Міністерство охорони здоров'я України
Полтавський державний медичний університет

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ МЕДИЦИНИ: ТОМ 24, ВИПУСК 1 (85), 2024

ВІСНИК Української медичної стоматологічної академії

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ Заснований в 2001 році

Виходить 4 рази на рік

Зміст

КЛІНІЧНА МЕДИЦИНА І ГРОМАДСЬКЕ ЗДОРОВ'Я

Авгайтіс С.С., Сідь Є.В. **4**
АКТИВАЦІЯ ІМУНО-ЗАПАЛЬНОЇ ВІДПОВІДІ У ПАЦІЄНТІВ З НЕГОСПІТАЛЬНОЮ ПНЕВМОНІЄЮ, ЩО АСОЦІЙОВАНА З КОРОНАВІРУСНОЮ ІНФЕКЦІЄЮ

Воскресенська Л.К., Ряднова В.В., Олефір І.С. **10**
ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ВІДШАРУВАННЯ МАКУЛЯРНОЇ ДІЛЯНКИ ПРИ РЕГМАТОГЕННОМУ ВІДШАРУВАННІ СІТКІВКИ НА ГОСТРОТУ ЗОРУ У ПІСЛЯ ОПЕРАЦІЙНОМУ ПЕРІОДІ

Гур'єв С.О.[1], Танасієнко П.В.[2], Скобенко Є.О. [3] **13**
РЕАКЦІЯ ЦИТОКІНОВОГО ПРОФІЛЮ У ПАЦІЄНТІВ З ПЕРЕЛОМАМИ ДОВГИХ КІСТОК НА ТЛІ COVID-19

Mammadova Leyla Vahid kizi **17**
TUMOR NECROSIS FACTOR-A AND INTERLEUKIN-6 IN BLOOD SERUM OF INFANTS AND CHILDREN WITH CONGENITAL HEART DISEASES

Савельєв А.О., Зюзін В.О. **21**
ЕПІДЕМІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЛОЯКІСНИХ НОВОУТВОРЕНЬ У НАСЕЛЕННЯ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Щегольков Є.Е.[1,2] **25**
ВПЛИВ АД'ЮВАНТІВ НА ЕКСПРЕСІЮ ПРОЗАПАЛЬНИХ ЦИТОКІНІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ СПІНАЛЬНОЇ АНЕСТЕЗІЇ

СТОМАТОЛОГІЯ

Білобров Р.В. **32**
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ОПОРНИХ ЗУБІВ ВІДНОВЛЕНИХ КУКСОВИМИ ВКЛАДКАМИ У РІЗНИЙ ПЕРІОД КОРИСТУВАННЯ

Бойченко О.М., Мошель Т.М. **38**
РОЛЬ ЛАБОРАТОРНОЇ ДІАГНОСТИКИ У ПРАКТИЦІ ЛІКАРЯ СТОМАТОЛОГА

Виженко Є.Є. **41**
ЗВ'ЯЗОК МІЖ СКЕЛЕТНИМИ ТА ДЕНТО-АЛЬВЕОЛЯРНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПРИ ПАТОЛОГІЇ ПРИКУСУ II КЛАСУ

Глущенко Т.А.[1], Батіг В.М. [1], Кільмухаметова Ю.Х. [1], Митченок О.В. [1], Виноградова О.М. [2] **45**
РЕЗУЛЬТАТИ ІМУНОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ РОТОВОЇ РІДИНИ У ХВОРИХ З ГЕНЕРАЛІЗОВАНИМ ПАРОДОНТИТОМ НА ТЛІ МЕТАБОЛІЧНОГО СИНДРОМУ

Горбань І.І., Пасічник М.А, Микиєвич Н.І., Микиєвич Н.О. **51**
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛІКУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ ПАРОДОНТА В ОСІБ СЕРЕДНЬОГО ВІКУ

Ткаченко П.І., Білоконь С.О., Лохматова Н.М., Доленко О.Б., Попело Ю.В., Коротич Н.М., Швець А.І. **55**
ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО ЛІКУВАННЯ НА РЕПАРАТИВНУ РЕГЕНЕРАЦІЮ РАНИ І ДЕФЕКТУ КІСТКИ У ДІТЕЙ ПРИ ОДОНТОГЕННИХ ФЛЕГМОНАХ

Ткаченко П.І., Лобань Г.А., Білоконь С.О., Попело Ю.В., Лохматова Н.М., Доленко О.Б., Коротич Н.М. **62**
МІКРОБІОТА ПАРОТИТНОГО СЕКРЕТУ У ДІТЕЙ ПРИ ЗАГОСТРЕННІ ХРОНІЧНОГО ПАРЕНХІМАТОЗНОГО ПАРОТИТУ

Янішен І.В.[1], Кричка Н.В.[1], Федотова О.Л.[1], Погоріла А.В.[1], Германчук С.М.[2] **67**
ВІДНОВЛЕННЯ КОРОНКОВОЇ ЧАСТИНИ ЖУВАЛЬНИХ ЗУБІВ ЗІ ЗНАЧНОЮ ВТРАТОЮ ТВЕРДИХ ТКАНИН КУКСОВИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕДИЦИНА, ФАРМАЦІЯ І БІОЛОГІЯ

Акімов О.Є., Микитенко А.О., Міщенко А.В., Костенко В.О. **73**
ВПЛИВ АМОНІЮ ПІРОЛІДИНДИТІОКАРБАМАТУ НА РОЗВИТОК ОКСИДАТИВНОГО СТРЕСУ У ДВОГОЛОВОМУ М'ЯЗІ СТЕГНА ЩУРІВ ЗА УМОВ МОДЕЛЮВАННЯ МЕТАБОЛІЧНОГО СИНДРОМУ

Pikul K.V., Ilchenko V.I., Shaienko Z.O., Muravlova O.V., Prylutskyi K.Y. ***191***
NEW CHALLENGES OF DISTANCE TEACHING AT THE INTERNATIONAL MEDICAL FACULTY DURING THE WAR AND CORONAVIRUS PANDEMIC IN UKRAINE

Полторапавлов В.А., Коваль Т.І., Прийменко Н.О., Марченко О.Г., Ваценко А.І. ***195***
МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИКЛАДАННЯ НА КАФЕДРІ ІНФЕКЦІЙНИХ ХВОРОБ З ЕПІДЕМІОЛОГІЄЮ

Федорченко В. І.[1], Івахнюк Т. В.[2], Ананьєва М. М.[1],Боброва Н.О.[1], Ганчо О.В.[1] ***200***
ЕМОЦІЙНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ДІЯЛЬНОСТІ ВИКЛАДАЧА ВИЩОЇ ШКОЛИ, ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ ТА ПРАКТИКУЮЧОГО ЛІКАРЯ

Чорна І.О., Ярошенко Р.А., Зубаха А.Б., Шумейко І.А., Драбовський В.С. ***204***
АКТУАЛЬНІ МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ ІНОЗЕМНИМ СТУДЕНТАМ-МЕДИКАМ

Yanko N.V., Kaskova L.F., Vashchenko I.Yu., Amosova L.I., Morhun N.A. ***208***
MOTIVATIONAL FACTORS INFLUENCING UNDERGRADUATE STUDENTS TO PURSUE DENTISTRY AS FUTURE CAREER AT UKRAINIAN UNIVERSITIES

ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ

Бабкіна О.П.[1,2], Холоділова І.В.[2], Данильченко С.І.[3] ***215***
АКТУАЛЬНІСТЬ СУДОВО-ЦИТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В РОЗКРИТТІ КРИМІНАЛЬНИХ ЗЛОЧИНІВ

Зезекало В.М. ***220***
ЕТАПИ ПРОГРЕСУВАННЯ ЛАПАРОСКОПІЧНИХ КОМБІНОВАНИХ СИМУЛЬТАННИХ ОПЕРАЦІЙ У ГІНЕКОЛОГІЇ

Топчій Д.В., Чумаченко О.В., Облап М. ***224***
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ РАДІОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ СЛИНОКАМ'ЯНОЇ ХВОРОБИ

Тхорева І. В. ***228***
РОЗВИТОК СПАДЩИНИ ОЛІМПІЙСЬКОГО СПОРТУ: ОГЛЯД СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ «PAGER»

ФІЗИЧНА ТЕРАПІЯ, ЕРГОТЕРАПІЯ

Латогуз С.І., Ковальов М. М. ***234***
ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПРИ ПЛОСКОСТОПОСТІ У ЮНИХ СПОРТСМЕНІВ

ОГЛЯДИ ЛІТЕРАТУРИ

Ананьєва М.М[1]., Лобань Г.А[1]., Фаустова М.О[1]., Чумак Ю.В[1]., Лосєв С.М[2]. ***239***
ПОКАЗНИКИ ЯКІСНОГО ТА КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ КОМЕНСАЛЬНОЇ МІКРОБІОТИ КИШКІВНИКА ЯК БІОМАРКЕРИ ГОМЕОСТАЗУ (ЧАСТИНА 1)

Вахненко А.В., Моісєєва Н.В., Власова О.В. ***244***
КЛІНІКО-ФАРМАКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЛЮКОКОРТИКОСТЕРОЇДІВ ПРИ SARS-COVID-2 ІНФЕКЦІЇ В КЛІНІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Власенко Н.О. ***249***
ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ СИДНОНІМІНІВ У ПОРІВНЯННІ З НІТРАТАМИ ПРИ ЛІКУВАННІ ХВОРИХ НА ІШЕМІЧНУ ХВОРОБУ СЕРЦЯ З КОРОНАРНОЮ НЕДОСТАТНІСТЮ

Іваницька О.С., Локес К.П., Іваницький І.О., Буханченко О.П. ***257***
СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД НА ПИТАННЯ ДІАГНОСТИКИ РЕЦЕСІЇ ЯСЕН

Лугова Л.О, Добровольська О.В., Добровольський О.В., Важнича О.М., Боброва Н.О. ***263***
ПРОТИМІКРОБНІ НАНОЧАСТИНКИ МЕТАЛІВ ТА ЇХ ОКСИДІВ В УДОСКОНАЛЕННІ ЗУБНИХ ПРОТЕЗІВ

Могильник А. І., Супруненко С. М. ***270***
ПРИНЦИПИ МЕДИЧНОГО СОРТУВАННЯ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Терещук О.Г., Василишин У.Р., Гатальська Є.О. ***274***
БРУКСИЗМ ЯК ПРИЧИНА ВИНИКНЕННЯ НЕЙРОФІЗІОЛОГІЧНИХ ЗМІН У ТРИГЕМІНАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ

prevalence of gingival recession varies from 9.7% in adolescents to nearly 100% in adults. Most investigators identified a higher number of recession areas on both the upper and lower jaws around the central and lateral incisors, as well as the right first molar. However, conflicting findings exist, with some researchers suggesting that gum recession occurs most frequently in the premolars and canines area. Nevertheless, there is a unanimous agreement among researchers that this disease is polyetiological. Authors assess the significance of different factors provoking recession in varying ways. Moreover, under specific conditions, several factors may combine, with one of them dominating. Despite numerous classification attempts by specialists, efforts to propose a classification that accurately reflects the characteristic features of this pathology, the severity of manifestations, and the prognosis of its treatment are still remaining pressing issues. Thus, among the factors that provoke the development of apical migration of the gingival margin, the leading role is played by the thin biotype of the gums and the peculiarities of the anatomical and morphological structure of the periodontal tissues, inflammatory diseases in the oral cavity, incorrect implementation of hygienic and preventive measures, orthopedic and orthodontic devices that lead to mechanical injury. Despite the large number of existing classifications of gum recession, none of them can fully satisfy dentists, as they are not able to objectively determine all the clinical manifestations of the disease, establish a connection with its etiology, and predict the course.

DOI 10.31718/2077–1096.24.1.263
УДК 616.314-089.23:615.461

Лугова Л.О, Добровольська О.В., Добровольський О.В., Важнича О.М., Боброва Н.О.

ПРОТИМІКРОБНІ НАНОЧАСТИНКИ МЕТАЛІВ ТА ЇХ ОКСИДІВ В УДОСКОНАЛЕННІ ЗУБНИХ ПРОТЕЗІВ

Полтавський державний медичний університет, Полтава, Україна

Багато наночастинок металів та їх оксидів, включаючи срібло, титан, цинк, мідь, цирконій, мають протимікробні властивості. Ці наночастинки є перспективною стратегією лікування і профілактики інфекцій ротової порожнини і можуть бути застосовані в різних галузях стоматології. Мета роботи – представити огляд літератури щодо застосування протимікробних наночастинок металів та їх оксидів в ортопедичній стоматології, зокрема в удосконаленні матеріалів для протезування дефектів зубних рядів. Пошук джерел літератури було проведено в базі даних PubMed. Статті за 2013–2023 роки були відібрані, щоб існувала їх причетність до ортопедичної стоматології і були наявні дані мікробіологічних тестів. Показано, що останнім часом тенденції змістилися в бік удосконалення базисних матеріалів для зубних протезів. Для запобігання інфекційних ускладнень пропонують модифікацію базисної пластмаси наночастинок з протимікробними властивостями. Наночастинки срібла найбільш широко використовуються для модифікації матеріалів зубних протезів. У поєднанні з полімерами або як покриття на поверхні біоматеріалів вони демонструють антимікробні властивості проти оральних патогенів та антибіоплівковий ефект. Наночастинки цинку оксиду є біосумісними і нетоксичними із значними біоцидними властивостями до широкого кола бактерій і грибів. Вони здатні інгібувати утворення біоплівки мікроорганізмами ротової порожнини не тільки на акрилових протезах, а й на склі, полістиролі, силіконі. Наночастинки титану оксиду зменшують адгезію мікроорганізмів на різних протезних матеріалах, включаючи акрилові смоли, керамічне скло, нержавіючу сталь. Наночастинки цирконію оксиду, на відміну від інших наночастинок оксидів металів, не порушують естетику зубних протезів. Водночас вони збільшують щільність і зменшують пористість поліметилметакрилату, чим знижують адгезію та проліферація кандиди в зразках. Наночастинки міді оксиду також інгібують ріст C. albicans і Streptococcus spp. та утворення біоплівки залежно від дози і цитотоксичні лише у високих концентраціях. Отже, існують металеві та металооксидні наночастинки, які можуть покращити протимікробні властивості протезних матеріалів для ортопедичної стоматології і в такий спосіб забезпечити профілактику інфекційних ускладнень при користуванні зубними протезами, але для їх клінічного використання ще належить подолати розрив між експериментом та практикою.

Ключові слова: наночастинка, метал, оксид металу, зубний протез, матеріал базису зубного протезу.

Статтю підготовлено в межах теми науково-дослідної роботи кафедри ортопедичної стоматології з імплантологією Полтавського державного медичного університету "Застосування новітніх технологій для діагностики та лікування функціональної патології зубо-щелепної системи" (№ державної реєстрації 0121U11381) та ініціативної науково-дослідної роботи кафедри фармакології, клінічної фармакології та фармації Полтавського державного медичного університету «Фармакологічне дослідження біологічно активних речовин і лікарських засобів для розробки та оптимізації показань до їх застосування в медичній практиці (№ державної реєстрації 0120U103921),

Нанотехнології стали новим об'єктом досліджень з численними біомедичними науковими застосуваннями. Наноматеріали за своїм визначенням – це матеріали, які мають принаймні один вимір у діапазоні від 1 до 100 нм [1]. Структури в нанометровому діапазоні мають унікальні властивості, бажані в матеріалознавстві, біології та медицині [2].

Наночастинки (НЧ) все частіше використовуються для націлювання на мікроорганізми як альтернатива антибіотикам. Нанотехнології можуть бути ефективними при лікуванні та профілактиці бактеріальних і грибкових інфекцій. Приклади включають використання НЧ в антибактеріальних покриттях для імплантованих пристроїв і медичних матеріалів для запобігання інфекції та сприяння загоєнню ран, у системах доставки антибіотиків, у сенсорах для виявлення мікроорганізмів та в антибактеріальних вакцинах для боротьби з інфекціями [3]. Наукові статті показують, що багато НЧ металів та їх оксидів, включаючи срібло (Ag) і його оксид (Ag_2O), титан і титану оксид (Ti, TiO_2), цинку оксид (ZnO), мідь і міді оксид (Cu, CuO), цирконію оксид (ZrO_2) [4] демонструють протимікробні властивості. Такі властивості виявлені в НЧ оксидів заліза [5]. НЧ, які мають власну протимікробну активність, знищують мікроорганізми, імітуючи природний процес їх знищення фагоцитуючими клітинами, тобто виробляючи велику кількість активних форм кисню та азоту [6]. При цьому вони одночасно діють на багато життєвих процесів або метаболічних шляхів мікроорганізмів; що робить неможливим виникнення стількох генетичних мутацій, які б зумовили резистентність до НЧ [7]. Існує кілька факторів, які впливають на здатність наноматеріалів пригнічувати або вбивати мікробні клітини. До них належать заряд поверхні, розмір, форма і покриття НЧ, концентрація наноматеріалу, дисперсія та контакт з мікробною клітиною, присутність активного кисню, вивільнення протимікробних іонів, компоненти середовища та pH, фаза розвитку мікроорганізму, утворення біоплівки та особливості клітинної стінки мікроорганізмів [8, 9]. При цьому більшість метметалооксидних НЧ не є токсичними для людини в ефективних концентраціях, які використовуються для знищення бактеріальних або грибкових клітин, що створює умови для їх повномасштабного використання [10].

Ротова порожнина є місцем перебування багатьох мікроорганізмів [11]. Біоплівка зубного нальоту (головна причина карієсу, пародонтиту та інших стоматологічних захворювань) являє собою складне співтовариство бактерій або грибів, які викликають інфекцію, захищаючи патогенні мікроорганізми від лікарських засобів і позбавляючи їх від впливу захисних механізмів організму-господаря [12]. Протимікробні НЧ є перспективною стратегією лікування і попередження інфекцій органів ротової порожнини [13] і можуть бути застосовані в різних галузях стоматології: терапевтичній, хірургічній, ортопедичній [14]. Оскільки відомо, що кількісні показники складу мікробіоти при зубному протезуванні мають значні відмінності та різний рівень дисбактеріозу порожнини рота залежно від типу протезів у роті пацієнтів [15], актуальним є аналіз можливостей НЧ у контролі зазначеного явища.

Ця стаття має на меті представити огляд літератури щодо застосування протимікробних НЧ металів та їх оксидів в ортопедичній стоматології, зокрема в удосконаленні матеріалів для протезування дефектів зубних рядів.

Пошук джерел літератури було проведено в електронній базі даних PubMed. Для ідентифікації статей використовувалися наступні терміни «протимікробні НЧ і зубні протези», «протимікробні НЧ і матерал базису», «протимікробні НЧ і поліметилметакрилат (ПММА)», «протимікробні НЧ і базисна пластмаса», «протимікробні НЧ і алгезив для зубних протезів», а також ці словосполучення з уточненням природи НЧ (НЧ металів і їх оксидів, Ag. Zn. Zr, Al. Cu, Ti). Заголовки та тези були відібрані відповідно до критеріїв відбору: публікація англійською мовою; доступність повного тексту статті, причетність до ортопедичної стоматології; рік видання (2013–2023); оригінальні статті та огляди. Критерії виключення становили: випадок з практики, доповідь на конференції; відсутність відношення до зубних протезів; відсутність даних мікробіологічних тестів.

Втрата зубів достатньо поширена і часто лікується встановленням повних або часткових знімних зубних протезів. У ортопедичній стоматології зубні протези мають значний вплив на покращення якості догляду за порожниною рота [16]. За останні кілька років тенденції змістилися в бік удосконалення базисних матеріалів для зубних протезів. Загалом, для виготовлення повних зубних протезів розглядається три основних типи матеріалів, включаючи металеві сплави, кераміку та пластмасу [17].

Поліметилметакрилат (ПММА) є одним із найбільш широко використовуваних матеріалів у стоматології для виготовлення повних і часткових знімних зубних протезів [18]. Завдяки своїм оптимальним механічним і фізико-хімічним властивостям та простоті обробки зубні протези десятиліттями виготовляли з ПММА смол термічного затвердіння та ремонтували за допомогою ПММА холодного затвердіння. Основним недоліком цього матеріалу є легке накопичення біоплівки на його поверхні через шорсткість поверхні та пористість. Це створює умови для легкої колонізації базису протезу мікроорганізмами, включаючи *Candida albicans*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus* та інші мікроорганізми. Утворення біоплівки на поверхні акрилових протезів може призвести до ряду захворювань порожнини рота, таких як протезний стоматит, еритема, хронічний мукозит, пародонтит і карієс, а також до системних захворювань бронхо-легеневої та травної системи [19]. Протезний стоматит, який зумовлений переважно *C. albicans*, є однією з найпоширеніших клінічних проблем для носіїв повних знімних зубних протезів [20].

Для запобігання цьому ускладненню може бути використано модифікацію базисної пластмаси НЧ з протимікробними властивостями [21,

22]. Різні нанонаповнювачі були включені в протезні матеріали для посилення протимікробної активності. Додавання НЧ металів та їх оксидів, таких як Ag [23, 24, 25], платина [26], Zn/ZnO [27], Ti/TiO_2 [28, 29] і ZrO_2 [30] дало відчутний протимікробний ефект.

НЧ Ag найбільш широко використовуються для модифікації матеріалів зубних протезів [31]. Їх синтезують хімічними і фізичними методами, а також за участю біологічних речовин, тобто методами «зеленого синтезу» [32], і вводять до складу протезного матеріалу [33]

Добре відомо, що наносрібло має широкий спектр антибактеріальної дії [34]. Це досягається шляхом порушення проникності клітинної стінки бактерій, пошкодження ДНК та інактивації основних білків [35]. НЧ срібла мають антифунгальні властивості, гальмуючи розвиток патогенних та умовно патогенних грибів, зокрема *C. albicans* [36]. НЧ Ag у поєднанні з полімерами або як покриття на поверхні біоматеріалів демонструють виняткові антимікробні властивості проти оральних мікроорганізмів і антибіоплівковий ефект [14].

На потенційну біоцидну активність модифікованих наносріблом акрилатів впливають кілька факторів: розмір НЧ, розчинність, форма, площа поверхні та поверхневий заряд, які визначають як фармакологічну активність, так і токсичність [37]. Вважається, що НЧ меншого розміру ефективніші і вивільняють більше іонів срібла для досягнення оптимального антибактеріального ефекту. Зокрема, НЧ Ag розміром 5 нм були найбільш ефективні проти анаеробних мікроорганізмів ротової порожнини в порівнянні з НЧ більшого розміру [38]. Нанокомпозити НЧ Ag-ПММА нагадують твердий розчин зі слабкою взаємодією між полімерною матрицею та НЧ і можуть вивільняти біологічно активне срібло [39]. Результати останнього дослідження показали протимікробну активність як холодного, так і термічного затвердіння ПММА з 10% НЧ Ag проти *C. albicans* та *S. aureus*. У разі модифікації смол базисів зубних протезів меншими концентраціями біоцидних НЧ не відбувалося їх дифузії в субстрат і подальшого пригнічення росту мікроорганізмів, однак автори відмітили, що мікробного росту на контактних поверхнях дослідних зразків не було, що підтверджувало їх активність і дозволяло припустити, що при контакті зі слизовою оболонкою їх протимікробна дія проявлялася б навіть при менших концентраціях НЧ у матеріалі [39]. Показано також, що ПММА, який містить 1 мкг/мл НЧ Ag, демонструє значно менше прикріплення клітин *C. albicans* порівняно з чистим ПММА [40].

НЧ Ag пропонують використовувати не тільки для модифікації протезних матеріалів, а й в адгезивних засобах, які покрашують фіксацію знімних зубних протезів. Для оцінки протимікробного потенціалу НЧ Ag в засобах для поліпшення фіксації зубних протезів їх поєднували з порошковим адгезивом COREGA® [41]. Для цього зразки акрилової пластмаси обробляли різними НЧ Ag, пов'язаними з адгезивом, і спостерігали за розвитком біоплівки *C. albicans* на поверхні зразків. Автори спостерігали пригнічення грибкового навантаження та зниження метаболічної активності і маси біоплівки у порівнянні з контролем, що дозволило вважати, що асоціація НЧ Ag з адгезивом може надати йому профілактичний або терапевтичний ефект проти протезного стоматиту.

НЧ ZnO є біосумісними, біобезпечними і нетоксичними із значними біоцидними властивостями до широкого спектру бактерій (грампозитивних і грамнегативних) і грибів, включаючи *Aeromonas hydrophila, Baciollus subtillis, Escherichia coli, Enterococcus faecalis, Streptococcus pyogenes, Salmonella typhimurium, Klebsiella pneumonia, Staphylococcusa aureus, Listeria monocytogenes, Pseudomonas aeruginosa* [42]. Посилючись на дослідження інших авторів, Moradpoor et al. описують, що при вивченні антибіоплівкової дії поверхонь зубів, покритих наночастинками ZnO та CuO, було встановлено значне зниження утворення біоплівки Streptococcus mutans на порівняно з контролем [42]. Також виявлено, що НЧ ZnO мають відмінну антибактеріальну активність проти *Porphyromonas gingivalis* та *Actinomyces naeslundii* на тлі низької цитотоксичності in vitro [43]. Mirhosseini et al. відмітили, що протимікробна дія наночастинок ZnO зростала зі зменшенням розміру частинок, а *C. albicans*, *E. faecalis* і *S. mutans* мали вищу чутливість до змін розміру ZnO, ніж інші мікроорганізми ротової порожнини [44]. Визначення антибактеріальної активності НЧ ZnO різного розміру проти *S. sobrinus* і *S. mutans* показало, що НЧ ZnO розміром 21 нм виявляють більш високу інгібіцію обох бактерій порівняно з НЧ ZnO розміром 52 нм [45].

Описано протигрибкову дію НЧ ZnO в ПММА проти *C. albicans*. Cierech et al. досліджували протигрибкову активність як нанокомпозитів НЧ ZnO-ПММА так і НЧ ZnO, покритих ПММА. Вони виявили, що така модифікація значно покращує активність нанокомпозиту, а протигрибкові властивості збільшуються зі збільшенням концентрації НЧ [46]. Зазначають, що оксид цинку, який вивільняється з базису протеза в порожнину рота, буде викликати протигрибковий ефект, не надаючи цитотоксичного ефекту на клітини макроорганізму [47]. Вважають, що підвищена гідрофільність і твердість може пояснити зниження росту мікроорганізмів на наномодифікованому цинку оксидом базисі протеза [48]. НЧ ZnO та CuO здатні інгібувати утворення біоплівки мікроорганізмами ротової порожнини не тільки на акрилових протезах, а й на інших матрицях, таких

як скло або полістирольні пластини [42]. Показано також, що імпрегнація силікону НЧ ZnO може покращити фізичні, механічні, антибактеріальні та протигрибкові властивості силіконових протезів [49].

НЧ TiO_2, як і НЧ цинку оксиду, мають широкий спектр протимікробної дії, включаючи грамнегативні та грампозитивні бактерії та гриби. Вони покращили протимікробну поведінку ПММА шляхом значного зниження адгезії бактерій, що корелювало із збільшенням вмісту цих металооксидних НЧ [28]. НЧ TiO_2 зменшують адгезією мікроорганізмів на різних стоматологічних матеріалах і протезах, включаючи ПММА, керамічне скло, нержавіючу сталь [50]. Включення до ПММА НЧ TiO_2 і діоксиду кремнію проявило значну протимікробну активність проти каріогенних бактерій і могло руйнувати мікроорганізми при тривалому впливі [51]. При порівнянні чотирьох неорганічних антибактеріальних матеріалів, до числа яких входив нанокомпозит Ag-TiO_2,-ПММА, було виявлено їх здатність зменшувати .кількість колонієутворюючих одиниць у біоплівках *S. mutans*і та *C. albicans* на поверхні зразків пластмаси [29].

Запропоновано новий біосумісний нанокомпозитний матеріал із пластмаси та НЧ TiO_2 із протигрибковими властивостями, який підходить для 3D-друку базисів протезів. Для цього НЧ TiO_2 були включені в комерційно доступний полімерний матеріал, надрукований на 3D-принтері. Отриманий нанокомпозитний матеріал за концентрації НЧ 0,1-0,5 мас.% викликав значне зменшення кількості клітин кандиди, прикріплених до поверхні зразків, тоді як 0,75 мас.% не показало суттєвої різниці порівняно з контролем, що могло пояснюватись агрегацією НЧ у матеріалі при високих їх концентраціях [52]. Додавання НЧ TiO_2 до термозатверділої м'якої прокладки протеза забезпечило протигрибкову дію та зниження колонізації *C. albicans* пропорційно до підвищення вмісту НЧ [53].

НЧ нікелю (Ni) та оксиду нікелю були синтезовані, охарактеризовані та оцінені на їхню ефективність у зниженні продукції бактеріального екзополісахариду та утворення біоплівки на поверхні штучних зубів і акрилових протезів [54]. Результати свідчили про ефективність перевірених НЧ Ni пригнчувати ріст бактерій і утворення біоплівки, причому НЧ Ni були активніші за НЧ його оксиду.

НЧ ZrO_2 мають гарну біосумісність і на відміну від інших НЧ оксидів металів не порушують естетику зубних протезів [55]. Вони також збільшують щільність і зменшують пористість ПММА, що підвищує його міцність. Gad et al. досліджували вплив НЧ ZrO_2 на адгезію *C. albicans* до акрилової пластмаси холодного затвердіння та повідомили, що адгезія та проліферація кандиди були знижені в зразках ПММА з додаванням НЧ ZrO_2 та волокон скла через його менш пористу та більш щільну структуру [30, 55].

З розвитком нових технологій полімерні матеріали, надруковані на 3D-принтері, починають замінювати ПММА, у зв'язку з чим з'являються дослідження антибіоплівкової активності 3D-друкованих протезних матеріалів з НЧ. Зокрема, було вивчено властивості базисної пластмаси, модифікованої різними концентраціями НЧ ZrO_2. Аналіз клітинної проліферації показав значне зниження кількості *C. albicans* для групи з 0,5 % цих НЧ порівняно з ПММА та іншими концентраціями НЧ ZrO_2, не впливаючи на шорсткість поверхні [56]. На думку авторів, ці надруковані на 3D-принтері матеріали з низькою концентрацією нанокомпозитів можуть бути використані для профілактики та лікування протезного стоматиту завдяки їх антибіоплівковій активності.

М'які прокладки для зубних протезів створюють сприятливе середовище для адгезії та колонізації мікроорганізмів і важливо знати ефективність включення НЧ у такі протезні матеріали проти утворення біоплівки. З цією метою вивчали НЧ CuO з середнім розміром 18,3 нм і встановили, що вони успішно інгібували ріст стандартних штамів *C. albicans* і *Streptococcus spp*. та гальмували утворення біоплівки залежно від дози [57]. При цьому на прикладі введення різних концентрацій НЧ CuO в ПММА гарячої полімеризації було показано, що вони цитотоксичні лише при застосуванні у високих концентраціях (50 і 500 мкг/мл) і водночас підвищують міцність зразків пластмаси [58].

Для надання зубопротезним матеріалам протимікробних властивостей поряд з НЧ оксиду міді можуть бути використані НЧ самого цього металу. Існує дослідження, в якому синтезували термозатверділий ПММА з НЧ Cu для виготовлення зубних протезів з антимікробними властивостями та здатністю запобігати протезному стоматиту [59]. Нанокомпозит НЧ Cu-ПММА з вмістом 0,045 % наноміді продемонстрував максимальну антимікробну активність проти *C. albicans* та інших мікроорганізмів ротової порожнини, не викликаючи цитотоксичності. Зубні протези з такого нанокомпозиту зберігали свої механічні та естетичні властивості, а також пригнічували ріст *Candida spp*. як на поверхні протеза, так і на протезному ложі пацієнта, що зменшило частоту та тяжкість випадків протезного стоматиту.

Отже, існує чимало металевих і металооксидних НЧ, які можуть покращити протимікробні властивості протезних матеріалів для ортопедичної стоматології і в такий спосіб забезпечити профілактику інфекційних ускладнень при користуванні зубними протезами, особливо в осіб похилого віку або в протезоносіїв зі зниженим

імунітетом. Зубні протези з наномодифікованих матеріалів мають певні перспективи, однак виникають важливі питання щодо подолання розриву між експериментом та практикою. Клінічна «трансляція» зубних протезів із наноінженерних матеріалів ускладнюється оптимізацією виготовлення, досягненням локального тривалого вивільнення НЧ, адаптацією моделей *in vivo*, забезпеченням безпеки для людини. Більшість досліджень, описаних у літературі, базується на планарних зразках модифікованої акрилової пластмаси, які далекі від складної геометрії реальних зубних протезів, які використовуються в клініці, тому актуальною є розробка стандартизованої технології введення або нанесення НЧ саме в/на зубні протези. Потрібні подальші дослідження, щоб оцінити токсичність вивільнених біологічно активних речовин НЧ та іонів, досягти стійкого та відстроченого вивільнення *in vivo*, коли поверхня зубного протезу тісно контактує зі слизовою оболонкою ротової порожнини та слиною. Вплив зубних протезів, модифікованих НЧ металів та їх оксидів, на мікросередовище людини, а також оптимальний розмір НЧ, навантажувальні дози і біологічну безпеку різних НЧ при зубному протезуванні ще належить дослідити.

Висновки

Наші результати показують, що протимікробні НЧ металів та їх оксидів мають значні перспективи застосування в зубних протезах. Очікується, що протимікробні наноматеріали з високими механічними та естетичними якостями будуть розроблені та застосовані в клінічній практиці ортопедичної стоматології. Металеві та металооксидні НЧ мають виразну протимікробну дію, але на їх антибактеріальні і протигрибкові властивості впливають концентрація, тип, форма та інші фізико-хімічні фактори. Специфічні механізми дії і токсичність ще не з'ясовані остаточно, тому необхідні подальші дослідження наномодифікованих зубопротезних матеріалів для їх визначення. Слід також зазначити, що представлений аналіз літератури охоплює далеко не всі аспекти застосуваня протимікробних НЧ в зубному протезуванні, оскільки має обмеження за пошуковою базою, періодом останнього десятиліття та включенням публікацій, що стосуються лише метал/металооксидних НЧ. Подальша розробка цього питання з поширенням аналізу на неорганічні НЧ неметалів та НЧ органічної природи планується в наступному.

Особистий внесок авторів:

Лугова Л.О. – збір та узагальнення даних, аналіз та інтерпретація результатів, остаточне затвердження рукопису.

Добровольська О.В. – збір та узагальнення даних; остаточне затвердження рукопису.

Добровольський О.В. – збір та узагальнення даних; остаточне затвердження рукопису.

Важнича О.М. – концепція та дизайн, редагування рукопису, остаточне затвердження рукопису.

Боброва Н.О. – аналіз та інтерпретація результатів, остаточне затвердження рукопису.

Конфлікт інтересів

Відсутній

Література

1. Rezić I. Nanoparticles for biomedical application and their synthesis. Polymers (Basel). 2022 Nov 16;14(22):4961. doi: 10.3390/polym14224961.
2. Kesharwani P, Gorain B, Low SY, Tan SA, Ling ECS, Lim YK, et al. Nanotechnology based approaches for anti-diabetic drugs delivery. Diabetes Res. Clin. Pract. 2018;136:52–77. doi: 10.1016/j.diabres.2017.11.018.
3. Wang L, Hu C, Shao L. The antimicrobial activity of nanoparticles: present situation and prospects for the future. Int J Nanomedicine. 2017 Feb 14;12:1227-1249. doi: 10.2147/IJN.S121956.
4. Hoseinzadeh E, Makhdoumi P, Taha P, Hossini H, Stelling J, Kamal MA, Ashraf GM. A Review on nano-antimicrobials: metal nanoparticles, methods and mechanisms. Curr Drug Metab. 2017;18(2):120-128. doi: 10.2174/1389200217666161201111146.
5. de Toledo LAS, Rosseto HC, Bruschi ML. Iron oxide magnetic nanoparticles as antimicrobials for therapeutics. Pharm Dev Technol. 2018 Apr;23(4):316-323. doi: 10.1080/10837450.2017.1337793.
6. Jamil B, Bokhari H, Imran M. Mechanism of action: how nano-antimicrobials act? Curr Drug Targets. 2017;18(3):363-373. doi: 10.2174/1389450116666151019101826.
7. Rudramurthy GR, Swamy MK, Sinniah UR, Ghasemzadeh A. Nanoparticles: alternatives against drug-resistant pathogenic microbes. Molecules. 2016 Jun 27;21(7):836. doi: 10.3390/molecules21070836.
8. Raghunath A, Perumal E. Metal oxide nanoparticles as antimicrobial agents: a promise for the future. Int J Antimicrob Agents. 2017 Feb;49(2):137-152. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2016.11.011.
9. Staroń A, Długosz O. Antimicrobial properties of nanoparticles in the context of advantages and potential risks of their use. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng. 2021;56(6):680-693. doi: 10.1080/10934529.2021.1917936.
10. Vazhnichaya E, Semaka O, Lutsenko R, Bobrova N, Kurapov Y. Toxicity factors of magnetite nanoparticles and methods of their research. Innov Biosyst Bioeng [Internet]. 2024 Jan 22;8(1):3-18. Available from: http://ibb.kpi.ua/article/view/288067.
11. Ananieva MM, Faustova MO, Basarab IO, Loban' GA. Kocuria rosea, kocuria kristinae, leuconostoc mesenteroides as caries-causing representatives of oral microflora. Wiad Lek. 2017;70(2 pt 2):296-298.
12. Faustova MO, Ananieva MM, Basarab YO, Dobrobolska OV, Vovk IM, Loban' GA. Bacterial factors of cariogenicity (literature review). Wiad Lek. 2018;71(2 pt 2):378-382.
13. Magalhaes A.P., Moreira F.C. Silver nanoparticles in resin luting cements: Antibacterial and physiochemical properties. J. Clin. Exp. Dent. 2016;8:e415–e422. doi: 10.4o317/jced.52983.
14. Song W., Ge S. Application of antimicrobial nanoparticles in dentistry. molecules. 2019;24:1033. doi: 10.3390/molecules24061033.].
15. Perepelova T, Faustova M, Dvornyk V, Dobrovolskyi O, Koval Y, Loban G. The level of dysbiosis of the oral cavity depends on the type of dental prosthesis of the patient. Bratisl Lek Listy. 2023;124(8):599-603. doi: 10.4149/BLL_2023_093.
16. Saeed F, Muhammad N, Khan AS, Sharif F, Rahim A, Ahmad P, Irfan M. Prosthodontics dental materials: From conventional to unconventional. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2020 Jan;106:110167. doi: 10.1016/j.msec.2019.110167.
17. Jayaraman S, Singh BP, Ramanathan B, Pazhaniappan Pillai M, MacDonald L, Kirubakaran R. Final-impression techniques and materials for making complete and removable partial dentures. Cochrane Database Syst Rev. 2018 Apr 4;4(4):CD012256. doi: 10.1002/14651858.CD012256.pub2.
18. Gad MM, Fouda SM, Al-Harbi FA, Näpänkangas R, Raustia A. PMMA denture base material enhancement: a review of fiber, filler, and nanofiller addition. Int J Nanomedicine. 2017 May 17;12:3801-3812. doi: 10.2147/IJN.S130722.
19. Cao L, Xie X, Wang B, Weir MD, Thomas W, Oates TW, et al. Protein-repellent and antibacterial effects of a novel polymethyl

methacrylate resin. J. Dent. 2018;79:39–45. doi: 10.1016/j.jdent.2018.09.007.
20. Gad MM, Fouda SM. Current perspectives and the future of Candida albicans-associated denture stomatitis treatment. Dent Med Probl. 2020 Jan-Mar;57(1):95-102. doi: 10.17219/dmp/112861.
21. Mousavi SA, Ghotaslou R. Antibacterial and antifungal effects of chitosan nanoparticles on tissue conditioners of complete dentures. Pt AInt. J. Biol. Macromol. 2018;118:881–885. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.06.151.
22. Garcia AAMN, Sugio CYC, de Azevedo-Silva LJ, Gomes ACG, Batista AUD, Porto VC, et al. Nanoparticle-modified PMMA to prevent denture stomatitis: a systematic review. Arch Microbiol. 2021 Dec 24;204(1):75. doi: 10.1007/s00203-021-02653-4.
23. Suganya S, Ahila SC. Evaluation and comparison of anti-Candida effect of heat cure polymethylmethacrylate resin enforced with silver nanoparticles and conventional heat cure resins: An in vitro study. Indian J. Dent. Res. 2014;25:204–207. doi: 10.4103/0970-9290.135923.
24. Jo JK, El-Fiqi A. Rechargeable microbial anti-adhesive polymethyl methacrylate incorporating silver sulfadiazine-loaded mesoporous silica nanocarriers. Dent. Mater. 2017;33:e361–e372. doi: 10.1016/j.dental.2017.07.009.
25. Li Z, Sun J. Effect of a denture base acrylic resin containing silver nanoparticles on Candida albicans adhesion and biofilm formation. Gerodontology. 2016;33:209–216. doi: 10.1111/ger.12142.
26. Nam KY. Characterization and bacterial anti-adherent effect on modified PMMA denture acrylic resin containing platinum nanoparticles. J. Adv. Prosthodont. 2014;6:207–214. doi: 10.4047/jap.2014.6.3.207.
27. Kamonkhantikul K, Arksornnukit M. Antifungal, optical, and mechanical properties of polymethylmethacrylate material incorporated with silanized zinc oxide nanoparticles. Int. J. Nanomed. 2017;12:2353–2360. doi: 10.2147/IJN.S132116.
28. Alrahlah A, Fouad H. Titanium oxide (TiO2)/polymethylmethacrylate (pmma) denture base nanocomposites: mechanical, viscoelastic and antibacterial behavior. Materials (Basel) 2018;11:1096. doi: 10.3390/ma11071096.
29. Chen R, Han Z. Antibacterial activity, cytotoxicity and mechanical behavior of nano-enhanced denture base resin with different kinds of inorganic antibacterial agents. Dent. Mater. J. 2017;36:693–699. doi: 10.4012/dmj.2016-301.
30. Gad MM, Al-Thobity AM. Inhibitory effect of zirconium oxide nanoparticles on Candida albicans adhesion to repaired polymethyl methacrylate denture bases and interim removable prostheses: A new approach for denture stomatitis prevention. Int. J. Nanomed. 2017;12:5409–5419. doi: 10.2147/IJN.S142857.
31. Altaie SF. Tribological, microhardness and color stability properties of a heat-cured acrylic resin denture base after reinforcement with different types of nanofiller particles. Dent Med Probl. 2023 Apr-Jun;60(2):295-302. doi: 10.17219/dmp/137611.
32. Shanmuganathan R, Karuppusamy I, Saravanan M, Muthukumar H, Ponnuchamy K, Ramkumar VS, Pugazhendhi A. Synthesis of silver nanoparticles and their biomedical applications - a comprehensive review. Curr Pharm Des. 2019;25(24):2650-2660. doi: 10.2174/1381612825666190708185506.
33. Pai E, Nayak A, Hallikerimath RB, Ruttonji Z, Astagi P, Pokale S. Comparison of titanium dioxide nanoparticles and silver nanoparticles for flexural strength once incorporated in heat-cure acrylic denture base resin: An in vitro study. J Indian Prosthodont Soc. 2023 Apr-Jun;23(2):127-134. doi: 10.4103/jips.jips_354_22.
34. Mohammed AK, Salh KK, Ali FA. ZnO, TiO2 and Ag nanoparticles impact against some species of pathogenic bacteria and yeast. Cell Mol Biol (Noisy-le-grand). 2021 Nov 25;67(3):24-34. doi: 10.14715/cmb/2021.67.3.4.
35. Yin IX, Zhang J, Zhao IS, Mei ML, Li Q, Chu CH. The antibacterial mechanism of silver nanoparticles and its application in dentistry. Int. J. Nanomed. 2020;15:2555–2562. doi: 10.2147/IJN.S246764.
36. Meran Z, Besinis A, De Peralta T, Handy RD. Antifungal properties and biocompatibility of silver nanoparticle coatings on silicone maxillofacial prostheses in vitro. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2018 Apr;106(3):1038-1051. doi: 10.1002/jbm.b.33917
37. Medina C, Inkielewicz-Stepniak I, Santos-Martinez MJ, Radomski MW. Pharmacological and toxicological effects of co-exposure of human gingival fibroblasts to silver nanoparticles and sodium fluoride. Int. J. Nanomed. 2014;9:1677–1687. doi: 10.2147/IJN.S59172.
38. Lu Z, Rong K, Li J, Yang H, Chen R. Size-dependent antibacterial activities of silver nanoparticles against oral anaerobic pathogenic bacteria. J. Mater. Sci. Mater. Med. 2013;24:1465–1471. doi: 10.1007/s10856-013-4894-5.
39. Gligorijević N, Mihajlov-Krstev T, Kostić M, Nikolić L, Stanković N, Nikolić V, Dinić A, Igić M, Bernstein N. Antimicrobial Properties of Silver-Modified Denture Base Resins. Nanomaterials (Basel). 2022 Jul 18;12(14):2453. doi: 10.3390/nano12142453.
40. Ahmad N, Jafri Z, Khan ZH. Evaluation of nanomaterials to prevent oral Candidiasis in PMMA based denture wearing patients. A systematic analysis. J Oral Biol Craniofac Res. 2020 Apr-Jun;10(2):189-193. doi: 10.1016/j.jobcr.2020.04.012.
41. Peralta LCF, Almeida NLM, Pontes FML, Rinaldo D, Carneiro CA, Neppelenbroek KH, et al. Silver nanoparticles in denture adhesive: An antimicrobial approach against Candida albicans. J Dent. 2023 Apr;131:104445. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104445. 42. Moradpoor H, Safaei M, Mozaffari HR, Sharifi R, Imani MM, Golshah A, Bashardoust N. An overview of recent progress in dental applications of zinc oxide nanoparticles. RSC Adv. 2021 Jun 15;11(34):21189-21206. doi: 10.1039/d0ra10789a.
42. Wang J, Du L, Fu Y, Jiang P, Wang X. ZnO nanoparticles inhibit the activity of Porphyromonas gingivalis and Actinomyces naeslundii and promote the mineralization of the cementum. BMC Oral Health. 2019 May 14;19(1):84. doi: 10.1186/s12903-019-0780-y.
43. Mirhosseini F, Amiri M, Daneshkazemi A, Zandi H, Javadi ZS. Antimicrobial effect of different sizes of nano zinc oxide on oral microorganisms. Front Dent. 2019 Mar-Apr;16(2):105-112. doi: 10.18502/fid.v16i2.1361.
44. Mohd Bakhori SK, Mahmud S, Ling CA, Sirelkhatim AH, Hasan H, Mohamad D, et al. In-vitro efficacy of different morphology zinc oxide nanopowders on Streptococcus sobrinus and Streptococcus mutans. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2017 Sep 1;78:868-877. doi: 10.1016/j.msec.2017.04.085.
45. Cierech M, Kolenda A, Grudniak AM, Wojnarowicz J, Woźniak B, Gołaś M, et al. Significance of polymethylmethacrylate (PMMA) modification by zinc oxide nanoparticles for fungal biofilm formation. Int J Pharm. 2016 Aug 20;510(1):323-35. doi: 10.1016/j.ijpharm.2016.06.052.
46. Cierech M, Wojnarowicz J, Kolenda A, Krawczyk-Balska A, Prochwicz E, Woźniak B, et al. Zinc oxide nanoparticles cytotoxicity and release from newly formed PMMA-ZnO nanocomposites designed for denture bases. Nanomaterials (Basel). 2019 Sep 15;9(9):1318. doi: 10.3390/nano9091318.
47. Cierech M, Osica I, Kolenda A, Wojnarowicz J, Szmigiel D, Łojkowski W, et al. Mechanical and physicochemical properties of newly formed ZnO-PMMA nanocomposites for denture bases. Nanomaterials (Basel). 2018 May 6;8(5):305. doi: 10.3390/nano8050305.
48. Charoenkijkajorn D, Sanohkan S. The effect of nano zinc oxide particles on color stability of MDX4-4210 silicone prostheses. Eur J Dent. 2020 Oct;14(4):525-532. doi: 10.1055/s-0040-1713058.
49. Leyland NS, Podporska-Carroll J, Browne J, Hinder SJ, Quilty B, Pillai SC. Highly efficient F, Cu doped TiO2 anti-bacterial visible light active photocatalytic coatings to combat hospital-acquired infections. Sci Rep. 2016 Apr 21;6:24770. doi: 10.1038/srep24770.
50. Sodagar A, Khalil S. Antimicrobial properties of poly (methyl methacrylate) acrylic resins incorporated with silicon dioxide and titanium dioxide nanoparticles on cariogenic bacteria. J. Orthod. Sci. 2016;5:7–13. doi: 10.4103/2278-0203.176652.
51. Altarazi A, Jadaan L, McBain AJ, Haider J, Kushnerev E, Yates JM, et al. 3D-printed nanocomposite denture base resin: The effect of incorporating TiO2 nanoparticles on the growth of Candida albicans. J Prosthodont. 2023 Oct 14. doi: 10.1111/jopr.13784.
52. Ahmed AQ, Al-Hmedat SJA, Hanweet DM, Haider J. Assessing the antifungal activity of a soft denture liner loaded with titanium oxide nanoparticles (TiO2 NPs). Dent J (Basel). 2023 Mar 29;11(4):90. doi: 10.3390/dj11040090.
53. Khan ST, Ahamed M, Alhadlaq HA, Musarrat J, Al-Khedhairy A. Comparative effectiveness of NiCl2, Ni- and NiO-NPs in controlling oral bacterial growth and biofilm formation on oral surfaces. Arch Oral Biol. 2013 Dec;58(12):1804-11. doi: 10.1016/j.archoralbio.2013.09.011.
54. Gad MM, Al-Thobity AM, Rahoma A, Abualsaud R, Al-Harbi FA, Akhtar S. Reinforcement of PMMA denture base material with a mixture of ZrO2 nanoparticles and glass fibers. Int J Dent. 2019 Jan 28;2019:2489393. doi: 10.1155/2019/2489393.
55. Khattar A, Alghafli JA, Muheef MA, Alsalem AM, Al-Dubays MA, AlHussain HM, et al. Antibiofilm activity of 3D-printed nanocomposite resin: impact of ZrO2 nanoparticles. Nanomaterials (Basel). 2023 Feb 1;13(3):591. doi: 10.3390/nano13030591.
56. Ansarifard E, Zareshahrabadi Z, Sarafraz N, Zomorodian K. Evaluation of antimicrobial and antibiofilm activities of copper oxide nanoparticles within soft denture liners against oral pathogens. Bioinorg Chem Appl. 2021 Jun 4;2021:9939275. doi: 10.1155/2021/9939275.
57. Ansarifard E, Zahed M, Azarpira N, Jooyandeh S. Investigating the biocompatibility, flexural strength, and surface roughness of denture base resin containing copper oxide nanoparticles: An in vitro study. Heliyon. 2023 Sep 9;9(9):e19846. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19846.
58. Correa S, Matamala L, González JP, de la Fuente M, Miranda H, Olivares B, et al. Development of novel antimicrobial acrylic denture modified with copper nanoparticles. J Prosthodont Res. 2024 Jan 16;68(1):156-165. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_22_00227.

Summary

APPLICATION OF ANTIMICROBIAL NANOPARTICLES OF METALS AND THEIR OXIDES IN IMPROVING DENTAL PROSTHESES

Lugova L.O., Dobrobolska O.V., Dobrovolskyi O,V. Vazhnichaya E.M., Bobrova N.O.

Key words: nanoparticle, metal, metal oxide, denture, denture base material.

Many nanoparticles of metals and their oxides, including silver, titanium, zinc, copper, zirconium, have antimicrobial properties. These nanoparticles are a promising strategy for the treatment and prevention of oral cavity infections and can be used in various fields of dentistry. The purpose of the work is to present a literature review on the application of applying antimicrobial nanoparticle of metals and their oxides in orthopedic dentistry, in particular, in the improvement of materials for the prosthetics of dentition defects. Literature sources were searched in the PubMed database. Articles for the years 2013–2023 were selected for their involvement in orthodontic dentistry and for the availability of microbiological test data. Recent trends indicate a shift towards enhancing the composition of fundamental materials used in dental prostheses. To mitigate infectious complications, a modification of the base plastic by incorporating nanoparticles with antimicrobial properties is proposed. Silver nanoparticles are widely utilized to modify denture materials and, when combined with polymers or applied as a surface coating on biomaterials, exhibit antimicrobial properties against oral pathogens, along with an anti-biofilm effect. Zinc oxide nanoparticles, recognized for their biocompatibility and non-toxic nature, possess significant biocidal properties effective against a broad spectrum of bacteria and fungi. They demonstrate the ability to inhibit biofilm formation by oral cavity microorganisms, not only on acrylic prostheses but also on surfaces like glass, polystyrene, and silicone. Titanium oxide nanoparticles contribute to reducing microorganism adhesion on various prosthetic materials, including acrylic resins, ceramic glass, and stainless steel. Zirconium oxide nanoparticles, distinct from other metal oxide counterparts, do not compromise the aesthetics of dentures. Simultaneously, they enhance density and reduce polymethylmethacrylate porosity, thereby decreasing candida adhesion and proliferation in the samples. Copper oxide nanoparticles exhibit dose-dependent inhibition of *C. albicans* and *Streptococcus* spp. growth, along with biofilm formation, and show cytotoxic effects only at high concentrations. Thus, there are metal and metal oxide nanoparticles that can improve the antimicrobial properties of prosthetic materials for orthopedic dentistry and thus ensure the prevention of infectious complications when using dental prostheses, but for their clinical use, the gap between experiment and practice has yet to be bridged.