe*. 2023. N 31 (4). P. 528-538. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chom.2023.02.009>.

110. Hao Y., Huang X., Zhou X., Li M., Ren B., Peng X., Cheng, L. Influence of dental prosthesis and restorative materials interface on oral biofilms. *International journal of molecular sciences*. 2018. N 19 (10). P. 3157. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19103157>.

111. Harsha M. S., Prafulla M., Babu M. R., Leneena G., Krishna T. S., Divya G. The effect of cavity design on fracture resistance and failure pattern in monolithic zirconia partial coverage restorations. An *in vitro* study. *Journal of Clinical and Diagnostic Researches*. 2017. N 11 (5). P. 45-48. DOI: <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25305.9856>.

112. Hasslöf P., Stecksén-Blicks C. Chapter 10: Probiotic bacteria and dental caries. *Monography of Oral Sciences*. 2020. N 28. P.99-107. DOI: <https://doi.org/10.1159/000455377>.

113. Hatanaka A., Sawada T., Sen K., Saito T., Sasaki K., Someya T., Hattori M., Takemoto S. Wear behaviour between aesthetic restorative materials and bovine tooth enamel. *Materials (Basel)*. 2022. N 15 (15). P. 5234. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15155234>.

114. Heboyan A., Manrikyan M., Markaryan M., Vardanyan I. Changes in the parameters of gingival crevicular fluid in masticatory function restoration by various prosthodontic constructions. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2020. N 12. P. 2088–2093. DOI: <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.02.280>.

115. Heboyan A., Manrikyan M., Zafar M. S., Rokaya D., Nushikyan R., Vardanyan I., Vardanyan A., Khurshid Z. Bacteriological evaluation of gingival crevicular fluid in teeth restored using fixed dental prostheses: an in vivo study. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. N 22 (11). P. 5463. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22115463>.

116. Heboyan A., Marya A., Syed A. U. Y., Khurshid Z., Zafar M. S., Rokaya D., Anastasyan M. *In vitro* microscopic evaluation of metal- and zirconium-oxide-based crowns' marginal fit. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*. 2022. P. 210144. DOI: <https://doi.org/10.1590/pboci.2022.010>.

117. Heboyan A., Syed A. U. Y., Rokaya D., Cooper P. R., Manrikyan M., Markaryan M. Cytomorphometric analysis of inflammation dynamics in the periodontium following the use of fixed dental prostheses. *Molecules*. 2020. N 25 (20). P. 4650. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25204650>.

118. Heboyan A., Vardanyan A., Karobari M. I., Marya A., Avagyan T., Tebyaniyan H., Mustafa M., Rokaya D., Avetisyan A. Dental luting cements: an updated comprehensive review. *Molecules*. 2023. N 28 (4). P. 1619. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28041619>.

119. Hickel R., Mesinger S., Opdam N., Loomans B., Frankenberger R., Cadenaro M., Burgess J., Peschke A., Heintze S. D., Kühnisch J. Revised FDI criteria for evaluating direct and indirect dental restorations-recommendations for its clinical use, interpretation, and reporting. *Clinical and Oral Investigations*. 2023. N 27 (6). P. 2573-2592. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04851-w>.

120. Houdaifa R., Alzoubi H., Jamous I. Three-dimensional finite element analysis of worn molars with prosthetic crowns and onlays made of various materials. *Cureus*. 2022. N 14 (10). P. 30240. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.30240>.

121. Ionescu A. C., Hahnel S., Delvecchio P., Ilie N., Moldovan M., Zambelli V., Bellani G., Brambilla E. Microbiological models for accelerated

development of secondary caries *in vitro*. *Journal of Dentistry*. 2022. N 127. P. 104333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104333>.

122. Iskandar K., Molinier L., Hallit S., Sartelli M., Hardcastle T. C., Haque M., Lugova H., Dhingra S., Sharma P., Islam S., Mohammed I., Naina Mohamed I., Hanna P. A., Hajj S. E., Jamaluddin N. A. H., Salameh P., Roques C. Surveillance of antimicrobial resistance in low- and middle-income countries: a scattered picture. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*. 2021. N 10 (1). P. 63. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13756-021-00931-w>.

123. Jang Y. S., Nguyen T. T., Ko Y. H., Lee D. W., Baik B. J., Lee M. H., Bae T. S. *In vitro* wear behavior between enamel cusp and three aesthetic restorative materials: Zirconia, porcelain, and composite resin. *The journal of advanced prosthodontics*. 2019. N 11 (1). P. 7–15. DOI: <https://doi.org/10.4047/jap.2019.11.1.7>.

124. Jitwirachot K., Rungsiyakull P., Holloway J. A., Jia-Mahasap W. Wear behaviour of different generations of zirconia: present literature. *International Journal of Dentistry*. 2022. P. 9341616. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/9341616>.

125. Josic U., D'Alessandro C., Miletic V., Maravic T., Mazzitelli C., Jacimovic J., Sorrentino R., Zarone F., Mancuso E., Delgado A. H., Breschi L., Mazzoni A. Clinical longevity of direct and indirect posterior resin composite restorations: An updated systematic review and meta-analysis. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*. 2023. N 39 (12). P. 1085–1094. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.10.009>.

126. Jung M. K., Jeon M. J., Kim J. H., Son S. A., Park J. K., Seo D. G. Comparison of the stress distribution in base materials and thicknesses in composite resin restorations. *Heliyon*. 2024. N 10 (3). P. 25040. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25040>.

127. Kasem A. T., Ellayeh M., Özcan M., Sakrana A. A. Three-year clinical evaluation of zirconia and zirconia-reinforced lithium silicate crowns with minimally invasive vertical preparation technique. *Clinical and Oral*

Investigations. 2023. N 27 (4). P. 1577-1588. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04779-1>.

128. Kim H. E., Liu Y., Dhall A., Bawazir M., Koo H., Hwang G. Synergism of *Streptococcus mutans* and *Candida albicans* reinforces biofilm maturation and acidogenicity in saliva: an *in vitro* study. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2021. N 10. P. 623980. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.623980>.

129. Kim S. Y., Kim B. S., Kim H., Cho S. Y. Occlusal stress distribution and remaining crack propagation of a cracked tooth treated with different materials and designs: 3D finite element analysis. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*. 2021. N 37 (4). P. 731–740. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.01.020>.

130. Kiros A., Saravanan M., Niguse S., Gebregziabher D., Kahsay G., Dhandapani R., Paramasivam R., Araya T., Asmelash T. Bacterial profile, antimicrobial susceptibility pattern, and associated factors among dental caries-suspected patients attending the ayder comprehensive specialized hospital and private dental clinic in Mekelle, Northern Ethiopia. *Biomed Research International*. 2022. P. 3463472. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/3463472>.

131. Koletsi D., Iliadi A., Eliades T., Eliades G. *In vitro* simulation and *in vivo* assessment of tooth wear: A meta-analysis of *in vitro* and clinical research. *Materials (Basel)*. 2019. N 12(21). P. 3575. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma12213575>.

132. Kontonasaki E., Rigos A. E., Ilia C., Istantos T. Monolithic zirconia: an update to current knowledge. Optical properties, wear, and clinical performance. *Dentistry journal*. 2019. N 7 (3). P. 90. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj7030090>.

133. Kumari S., Raghu R., Shetty A., Rajasekhara S., Padmini S. D. Morphological assessment of the surface profile, mesiodistal diameter, and contact tightness of Class II composite restorations using three matrix systems: An *in*

vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2023. N 26 (1). P. 67-72. DOI: https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_403_22.

134. Lei L., Long L., Yang X., Qiu Y., Zeng Y., Hu T., Wang S., Li, Y. The VicRK two-component system regulates *Streptococcus mutans* virulence. *Current issues in molecular biology*. 2019. N 32. P. 167–200. DOI: <https://doi.org/10.21775/cimb.032.167>.

135. LeSage B. P. CAD/CAM: Applications for transitional bonding to restore occlusal vertical dimension. *Journal of Esthetic Restoration Dentistry*. 2020. N 32 (2). P. 132–140. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.12554>.

136. Li Y., Huang S. Du J., Wu M., Huang X. Current and prospective therapeutic strategies: tackling *Candida albicans* and *Streptococcus mutans* cross-kingdom biofilm. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2023. N 13. P. 1106231. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1106231>.

137. Lin J., Lin Z., Zheng Z. Effect of different restorative crown design and materials on stress distribution in endodontically treated molars: a finite element analysis study. *BMC oral health*. 2020. N 20 (1). P. 226. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01214-3>.

138. Liu Z. Y., Zhao L., Yang L.Y., Gao X. Three-dimensional finite element analysis of different endodontic access methods and full crown restoration in the maxillary central incisor. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2019. N 37 (6). P. 642-647. DOI: <https://doi.org/10.7518/hxkq.2019.06.013>.

139. Loomans B., Opdam N., Attin T., Bartlett D., Edelhoff D., Frankenberger R., Benic G., Ramseyer S., Wetselaar P., Sterenborg B., Hickel R., Pallesen U., Mehta S., Banerji S., Lussi A., Wilson N. Severe tooth wear: European consensus statement on management guidelines. *The journal of adhesive dentistry*. 2017. N 19 (2). P. 111–119. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.jad.a38102>.

140. Lu Y., Lin Y., Li M., He J. Roles of *Streptococcus mutans* and *Candida albicans* interaction in early childhood caries: a literature review. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2023 May 16; 13: 1151532. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1151532>.

141. Maghami E., Homaei E., Farhangdoost K., Pow E. H. N., Matinlinna J. P., Tsoi J. K. Effect of preparation design for all-ceramic restoration on maxillary premolar: a 3D finite element study. *Journal of Prosthodontic Research*. 2018. N 62 (4). P. 436-442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2018.04.002>.

142. Mangani F., Marini S., Barabanti N., Preti A., Cerutti A. The success of indirect restorations in posterior teeth: a systematic review of the literature. *Minerva stomatologica*. 2015. N 64 (5). P. 231–240.

143. Melo M. A. S., Weir M. D., Li F., Cheng L., Zhang K., Xu H. H. Control of biofilm at the tooth-restoration bonding interface: a question for antibacterial monomers? A critical review. *Progress in Adhesion and Adhesives*. 2018. N 3. P. 287–305.

144. Menini M., Delucchi F., Bagnasco F., Pera F., Di Tullio N., Pesce P. Analysis of the subgingival microbiota in implant-supported full-arch rehabilitations. *Dentistry journal*. 2020. N 8 (3). P. 104. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj8030104>.

145. Mocanu R. C., Martu M. A., Luchian I., Sufaru I. G., Maftai G. A., Ioanid N., Martu S., Tatarciuc M. Microbiologic profiles of patients with dental prosthetic treatment and periodontitis before and after photoactivation therapy. Randomized Clinical Trial. *Microorganisms*. 2021. N 9 (4). P. 713. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040713>.

146. Mokeem L., Balhaddad A. A., Garcia I. M., Collares F. M., Melo M. A. S. Chapter 18 – Nanoparticle-based antimicrobial for dental restorative materials. In *Micro and nanotechnologies, emerging nanomaterials and nano-based drug delivery approaches to combat antimicrobial resistance*. Elsevier, 2022. P. 661-700. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90792-7.00013-0>.

147. Monteiro D. R., de Souza Batista V. E., Caldeirão A. C. M., Jacinto R. C., Pessan J. P. Oral prosthetic microbiology: aspects related to the oral microbiome, surface properties, and strategies for controlling biofilms. *Biofouling*. 2021. N 37(4). P. 353–371. DOI: <https://doi.org/10.1080/08927014.2021.1912741>.

148. Morimoto S., Rebello de Sampaio F. B., Braga M. M., Sesma N., Özcan M. Survival rate of resin and ceramic inlays, onlays, and overlays: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dental research*. 2016. N 95 (9). P. 985–994. DOI: <https://doi.org/10.1177/0022034516652848>.

149. Mosaddad S. A., Tahmasebi E., Yazdanian A., Rezvani M. B., Seifalian A., Yazdanian M., Tebyanian H. Oral microbial biofilms: an update. *European Journal of Clinical Microbiology and Infection Diseases*. 2019. N 38 (11). P. 2005-2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10096-019-03641-9>.

150. Néma V., Sárosi T., Szántó F. L., Szabó B., Braunitzer G., Lassila L., Garoushi S., Lempel E., Fráter M. Crack propensity of different direct restorative procedures in deep MOD cavities. *Clinical and Oral Investigations*. 2023. N 27 (5). P. 2003-2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-023-04927-1>.

151. Nyvad B., Takahashi N. Integrated hypothesis of dental caries and periodontal diseases. *Journal of Oral Microbiology*. 2020. N 12 (1). P. 1710953. DOI: <https://doi.org/10.1080/20002297.2019.1710953>.

152. Ortún-Terrazas J., Cegoñino J., Santana-Penín U., Santana-Mora U., Pérez Del Palomar A. A porous fibrous hyperelastic damage model for human periodontal ligament: application of a microcomputerized tomography finite element model. *International journal for numerical methods in biomedical engineering*. 2019. N 35 (4). P. 3176. DOI: <https://doi.org/10.1002/cnm.3176>.

153. Ouldyerou A., Mehboob H., Mehboob A., Merdj, A., Aminallah L., Mukdadi O. M., Barsoum I., Junaedi H. Biomechanical performance of resin composite on dental tissue restoration: a finite element analysis. *PloS one*. 2023. N 18 (12). P. 0295582. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295582>.

154. Oyar P., Ulusoy M., Eskitaşçıoğlu G. Finite element analysis of stress distribution in ceramic crowns fabricated with different tooth preparation designs. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2014. N 112 (4). P. 871-877. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.12.019>.

155. Papadiochou S., Pissiotis A. L. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques.

Journal of Prosthetic Dentistry. 2018. N 119 (4). P. 545-551. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.07.001>.

156. Parolo C. C. F., Arthur R. A. Chapter 5.2: Oral microbial biofilms. *Monographs on Oral Sciences*. 2023. N 31. P. 62-77. DOI: <https://doi.org/10.1159/000530558>.

157. Pashayev A. Ch., Huseynova S. T., Gurbanov R. Y., Huseynova M. Kh., Aliyev G. Kh., Kerimli N. K., Mammadova N. M., Alakbarova Kh. A., Gurbanova S. R. Prevalence and intensity of dental caries among the population of an urban administrative district. *Вісник проблем біології і медицини*. 2024. Вип. 2 (173) (додаток). С. 77-79. DOI: <https://doi.org/10.29254/2523-4110-2024-2-173/addition-77-79>.

158. Philips O. O., Timothy O., Charlse I. I., Osamuyimen I. Susceptibility pattern of bacterial isolates from dental caries patients attending clinic at Irrua Specialist Teaching Hospital, Irrua, Nigeria. *Journal of Biomedical Research and Environment Sciences*. 2021. N 2 (9). P. 784-789. DOI: <https://10.37871/jbres1311>.

159. Rademacher S. W. H., Zaura E., Kleverlaan C. J., Buijs M. J., Crielaard W., Loos B. G., Laine M. L. Qualitative and quantitative differences in the subgingival microbiome of the restored and unrestored teeth. *Journal of periodontal research*. 2019. N 54 (4). P. 405-412. DOI: <https://doi.org/10.1111/jre.12642>.

160. Raedel M., Hartmann A., Priess H. W., Bohm S., Samietz S., Konstantinidis I., Walter M. H. Re-interventions after restoring teeth-mining an insurance database. *Journal of dentistry*. 2017. N 57. P. 14-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.11.011>.

161. Rajasekaran J. J., Krishnamurthy H. K., Bosco J., Jayaraman V., Krishna K., Wang T., Bei K. Oral microbiome: a review of its impact on oral and systemic health. *Microorganisms*. 2024. N 12 (9). P.1797. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12091797>.

162. Reddy R. T., Vandana K. L. Effect of hyperfunctional occlusal loads on periodontium: A three-dimensional finite element analysis. *Journal of Indian*

Society of Periodontology. 2018. N 22 (5). P. 395-400 DOI: https://doi.org/10.4103/jisp.jisp_29_18.

163. Rokaya D., Bohara S., Srimaneepong V., Kongkiatkamon S., Khurshid Z., Heboyan A., Zafar M. S. Metallic biomaterials for medical and dental prosthetic applications. In *Functional biomaterials*; Jana S., Ed.; Springer: Singapore, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-7152-4_18.

164. Ruan W., Zheng Z., Jiang L., He J., Sun J., Yan W. Optimal cuspal coverage of ceramic restorations using CAD/CAM: Biomechanical characteristic analysis by 3D finite element analysis and *in vitro* investigation. *International Journal of Computer Dentistry*. 2022. N 25 (3). P. 267-276. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.ijcd.b2599709>.

165. Sampaio F. B. W. R., Özcan M., Gimenez T. C., Moreira M. S. N. A., Tedesco T. K., Morimoto S. Effects of manufacturing methods on the survival rate of ceramic and indirect composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*. 2019. N 31 (6). P. 561–571. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.12555>.

166. Santacroce L., Passarelli P. C., Azzolino D., Bottalico L., Charitos I. A., Cazzolla A. P., Colella M., Topi S., Godoy F. G., D'Addona A. Oral microbiota in human health and disease: A perspective. *Experimental Biology and Medicine (Maywood)*. 2023. N 248 (15). P. 1288-1301. DOI: <https://doi.org/10.1177/15353702231187645>.

167. Santos G. C., Jr Santos M. J., Jr Rizkalla A. S., Madani D. A., El-Mowafy O. Overview of CEREC CAD/CAM chairside system. *General dentistry*. 2013. N 61(1). P. 36–41.

168. Sardykov Y. Oral microbiocenosis after restorative dental treatment. *Актуальні питання медицини: Мат. міжрегіон. наук.-практ. конф.* Дніпро, Європейський медичний університет, 2024. С.74-76.

169. Schmid A., Strasser T., Rosentritt M. Finite element analysis of occlusal interferences in dental prosthetics caused by occlusal adjustment. *The*

International journal of prosthodontics. 2023. N 36 (4). P. 436–442. DOI: <https://doi.org/10.11607/ijp.7178>.

170. Sedghi L., DiMassa V., Harrington A., Lynch S. V., Kapila Y. L. The oral microbiome: role of key organisms and complex networks in oral health and disease. *Periodontology 2000*. 2021. N 87 (1). P. 107-131. DOI: <https://doi.org/10.1111/prd.12393>.

171. Serra-Pastor B., Bustamante-Hernández N., Fons-Font A., Fernanda Solá-Ruíz M., Revilla-León M., Agustín-Panadero R. Periodontal behavior and patient satisfaction of anterior teeth restored with single zirconia crowns using a biologically oriented preparation technique: a 6-year prospective clinical study. *Journal of clinical medicine*. N 10 (16). P. 3482. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm10163482>.

172. Shi H. Y., Pang R., Yang J, Fan D, Cai H., Jiang H. B., Han J., Lee E. S., Sun Y. Overview of several typical ceramic materials for restorative dentistry. *Biomed Research International*. 2022. N 18. P. 8451445. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/8451445>.

173. Sichi L. G. B., Pierre F. Z., Arcila L. V. C, de Andrade G. S., Tribst J. P. M., Ausiello P., di Lauro A. E., Borges A. L. S. Effect of biologically oriented preparation technique on the stress concentration of endodontically treated upper central incisor restored with zirconia crown: 3D-FEA. *Molecules*. 2021. N 26 (20). P. 6113. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26206113>.

174. Skorulska A., Piszko P., Rybak Z., Szymonowicz M., Dobrzyński M. Review on polymer, ceramic and composite materials for CAD/CAM indirect restorations in dentistry-application, mechanical characteristics and comparison. *Materials (Basel)*. 2021. N 14 (7). P. 1592. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14071592>.

175. Solá-Ruíz M. F., Baima-Moscardó A., Selva-Otaolaurruchi E., Montiel-Company J. M., Agustín-Panadero R., Fons-Badal C., Fernández-Estevan L. Wear in antagonist teeth produced by monolithic zirconia crowns: a systematic

review and meta-analysis. *Journal of clinical medicine*. 2020. N 9 (4). P. 997. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9040997>.

176. Souza J., Fuentes M. V., Baena E., Ceballos L. One-year clinical performance of lithium disilicate versus resin composite CAD/CAM onlays. *Odontology*. 2021. N 109 (1). P. 259-270. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10266-020-00539-3>.

177. Spatafora G., Li Y., He X., Cowan A., Tanner A. C. R. The evolving microbiome of dental caries. *Microorganisms*. 2024. N 12 (1). P. 121. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12010121>.

178. Spitznagel F. A., Prott L. S., Hoppe J. S., Manitckaia T., Blatz M. B., Zhang Y. Langner R., Gierthmuehlen P. C. Minimally invasive CAD/CAM lithium disilicate partial-coverage restorations show superior in-vitro fatigue performance than single crowns. *Journal of Esthetic and Restoration Dentistry*. 2024. N 36 (1). P. 94-106. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.13169>.

179. Spitznagel F. A., Scholz K. J., Strub J. R., Vach K., Gierthmuehlen P. C. Polymer-infiltrated ceramic CAD/CAM inlays and partial coverage restorations: 3-year results of a prospective clinical study over 5 years. *Clinical oral investigations*. 2018. N 22 (5). P. 1973–1983. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2293-x>.

180. Splieth C. H., Kanzow P., Wiegand A., Schmoeckel J., Jablonski-Momeni A. How to intervene in the caries process: proximal caries in adolescents and adults-a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigation*. 2020. N 24 (5). P.1623-1636. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03201-y>.

181. Srimaneepong V., Heboyan A., Zafar M. S., Khurshid Z., Marya A., Fernandes G. V. O., Rokaya D. Fixed prosthetic restorations and periodontal health: a narrative review. *Journal of Functional Biomaterials*. 2022. N 13 (1). P. 15. DOI: <https://doi.org/10.3390/jfb13010015>.

182. Staicu A. N., Țuculină M. J., Cumpătă C. N., Rîcă A. M., Beznă M. C., Popa D. L., Popescu A. D., Diaconu O. A. A finite element method study on a simulation of the thermal behavior of four methods for the restoration of class II

cavities. *Journal of functional biomaterials*. 2024. N 15 (4). P. 86. DOI: <https://doi.org/10.3390/jfb15040086>.

183. Sulaiman G. B., Lefkelidou A., Said R., Chatzistavrou X., Flannagan S., Gonzáles-Cabezas C., Fenno C. J., Zheng L., Papagerakis S., Papagerakis P. *In vitro* caries models for the assessment of novel restorative materials. *Methods in molecular biology*. 2019. N 1. P. 369–377. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9012-2_33.

184. Takaoka Y., Akiba Y., Nagasawa M., Ito A., Masui Y., Akiba N., Eguchi K., Miyazawa H., Tabeta K., Uoshima K. The relationship between dental metal allergy, periodontitis, and palmoplantar pustulosis: An observational study. *Journal of prosthodontic research*. 2022. N 66 (3). P. 438–444. DOI: https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_20_00307.

185. Tamrakar A. K., Murali G., Singh S., Shakila R. Evaluation of subgingival microbiota around single tooth implants. *Journal of oral biology and craniofacial research*. 2020. N 10 (2). P. 180–183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2020.03.012>.

186. Tang Z. W., Shi W. H., Xia B., Yang J. Y., Zhao Y. J., Wang Y. Design of non-metallic crown for primary molars and analyse of stress distribution: a finite element study. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2022. N 57 (3). P. 242-250. DOI: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112144-20210513-00227>.

187. Thanetchaloempong W., Koontongkaew S., Utispan K. Fixed orthodontic treatment increases cariogenicity and virulence gene expression in dental biofilm. *Journal of Clinical Medicine*. 2022. N 11 (19). P. 5860. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm11195860>.

188. The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 13.0 [Internet]. 2023 [cited 2024 March. 15]. Available from: <http://www.eucast.org>.

189. The glossary of prosthodontic terms: ninth edition. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2017. N 117. P. 1-105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.12.001>.

190. Toc D. A., Csapai A., Popa F., Popa C., Pascalau V., Tosa N. Easy and affordable: a new method for the studying of bacterial biofilm formation. *Cells*. 2022. N 11 (24). P. 4119. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells11244119>.
191. Tornero-Gutiérrez F., Ortiz-Ramírez J. A., López-Romero E., Cuéllar-Cruz M. Materials used to prevent adhesion, growth, and biofilm formation of *Candida* species. *Medical Mycology*. 2023. N 61 (7). DOI: <https://doi.org/10.1093/mmy/myad065>.
192. Trottini M., Campus G., Corridore D., Cocco F., Cagetti M. G., Vigo M. I., Polimeni A., Bossù M. Assessing the predictive performance of probabilistic caries risk assessment models: the importance of calibration. *Caries Researches*. 2020. N 54 (3). P. 258-265. DOI: <https://doi.org/10.1159/000507276>.
193. Țuculină M. J., Staicu A. N., Munteanu M. C. Study on the restoration of class II carious cavities by virtual methods: simulation of mechanical behavior. *Journal of functional biomaterials*. 2023. N 14 (7). P. 354. DOI: <https://doi.org/10.3390/jfb14070354>.
194. Vagropoulou G. I., Klifopoulou G. L., Vlahou S. G., Hirayama H., Michalakis K. Complications and survival rates of inlays and onlays vs complete coverage restorations: A systematic review and analysis of studies. *Journal of oral rehabilitation*. 2018. N 45 (11). P. 903–920. DOI: <https://doi.org/10.1111/joor.12695>.
195. Vardhan P. K., Paramashivaiah R., Prabhuji M. L. V., Bhavikatti S. K., Basha S., Arora S., Basheer S. N., Peeran S. W., Aldowah O., Heboyan A. The effect of photodynamic therapy on the early outcome of implants placed on patients with periodontitis. *Photonics*. 2022. N 9 (7). P. 480. DOI: <https://doi.org/10.3390/photonics9070480>.
196. Vetromilla B. M., Opdam N. J., Leida F. L., Sarkis-Onofre R., Demarco F. F., van der Loo M. P. J., Cenci M. S., Pereira-Cenci T. Treatment options for large posterior restorations: a systematic review and network meta-analysis. *Journal of American Dental Association*. 2020. N 151 (8). P. 614-624. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2020.05.006>.

197. Wang J. C., Lai C. H., Listgarten M. A. *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia* and *Bacteroides forsythus* in plaque subjacent to bridge pontics. *Journal of clinical periodontology*. 1998. N 25 (4). P. 330–333. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1998.tb02449.x>.

198. Warreth A., Elkareimi Y. All-ceramic restorations: A review of the literature. *The Saudi dental journal*. 2020. N 32 (8). P. 365–372. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2020.05.004>.

199. Xu Q., Yuan X., Zhang X., Chen J., Shi Y., Brunski J. B., Helms J. A. Mechanoadaptive responses in the periodontium. *Journal of dental research*. 2019. N 98 (6). P. 689–697. DOI: <https://doi.org/10.1177/0022034519839438>.

200. Yasin G. H., Mohammadi R., Harmankaya A., Burak Y. İ., Seda G. D. Investigation of the effects of adhesive materials of different types and thicknesses on dental tissue stress via FEM analysis. *BioMed research international*. 2022. P. 8493909. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/8493909>.

201. Yousief S. A., Galal R. M., Alsharief H. M. A., Alharbi T. T. R., Alzhrani K. A. A., Migaiшет H. T. A., Alshehri A. A. A., Nouruldeen A. I. A., Sait G. A. S., Jayar Y., Alharthi R., Alotaibi S. A. Comparison of two types of preparation for laminate veneer with three types of all-ceramic materials. *European journal of dentistry*. 2023. N 17 (1). P. 120–126. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0042-1743143>.

202. Zhai X. Y., Zhang J. Y., Zhang S. K., Jiang C. J., Qiu X. X. Finite-element analysis of mandibular first molar with two marginal designs of endocrown for the repair of different defects. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2019. N 37 (5). P. 480-484. DOI: <https://doi.org/10.7518/hxkq.2019.05.005>.

203. Zhang J. S., Chu C. H., Yu O. Y. Oral microbiome and dental caries development. *Dental Journal (Basel)*. 2022. N 10 (10). P. 184. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj10100184>.

204. Zhang L., Chen X., Ren B., Zhou X., Cheng L. *Helicobacter pylori* in the oral cavity: current evidence and potential survival strategies. *International*

Journal of Molecular Sciences. 2022. N 23 (21). P. 13646. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms232113646>.

205. Zhang L., Ye N., Aregawi W. A., Fok A. Effect of chamfer design on load capacity of reattached incisors. *Dental Materials*. 2021. N 37 (7). P. 1168-1175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.04.003>.

206. Zhang N., Melo M. A. S., Weir M. D., Reynolds M. A., Bai Y., Xu H. H. K. Do dental resin composites accumulate more oral biofilms and plaque than amalgam and glass ionomer materials? *Materials (Basel)*. 2016. N 9 (11). P. 888. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma9110888>.

207. Zheng Z., Sun J., Jiang L., Wu Y., He J., Ruan W., Yan W. Influence of margin design and restorative material on the stress distribution of endocrowns: a 3D finite element analysis. *BMC Oral Health*. 2022. N 22 (1). P. 30. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02063-y>.

208. Zhou Z., Guo D., Watts D. C., Fischer N. G., Fu J. Application and limitations of configuration factor (C-factor) in stress analysis of dental restorations. *Dental Materials*. 2023. N 39 (12). P. 1137-1149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.10.014>.

209. Zhu J., Chu W., Luo J., Yang J., He L., Li J. Dental materials for oral microbiota dysbiosis: an update. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2022. N 12. P. 900918. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.900918>.

210. Zhu Y., Wang Y., Zhang S., Li J., Li X., Ying Y., Yuan J., Chen K., Deng S., Wang Q. Association of polymicrobial interactions with dental caries development and prevention. *Frontiers in Microbiology*. 2023. N 14. P. 1162380. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1162380>.

ДОДАТКИ

Додаток А

Акти впровадження

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової та лікувальної
роботи Дніпровського державного
медичного університету,

д. мед. н., професор
Олександр Гудар'ян



«20» 12 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

- 1. Найменування пропозиції для впровадження:** визначення показань до різних методів відновлювального лікування часткових дефектів коронкової частини зуба.
- 2. Ким та коли запропонований:** Дніпровський державний медичний інститут, кафедра ортопедичної стоматології, очний аспірант Сардиків Є. А.
- 3. Джерело інформації:** О.О. Fastovets, Y.A. Sardykov, R.Y. Matvieienko, V. O. Shtepa. Clinical comparison of different methods of posterior teeth restoration. Світ медицини та біології. 2024. № 2 (88). Р. 167-171.
- 4. Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра ортопедичної стоматології Дніпровського державного медичного університету.
- 5. Термін впровадження:** 2023/2024 н. р.
- 6. Форма впровадження:** у навчально-педагогічний процес зі студентами 3-5 курсу стоматологічного факультету та лікарями-інтернами
- 7. Ефективність впровадження:** матеріали використовуються при проведенні практичних занять, присвячених питанням відновлення часткових дефектів коронок зубів, що дозволяє підвищити рівень оволодіння практичними навичками з даного розділу ортопедичної стоматології.
- 8. Зауваження та пропозиції:** немає.

Відповідальна за впровадження особа:

Відповідальний за навчальний процес
на кафедрі ортопедичної стоматології,
доцент, к. мед. н.

Ростислав МАТВЕСНКО

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової та
лікувальної роботи ДДМУ,
д. мед. н., професор

Олександр ГУДАР'ЯН

«20» 12 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Назва впровадження: визначення показань до різних методів відновлювального лікування часткових дефектів коронкової частини зуба
2. Установа-розробник: Дніпровський державний медичний університет, кафедра ортопедичної стоматології
3. Джерело інформації: О.О. Fastovets, Y.A. Sardykov, R.Y. Matvieienko, V. O. Shtera. Clinical comparison of different methods of posterior teeth restoration. Світ медицини та біології. 2024. № 2 (88). Р. 167-171.
4. Автори: Фастовець О. О., Сардіков Є. А.
5. Впроваджено в медичному центрі ДДМУ
6. Термін впровадження: 2023-2024 рр.
7. Загальна кількість спостережень: 87.
8. Ефективність впровадження відповідно до критеріїв, викладених у джерелі інформації про впровадження:

Показники	За даними	
	авторів, які пропонують впровадження	організації, що впровадила
Відсоток пацієнтів, які мають негативні наслідки відновлювального лікування	0	0
Кількість випадків незадовільних результатів відновлювального лікування	0	0

9. Зауваження та пропозиції : - .

Відповідальний за впровадження:

в. о. директора Медичного центру ДДМУ,
д. мед. н., професор

Ігор МАТРОС-ТАРАНЕЦЬ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В. о. генерального директора
ВСП «Університетська
клініка» ДДМУМахова І. Б.
_____ 2024 р.**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

1. Назва впровадження: визначення показань до різних методів відновлювального лікування часткових дефектів коронкової частини зуба

2. Установа-розробник: Дніпровський державний медичний університет, кафедра ортопедичної стоматології

3. Джерело інформації: О.О. Fastovets, Y.A. Sardykov, R.Y. Matvieienko, V. O. Shtepa. Clinical comparison of different methods of posterior teeth restoration. Світ медицини та біології. 2024. № 2 (88). Р. 167-171.4. Автори: Фастовець О. О., Сергієнко О. І.

5. Впроваджено в стоматологічному відділенні ВСП «Університетська клініка» ДДМУ

6. Термін впровадження: 2023-2024 рр.

7. Загальна кількість спостережень: 52.

8. Ефективність впровадження відповідно до критеріїв, викладених у джерелі інформації про впровадження:

Показники	За даними	
	авторів, які пропонують впровадження	організації, що впровадила
Відсоток пацієнтів, які мали незадовільні результати відновлювального лікування	0	0
Кількість випадків незадовільних реставрацій зубів	0	0

9. Зауваження та пропозиції : – .

Відповідальний за впровадження:

Олексій КРИВЧУК

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В. о. директора

КНП «ТМО «Криворізька клінічна
стоматологія» КМР

Михайло ДУДИНСЬКИЙ

« 12 » 20 24 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Назва впровадження: визначення показань до різних методів відновлювального лікування часткових дефектів коронкової частини зуба
2. Установа-розробник: Дніпровський державний медичний університет, кафедра ортопедичної стоматології
3. Джерело інформації: О.О. Fastovets, Y.A. Sardykov, R.Y. Matvieienko, V. O. Shtera. Clinical comparison of different methods of posterior teeth restoration. Світ медицини та біології. 2024. № 2 (88). Р. 167-171.
4. Автор: Фастовець О. О., Сардіков Є. А.
5. Впроваджено в КНП «ТМО «Криворізька клінічна стоматологія» КМР
6. Термін впровадження: 2023-2024 рр.
7. Загальна кількість спостережень: 157.
8. Ефективність впровадження відповідно до критеріїв, викладених у джерелі інформації про впровадження:

Показники	За даними	
	авторів, які пропонують впровадження	організації, що впровадила
Відсоток пацієнтів, які мали незадовільні результати відновлювального лікування	0	0
Кількість випадків незадовільних реставрацій зубів	0	0

9. Зауваження та пропозиції : - .

Відповідальний за впровадження,
керівник першого підрозділу
КНП «ТМО «Криворізька
клінічна стоматологія» КМР

Макар БОЦЬ

Додаток В

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Список наукових праць, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Fastovets O.O., Sardykov Y. A., Matvieienko R. Y., Shtepa V.O. Clinical comparison of different methods of posterior teeth restoration. *Світ медицини та біології*. 2024. № 2 (88). 167-171. DOI: 10.26724/2079-8334-2024-2-88-167-171.

2. Сардиків Є.А., Іщенко О.В., Фастовець О.О. Стан мікробіоценозу ротової порожнини за різних методів заміщення дефектів коронкових частин зубів. *Медичні перспективи*. 2024. Т. 29, № 3. С. 151-161. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.3.313603>.

3. Сардиків Є. А., Крищук М. Г., Фастовець О. О., Матвєєнко Р. Ю. Результати дослідження напружено-деформованих станів коронкових частин молярів, відновлених композитними, керамічними та цирконієвими вкладками. *Медичні перспективи*. 2024. Т. 29, № 4. С. 47-57. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.4.319183>.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Сардиків Є. А. Вивчення мікробіоценозу ротової порожнини при відновлювальному лікуванні дефектів твердих тканин зубів каріозного походження. *Новини і перспективи медичної науки: зб. мат. XXIV конф. студ. та мол. учених*: [під ред. Бондаренко Н. С.]. Дніпро, 2024. С. 146-147.

5. Sardykov Y. Oral microbiocenosis after restorative dental treatment. *Актуальні питання медицини: Мат. міжрегіон. наук.-практ. конф.* Дніпро, Європейський медичний університет, 2024. С.74-76.