



УДК 616.315

DOI <https://doi.org/10.11603/2311-9624.2025.1.15457>

С. С. Небогатов

ORCID <https://orcid.org/0009-0009-6020-3241>

Міжнародний гуманітарний університет

МОРФОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ ТКАНИН ТВАРИН НА ВЖИВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ВКЛАДКИ У СТОМАТОЛОГІЧНОМУ ПРОТЕЗУВАННІ

S. S. Niebohatov

International Humanitarian University

MORPHOLOGICAL STUDIES OF THE REACTION OF ANIMAL TISSUES TO THE IMPLANTATION OF A CERAMIC INLAY IN DENTAL PROSTHETICS

ІНФОРМАЦІЯ

Електронна адреса
для листування:
universitydentalclinicmgu@gmail.com

Ключові слова: морфологічні дослідження, стоматологічне протезування, прес-кераміка IPS e.max Press, біокерамічні вкладки.

АНОТАЦІЯ

Сучасна ортопедична стоматологія рухається в напрямі вдосконалення різних технологій протезування безметалевою керамікою. Одним із найважливіших напрямів у стоматологічних дослідженнях ХХІ сторіччя є поліпшення безметалевих конструкцій. **Метою досліджень** було з'ясування біоінертності матеріалу вкладок, що можна застосувати для протезування зубними протезами на основі безкаркасної кераміки. **Матеріали та методи досліджень.** Морфологічне дослідження шкіри білих щурів лінії Вістар проводили після внутрішньошкірної імплантації сплавів: Weron 99, Wirocer, Wirobond, кераміки IPS e.max Press. Провели дослідження на щурах, що дало змогу оцінити ступінь впливу на навколишні тканини в разі імплантації зразків основних матеріалів, що застосовуються для виготовлення вкладок в клініці. Дослідження шкіри щурів після імплантації сплаву Wirocer визначило збереження чіткого розмежування епідермісу і власної шкіри. Дослідження шкіри щурів, яким робили імплантацію сплаву Wirobond, визначило чітке розмежування епідермісу і власної шкіри. Сосочки неглибокі, розташовані на значних дистанціях між собою. Клітини потовщеного базального шару розташовані досить неупорядковано, ядра частини з них збільшені, ядра інших дрібні, усі ядра темно забарвлені. Дослідження шкіри щурів під час імплантації керамічних елементів IPS e.max Press визначило зміни в епідермісі і власній шкірі. Розмежування епідермісу і власної шкіри не змінюється. В епідермісі спостерігається потовщення базального шару на окремих ділянках. **Висновки.** Отримані результати свідчать, що внутрішньошкірна імплантація сплавів: Weron 99, Weroceer, Wirobond і кераміки IPS e.max Press – супроводжується односпрямованими дистрофічними змінами в епітелії і дермі шкіри експериментальних тварин, однак за імплантації кераміки ці зміни виражені меншою мірою, що свідчить про більш значущу біоінертність кераміки за впровадження в тканини порожнини рота експериментальних тварин.

INFORMATION

Email address
for correspondence:
universitydentalclinicmgu@gmail.
com

Key words: morphological
studies, dental prosthetics, IPS
e.max Press press ceramics,
bioceramic inlays.

ABSTRACT

Modern orthopedic dentistry is moving towards improving various technologies of prosthetics with metal-free ceramics. One of the most important directions in dental research of the 21st century is the improvement of metal-free structures. **The aim of the research** was to determine the bioinertness of the inlay material, which can be used in prosthetics with dentures based on frameless ceramics. **Materials and methods of research.** Morphological study of the skin of white Wistar rats was performed after intradermal implantation of alloys: Weron 99, Wirocer, Wirobond, IPS e.max Press ceramics. Studies were conducted on rats to assess the degree of impact on surrounding tissues when implanting samples of basic materials used to make inlays in the clinic. A study of the skin of rats after implantation of the Wirocer alloy determined the preservation of a clear demarcation between the epidermis and the dermis. A study of the skin of rats that were implanted with the Wirobond alloy determined a clear demarcation between the epidermis and the dermis. The papillae are shallow and located at considerable distances from each other. The cells of the expanded basal layer are arranged rather disorderly, the nuclei of some of them are enlarged, the nuclei of others are small, all the nuclei are darkly stained. A study of the skin of rats with the implantation of ceramic elements IPS e.max Press determined changes in the epidermis and dermis. The demarcation of the epidermis and dermis does not change. In the epidermis, a thickening of the basal layer is observed in some areas. **Conclusions.** The results obtained indicate that intradermal implantation of alloys: Weron 99, WeroCer, Wirobond and IPS e.max Press ceramics is accompanied by unidirectional dystrophic changes in the epithelium and dermis of the skin of experimental animals, however, when implanting ceramics, these changes are less pronounced, which indicates a more significant bioinertness of ceramics when introduced into the tissues of the oral cavity of experimental animals.

Вступ. Сучасна ортопедична стоматологія рухається в напрямі вдосконалення різних технологій протезування безметалевою керамікою. Одним із найважливіших напрямів у стоматологічних дослідженнях XXI сторіччя є поліпшення безметалевих конструкцій [1–5].

Роботи вітчизняних і зарубіжних авторів дають можливість порівняти клінічну ефективність реставрації жувальних зубів керамічними вкладками і композиційними матеріалами й переконливо підтверджують переваги кераміки перед композитами та іншими реставраціями з естетичних і функціональних якостей [6; 7].

Ці переваги визначаються сприятливими фізико-механічними властивостями сучасної кераміки з нульовим водопоглинанням, оптимальним коефіцієнтом термічного розширення, низькою теплопровідністю, біологічною сумісністю та хімічною стабільністю в порожнині рота [8; 9]. Саме кераміка вважається найбільш хімічно інертним матеріалом, і навіть компоненти – продукти зносу, що з'являються внаслідок стирання, не викликають алергічних або токсичних реакцій у порожнині рота або запалення маргінальних ясен [10].

Керамічні дентальні матеріали, за свідченням численних авторів, мають значно більш високі фізико-механічні характеристики щодо тканин зуба.

Суцільнокерамічні реставрації (вкладки, вініри тощо) на цей час є одними з найбільш поширених видів конструкцій, що застосовуються в практиці сучасної ортопедичної стоматології. Необхідною умовою досягнення стабільних позитивних результатів у мікропротезуванні керамічними вкладками є ґрунтовне й ретельне виконання всіх маніпуляцій, передбачуваних технологією, як на клінічних, так і на лабораторних етапах, з огляду на найбільш важливі клінічні аспекти [11; 12].

Основний напрям в удосконаленні інертності, міцності й косметичності вкладок у разі протезування зубними протезами на основі безкаркасної кераміки – це поліпшення крайового прилягання, підвищення міцності з'єднання облицювального шару – базовий керамічний каркас.

Метою наших досліджень було з'ясування біоінертності матеріалу вкладок, що можна застосувати в протезуванні зубними протезами на основі безкаркасної кераміки.

Матеріали та методи досліджень. Морфологічне дослідження шкіри білих щурів лінії Вістар проводили після внутрішньошкірної імплантації сплавів: Weron 99, Wirocer, Wirobond, кераміки *IPS e.max Press* (12 тварин). Контролем служили інтактні щури (6 тварин).

Після забою у тварин витягували шматочки шкіри навколо імплантатів і фіксували в 10%-му нейтральному формаліні протягом 48 год. Гістологічні зрізи забарвлювали гематоксилін-еозином і за Ван Гізоном за традиційною методикою.

Під час експерименту тварини перебували в умовах та на раціоні віварію відповідно до передбачених нормативів. Досліди з тваринами проводили згідно зі встановленими правилами роботи з ними. Усі маніпуляції, які викликали біль, були проведені під етамінал-натрієвим наркозом (40 мг/кг внутрішньоочеревинно). Робота з тваринами проводилася відповідно до Міжнародного кодексу медичної етики (Венеція, 1983), Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, які використовуються з експериментальними та іншими науковими цілями (Страсбург, 1986), Загальних етичних принципів експериментів на тваринах, ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001), Directive 2010/63/EU of European Parliament and Council on the protection of animals used for scientific purposes, Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» № 440-IX від 14.01.2020.

Результати досліджень та їх обговорення. Ми провели дослідження на щурах, що дають змогу оцінити ступінь впливу на навколишні тканини після імплантації зразків основних матеріалів, що застосовуються для виготовлення вкладок у клініці.

Дослідження шкіри щурів після імплантації сплаву Weron визначило збереження чіткого розмежування епідермісу та власно шкіри. Для епідермісу характерне потовщення та поглиблене проникнення сосочків у власну шкіру. Крім того, визначаються тяжі базаліоцитів у власно шкірі (явища акантозу). Для базального шару епідермісу характерні збільшення ядер, їхнє соковите, темне забарвлення й утворення напливів на верхівках сосочків. У шипуватому шарі клітини також мають збільшені ядра; чіткого уплощення не спостерігається. Зернистий та кератиновий шари тонкі, кератиновий шар розпушений.

У власно шкірі спостерігається набряк частини фіброзних волокон. На цих ділянках упорядкованість розташування волокон порушена. Кількість фібробластів візуально збільшена. Для них характерна округлість ядер і темне забарвлення. Судини власно шкіри повнокровні. Волосні піхви звичайного вигляду (рис. 1).

Звертає увагу підвищене кровонаповнення судин власно шкіри і наявність навколо них діapedезно вийшлих лімфоїдних елементів (рис. 2).

Дослідження шкіри щурів після імплантації сплаву Wirocer визначило збереження чіткого

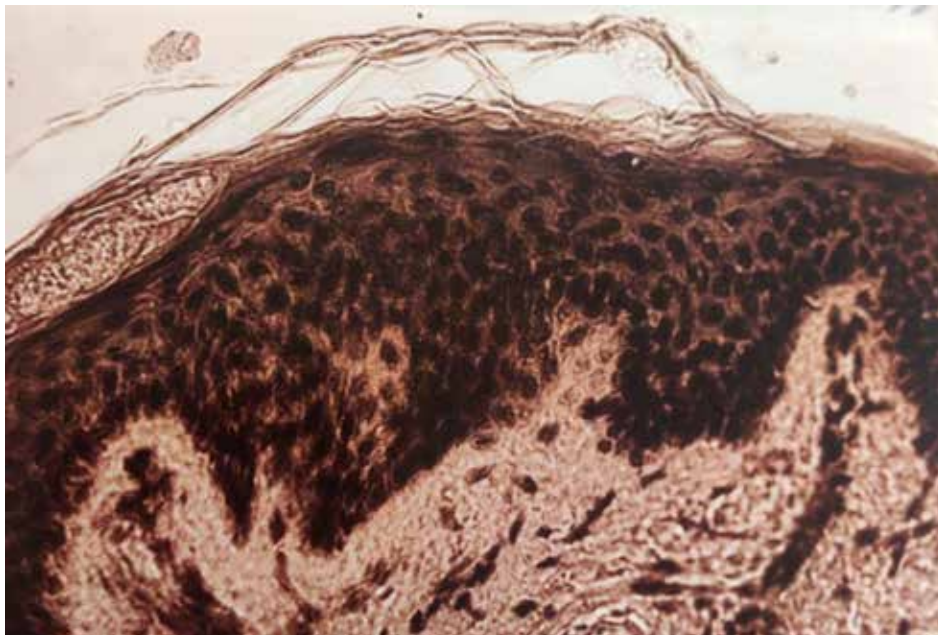


Рис. 1. Шкіра щура після імплантації сплаву Weron. Збільшення та поглиблення сосочків епідермісу. Збільшення розміру ядер базального шару. Явища акантозу. Забарвлення: гематоксилін – еозин. Зб.: ×300

розмежування епідермісу і власно шкіри. Епідерміс формує досить глибокі сосочки, візуально вони розташовані частіше, ніж у контрольних препаратах. Крім того, у субепідермальному шарі визначаються тяжі епідермальних базаліоцитів.

Базальний шар епідермісу поширений у ньому, можна відокремити 3–4 ряди клітин. Розташування клітин досить хаотично, вони характеризуються наявністю ядер різної інтенсивності забарвлення й різною формою.

Цитоплазма базаліоцитів блідо забарвлена завдяки їхньої обводненості.

Шипуватий шар теж поширений і складається з клітин з обводненою цитоплазмою і ядрами овальної форми різних розмірів, тобто дозрівання клітин шипуватого шару до кератинових пластин загальмовано. Про це ж свідчить слабка вираженість зернистого шару й наявність округлих епітеліоцитів з обводненою цитоплазмою (рис. 3).

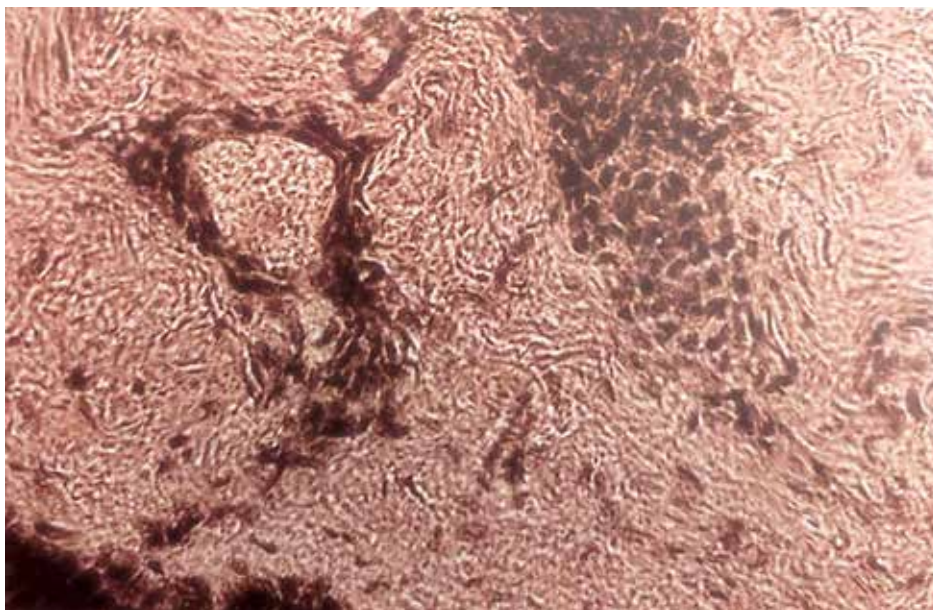


Рис. 2. Шкіра щура після імплантації сплаву Weron. Підвищене кровонаповнення судин. Вихід лімфоїдних елементів. Тяжі епітеліоцитів у власно шкіри. Забарвлення: гематоксилін – еозин. Зб.: $\times 300$

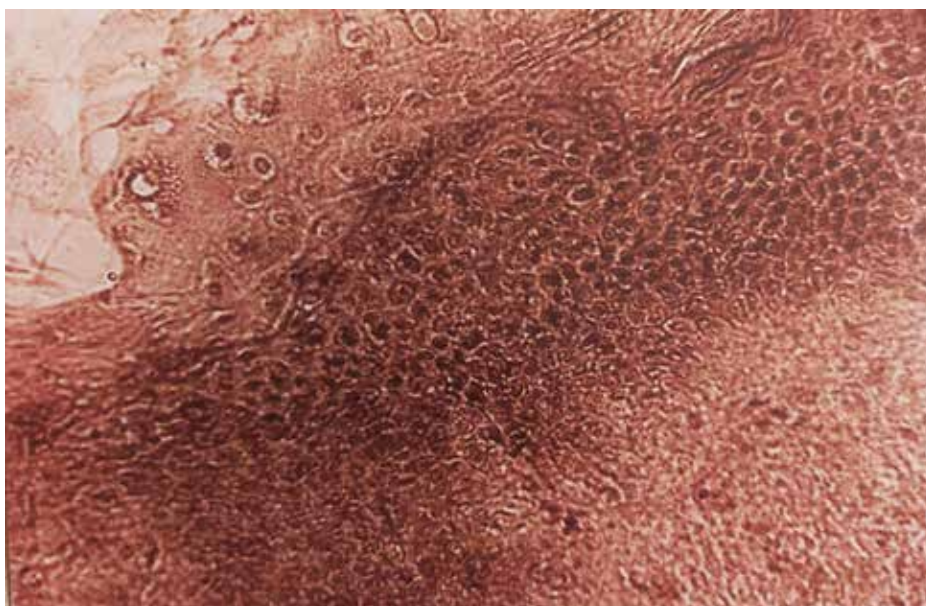


Рис. 3. Шкіра щура після імплантації сплаву Wirocer. Обводнення клітин епідермісу, порушення формування шарів. Забарвлення: гематоксилін – еозин. Зб.: $\times 300$

У власно шкірі щурів, яким імплантували сплав Wirocer, визначається неупорядкованість розташування пучків колагенових волокон, наявність лімфоїдних елементів, фібробласти зі збільшеними, округлими темними ядрами. Присутні у власно шкірі піхви волосинь характеризуються потовщенням окремих ділянок завдяки появі в них межуткової речовини, ядра клітин периферійного шару округлі середніх розмірів; внутрішнього шару – дрібні та темні, частково округлі.

Дослідження шкіри щурів, яким робили імплантацію сплаву Wirobond, визначило чітке

розмежування епідермісу і власно шкіри. Сосочки неглибокі, розташовані на значних дистанціях між собою. Клітини потовщеного базального шару розташовані досить неупорядковано, ядра частини з них збільшені, ядра інших дрібні, усі ядра темно забарвлені (рис. 4).

У власно шкірі щурів з імплантацією сплаву Wirobond розташування пучків фіброзних волокон досить неупорядковане. Зустрічаються ділянки помірно еозинофільної межуткової речовини. Мають місце також ділянки набрятого розпушення фіброзних пучків (рис. 5).

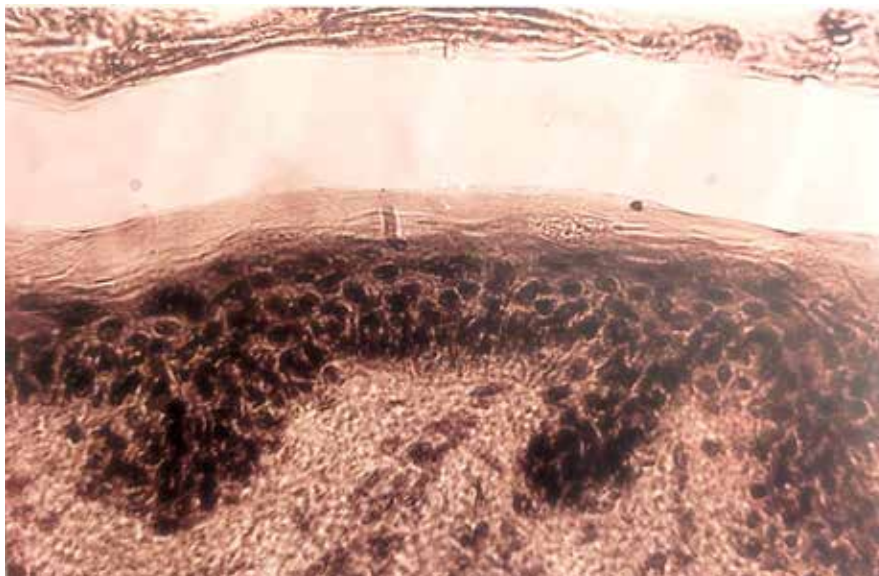


Рис. 4. Шкіра щура після імплантації сплаву Wirobond. Базальний шар епідермісу, ядра базаліоцитів різних розмірів, неупорядковано розташовані. Забарвлення: гематоксилін – еозин. Зб.: ×400

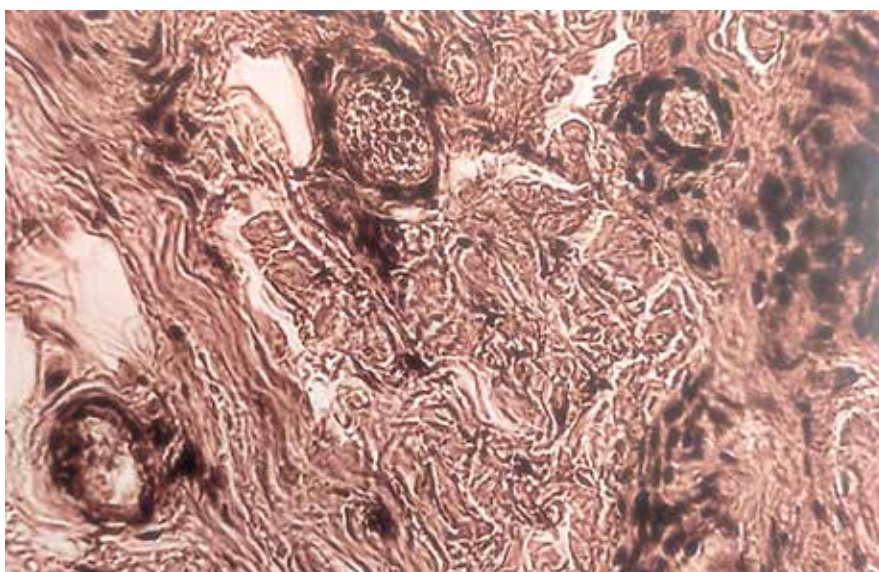


Рис. 5. Шкіра щура з імплантацією сплаву Wirobond. Скупчення лімфоїдних елементів і фібробластів у власно шкірі. Ділянка набрятого розпушення фіброзних пучків. Забарвлення: гематоксилін – еозин. Зб.: ×300

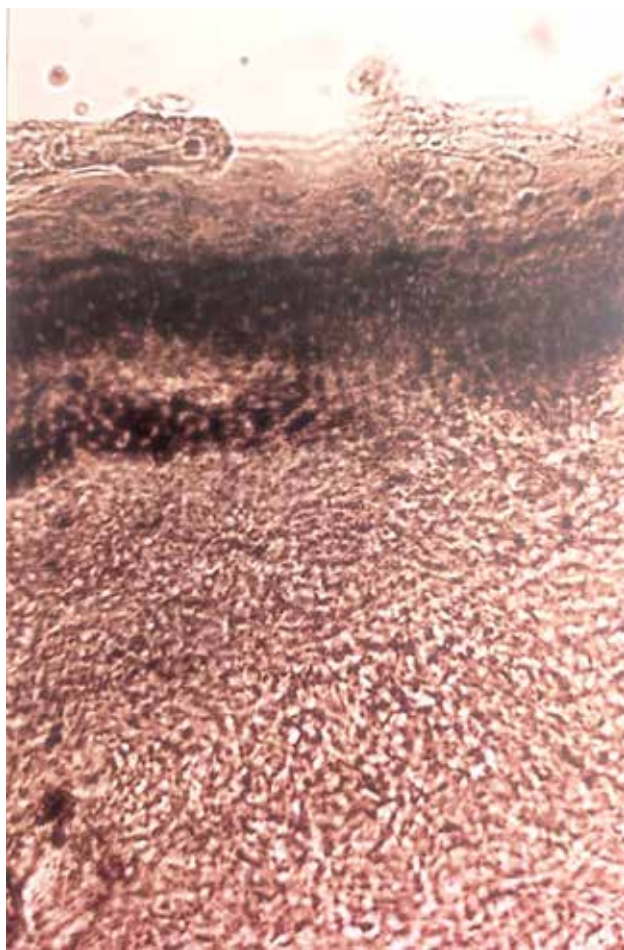


Рис. 6. Шкіра щура
з імплантатом кераміки JPS e.max Press.
Потовщення базального шару епідермісу.
Відокремлення його ділянок.
Обводнення зернистого і кератинового шарів.
Забарвлення: гематоксилін – еозин.
Зб.: ×300

Волосяні піхви з набряклими епітеліоцитами зовнішнього шару й епітеліоцитами зі сплюсненими ядрами внутрішнього шару, зустрічаються клітини з пікнотичними ядрами. Волосина ближче до поверхні монолітна, у більш глибоких відділах можна розрізнити окремі лушпайки.

Дослідження шкіри щурів після імплантації керамічних елементів JPS e.max Press визначило зміни в епідермісі і власно шкірі. Розмежування епідермісу і власно шкіри не змінюється. В епідермісі спостерігається потовщення базального шару на окремих ділянках. Мають місце відокремлення ділянок базального шару вглиб власно шкіри (рис. 6). У багаторядному базальному шару епідермісу ядра базаліоцитів значно збільшені, ближче до шипуватого шару вони дрібні, округлі й темно-забарвлені.

У глибині шипуватого шару клітини зі сплюсненими темними ядрами. Ближче до поверхні частина з них обводнена. Зернистий шар набряклий і розпушений, як і кератиновий.

У власно шкірі фіброзні волокна в пучках і відокремлено перетинаються, утворюючи єдину структуру. Спостерігається деяка набряклість цієї частини шкіри. Лімфоциторні елементи не спостерігаються в значній кількості. Судини помірного кровонаповнення. Волосяні піхви зі збільшеними ядрами клітин зовнішнього шару. Волосіння звичайного вигляду.

Висновки. Отримані результати свідчать, що внутрішньошкірна імплантація сплавів Weron 99, Weroceer, Wirobond і кераміки IPS e.max Press супроводжується односпрямованими дистрофічними змінами в епітелії і дермі шкіри експериментальних тварин, однак у разі імплантації кераміки ці зміни виражені меншою мірою, що свідчить про більш значущу біоінертність кераміки за впровадження в тканини порожнини рота експериментальних тварин.

Список літератури

1. Glowacka-Sobotta A., Ziental D., Czarczynska-Goslinska B., et al. Nanotechnology for Dentistry: Prospects and Applications. Nanomaterials (Basel). 2023. Vol. 13(14). P. 2130. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano13142130>
2. Damodharan J. Nanomaterials in Medicine – Overview. Mater. Today Proc. 2021. Vol. 37. P. 383–385. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.380>
3. Dakhale R., Paul P., Achanta A., Ahuja K. P., Meshram M. Nanotechnology Innovations Transforming Oral Health Care and Dentistry: A Review. Cureus. 2023. Vol. 15(10). P. e46423. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.46423>
4. Крячко А.Г., Романенко І.Г. Шляхи підвищення надання якісної стоматологічної допомоги. Вісник стоматології. 2010. № 4. С. 85–94.
5. Nebogatov S.S., Chulak L.D., Shuturminsky V.G., Chulak O.L., Tatarina O.V., Badiuk N.S. Dental aesthetic inlay core – practical evaluation. PharmacologyOnline; Archives. 2021. Vol. 2. P. 742–752.
6. Король Д., Кіндій Д., Рамусь М., Зубченко С., Калашніков Д., Тончева К. Технологія виготовлення незнімних зубних протезів. Полтава : ПП Астроя, 2021. 142 с.
7. Фастовець О.О., Глазунов О.О. Оцінка рівнів прозапальних цитокінів в ясенній рідині та маркерів кісткового метаболізму в сироватці крові в хворих на генералізований пародонтит після проведеного ортопедичного лікування. Вісник стоматології. 2023. № 4(123). С. 82–87. URL: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-50-4.14>
8. Лисепко О.С., Борисенко А.Б., Зубов Д.О., Васильєв Р.Р. Оцінка цитотоксичності біокераміки, легваної іонами срібла й міді, у культурі мультипотентних мезенхімальних стромальних клітин жирової тканини. Сучасна стоматологія. 2014. № 1. С. 127–132.

9. Kamenskikh Anna, Sakhabutdinova Lyaysan, Astashina Nataliya, Petrachev Artem, Nosov Yuriy. Numerical Modeling of a New Type of Prosthetic Restoration for Non-Carious Cervical Lesions. *Materials*. 2022. Vol. 15. P. 5102. DOI: 10.3390/ma15155102
10. Ворожко А. А. Нове покоління стоматологічних матеріалів в клініці ортопедичної стоматології. *Вісник стоматології*. 2014. № 1. С. 98–101.
11. Tasaka Akinori, Mori Ryota, Hirabayashi Takeshi, Kogawa Sato, Ito Kosei, Wadachi Juro, Yamashita Shuichiro. A new proposal for the workflow using CAD/CAM technology for fabrication of resin-based removable partial dentures. *Journal of Prosthodontic Research*. 2023. 68. DOI: 10.2186/jpr.JPR_D_23_00153.
12. Solís Pinargote N.W., Yanushevich O., Krikheli N., Smirnov A., Savilkin S., Grigoriev S.N., Peretyagin P. Materials and Methods for All-Ceramic Dental Restorations Using Computer-Aided Design (CAD) and Computer-Aided Manufacturing (CAM) Technologies – A Brief Review. *Dent. J.* 2024. Vol. 12. P. 47. URL: <https://doi.org/10.3390/dj12030047>

References

1. Glowacka-Sobotta, A., Ziental, D., Czarczynska-Goslinska, B., et al. (2023). Nanotechnology for Dentistry: Prospects and Applications. *Nanomaterials*, 13 (14), 2130. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano13142130>
2. Damodharan, J. (2021). Nanomaterials in Medicine – Overview. *Mater. Today Proc.*, 37, 383–385. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.380>
3. Dakhale, R., Paul, P., Achanta, A., Ahuja, K. P., & Meshram, M. (2023). Nanotechnology Innovations Transforming Oral Health Care and Dentistry: A Review. *Cureus*, 15 (10), e46423. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.46423>
4. Kryachko, A. G., & Romanenko, I. G. (2010). Shlyakhy pidvyshchennya nadannya yakisnoyi stomatolohichnoyi dopomohy [Ways to improve the provision of quality dental care]. *Visnyk stomatolohiyi*, 4, 85–94 [in Ukrainian].
5. Nebogatov, S. S., Chulak, L. D., Shuturminsky, V. G., Chulak, O. L., Tatarina, O. V., & Badiuk, N. S. (2021). Dental aesthetic inlay core – practical evaluation. *PharmacologyOnline; Archives*. 2, 742–752.
6. Korol, D., Kindiy, D., Ramus, M., Zubchenko, S., Kalashnikov, D., & Toncheva, K. (2021). Tekhnolohiya vyhotovlennya neznimnykh zubnykh proteziv [Technology of manufacturing fixed dentures]. Poltava: PP Astraya [in Ukrainian].
7. Fastovets, O. O., & Glazunov, O. O. (2023). Otsinka rivniv prozapalnykh tsytokiniv v yasennyi ridyni ta markeriv kistkovoho metabolizmu v syrovatki krovi v khvorykh na heneralizovany parodontyt pislya provedenoho ortopedychnoho likuvannya [Assessment of proinflammatory cytokine levels in gingival fluid and bone metabolism markers in blood serum in patients with generalized periodontitis after orthopedic treatment]. *Visnyk stomatolohiyi*, 4 (123), 82–87. DOI: <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-50-4.14> [in Ukrainian].
8. Lysepko, O. S., Borisenko, A. B., Zubov, D. O., & Vasiliev, R. R. (2014). Otsinka tsytotoksichnosti biokeramiky, lehovanoyi ionamy sribla y midi, u kulturi multypotentnykh mezenkhimalnykh stromalnykh klityn zhyrovoyi tkanyny [Evaluation of cytotoxicity of bioceramics doped with silver and copper ions in the culture of multipotent mesenchymal stromal cells of adipose tissue]. *Suchasna stomatolohiya*, 1, 127–132 [in Ukrainian].
9. Kamenskikh Anna, Sakhabutdinova Lyaysan, Astashina Nataliya, Petrachev Artem, & Nosov Yuriy (2022). Numerical Modeling of a New Type of Prosthetic Restoration for Non-Carious Cervical Lesions. 15, 5102. DOI: 10.3390/ma15155102.
10. Vorozhko, A. A. (2014). Nove pokolinnya stomatolohichnykh materialiv v klinitsi ortopedychnoyi stomatolohiyi [A new generation of dental materials in the clinic of orthopedic dentistry]. *Visnyk stomatolohiyi*, 1, 98–101 [in Ukrainian].
11. Tasaka Akinori, & Mori Ryota (Ed.). (2023). A new proposal for the workflow using CAD/CAM technology for fabrication of resin-based removable partial dentures. *Journal of Prosthodontic Research*, 68. DOI: 10.2186/jpr.JPR_D_23_00153
12. Solís Pinargote, N.W., & Yanushevich? O. (Ed.). (2024). Materials and Methods for All-Ceramic Dental Restorations Using Computer-Aided Design (CAD) and Computer-Aided Manufacturing (CAM) Technologies – A Brief Review. *Dent. J.*, 12, 47. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj12030047>