

# РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ПОСЛЕ ОПЕРАТИВНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА НА ТКАНЯХ ПАРОДОНТА

## RADIOLOGICAL AND FUNCTIONAL ASSESSMENT OF BONE TISSUE REGENERATION AFTER SURGICAL INTERVENTION ON PERIODONTAL TISSUES

**E. Konovalova**  
**P. Ivanov**  
**L. Zulkina**  
**E. Shastin**

**Summary.** Currently periodontitis remains one of the most common diseases. According to the WHO (2022), severe forms of periodontal diseases affect 19% of the adult population. Despite improvements in the quality of dental care and the introduction of new diagnostic methods, there is a trend towards an increase in newly identified cases of chronic periodontitis [1]. The consequences of the COVID-19 pandemic have impacted overall somatic health, including oral health, exacerbating pre-existing periodontal pathologies. The treatment of severe periodontitis is impossible without the use of surgical techniques such as guided bone regeneration which are essential for restoring lost bone and soft tissue structures of the periodontium. An urgent issue in modern dentistry, particularly periodontology, is early diagnosis and dynamic monitoring of the postoperative period. Analyzing existing research in the field of diagnosis and monitoring of the quality of the postoperative period, we believe that the combination of radiological and joulemetric methods are both relevant and in demand.

**Keywords:** Periodontitis, guided bone regeneration, functional diagnostics, radiological examination.

**Коновалова Екатерина Валерьевна**

Старший преподаватель,  
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»  
udaltsovakaterina@mail.ru

**Иванов Петр Владимирович**

доктор медицинских наук, главный врач,  
ООО «Estederal»,  
info@estedental.ru

**Зюлькина Лариса Алексеевна**

доктор медицинских наук,  
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»  
larisastom@yandex.ru

**Шастин Евгений Николаевич**

Кандидат медицинских наук, главный врач,  
ООО «БАЛЬДАР»  
brace@mailto.ru

**Аннотация.** На сегодняшний день пародонтит остается одним из самых распространенных заболеваний, по данным ВОЗ (2022), тяжелые формы заболеваний пародонта затрагивают 19 % процентов взрослого населения. Не смотря на улучшение качества оказания стоматологической помощи и внедрению новых методов диагностики, наблюдается тенденция к увеличению вновь выявленных случаев хронического пародонтита [1]. Последствия пандемии COVID-19 отразились на общесоматическом здоровье и в том числе на состоянии полости рта, провоцируя обострение раннее существующих патологий пародонта. Лечение тяжелых форм пародонтита невозможно без проведения оперативного вмешательства, хирургические методики, такие как направленная регенерация костной ткани, являются гарантами восстановления потерянных костных и мягкотканых структур пародонта. Актуальным вопросом современной стоматологии, в частности пародонтологии является ранняя диагностика и динамическое наблюдение за ходом постоперационного периода. Анализируя имеющиеся исследования в области диагностики и мониторинга качества постоперационного периода, считаем вопрос совмещения рентгенологического и дуальметрического методов актуальным и востребованным.

**Ключевые слова:** пародонтит, направленная костная регенерация, функциональная диагностика, рентгенологическая диагностика.

## Введение

**Д**иагностика заболеваний пародонта в основном базируется на анализе клинических признаков и симптомов. Однако при прогрессировании заболевания с резорбцией костной ткани рентгенологическое обследование является ведущим методом диагностики [1]. При использовании двухмерной визу-

ализации, оценка геометрии и глубины внутрикостных дефектов, кортикального слоя костной ткани затруднена за счет геометрической проекции и наложением соседних анатомических структур. Проекционное искажение и суммарная теневая картина анатомических близлежащих к дефекту структур может привести к погрешности полученных результатов [2]. Для более точной диагностики и оптимизации планирования и мони-

торинга проводимого пародонтологического лечения используется трехмерная визуализация при помощи конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) [5]. В работе Walter, C. и др. (2020), была проведена рентгенологическая и клиническая оценка резорбции костной ткани в вертикальном и горизонтальном направлении, также было проанализировано включение области би- и трифуркаций корней боковой группы зубов в пародонтальный дефект. Результаты исследования показали высокую точность применения КЛКТ (80–84 %), которая была в последующем подтверждена интраоперационно [6]. Сравнительный анализ трехмерных снимков и цифровых периапикальных рентгенограмм при визуализации внутрикостных пародонтальных дефектов и резорбции костной ткани в вертикальном направлении, также констатировала более высокую точность КЛКТ. Рентгенологические данные были подтверждены клиническими исследованиями, что в свою очередь подтверждает гипотезу о более высокой точности КЛКТ для оценки вертикальной потери костной ткани [7]. Сравнение привильных рентгенологических снимков с КЛКТ при изменении размеров дефектов костной ткани пародонтального костного кармана аналогично демонстрировала более высокую точность [8]. Браун и др. (2014) сообщили, что КЛКТ превосходит двухмерные снимки в выявлении внутрикостных дефектов и поражений бифуркаций. В целом, при использовании двухмерных снимков внутрикостные дефекты были правильно идентифицированы в 82,7 % случаев, а при использовании КЛКТ — в 99,7 % случаев. КЛКТ также лучше выявляет поражения бифуркации (94,8 %) по сравнению с двухмерной рентгенологической визуализацией (75,6 %) [9]. Более того, КЛКТ является более точным методом для определения толщины десневого края. Исследования в данной области показали отсутствие статистически значимой разницы между рентгенологической толщиной десневого края и клиническим зондированием зубодесневой борозды. Понимание биологической структуры и морфологических свойств здоровой пародонтальной ткани помогает в диагностике и прогнозировании заболеваний пародонта. Средняя толщина тканей десны, полученная с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии, составила  $1,17 \pm 0,26$  мм для резцов и  $1,08 \pm 0,28$  мм для клыков. Средняя толщина тканей десны для боковой группы составила  $1,32 \pm 0,54$  мм [10,11]. Использование технологии Metal artifact reduction (MAR) обеспечивает улучшенное качество проводимого КЛКТ исследования, позволяя сократить количество артефактов связанных с недостаточностью фотонов, жесткостью излучения и наличием металлических объектов в теле пациента, что особенно актуально у пациентов с наличием металлических ортопедических конструкций в полости рта. Улучшенное качество изображения позволяет усовершенствовать хирургическое лечение, обеспечивая более четкое объединение данных стереолитографии (STL) и медицинской визуализации (DICOM или DCM). Это,

в свою очередь, способствует созданию хирургических шаблонов для малоинвазивных операций и точному расчету объема костной ткани, необходимого для направленной регенерации костной ткани (НКР), что обеспечивает соответствие костнозамещающего материала требуемым параметрам костного объема пародонтального дефекта интраоперационно [12,13]. Совокупность КЛКТ и 3D моделирования способствовали созданию индивидуального каркаса костного трансплантата для НКР благодаря высокодетализированному 3D изображению кости.

С другой стороны, последние исследования в изучении точности КЛКТ при визуализации компонентов пародонтального фенотипа, свидетельствуют о возможном наличие неверных интерпретаций рентгенологической картины. Так, например, при наличии тонких пародонтальных фенотипов отсутствием видимых слоёв костной/мягкой ткани на КЛКТ-снимке не обязательно означает их отсутствие. Эти технические ограничения присущи КЛКТ-сканированию, и их следует учитывать при интерпретации снимков [13,14].

### Цель исследования

Повышение эффективности диагностики и постоперационного мониторинга у пациентов с ХГП ССТ после направленной регенерации костной ткани с использованием рентгенологических и функциональных методов.

### Материалы и методы

Оценку эффективности комбинирования методов рентгенологического и неизвазивного джоульметрического постоперационного контроля осуществляли на клинической базе кафедры стоматологии медицинского института ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» совместно с кафедрой «Медицинская кибернетика и информатика». Проведение клинического исследования было одобрено локальным комитетом по этике при ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (протокол № 5 от 01.03.19 г.). Исследование выполнено в соответствии со стандартами Надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. Было проведено рентгенологическое и джоульметрическое обследование 45 пациентов, у всех был подтвержден диагноз: хронический пародонтит средней степени тяжести K05.31. Перед включением пациентов в исследуемую группу был оформлен пакет медицинских документов с обязательным подписанием информированного согласия на проводимые лечебные мероприятия. Всем пациентам был разъяснен план и ход хирургического лечения.

Рентгенологическое обследование проводилось перед включением пациентов в исследуемую группу, с це-

лью окончательной постановки диагноза и разработки плана хирургического лечения. Через 6 и 12 месяцев после направленной костной регенерации. Измерения выполнялись на сагittalном срезе (КЛКТ) на ортопантомографе «Orthophos XG3D/Ceph» (SIRONA, Германия). Расчет параметра линейной глубины внутрикостного дефекта осуществлялся от точки С до точки F, где С — эмалево-цементное соединение, F — самая глубокая точка дна рентгенологического костного дефекта, расчет проводили с использованием программного обеспечения «GALAXIS Galileos Viewer» и метода линейных рентгенологических измерений.

Для мониторинга электрохимических изменений использовали джоульметрическую неинвазивную информационно-измерительную систему экспресс-контроля включающую потенциостат IPC Micro в режиме гальваностата, измерительный блок и специально разработанный датчик, который представлял собой двухэлектродную систему в виде зажима [3,4,15,16]. Диагностику с использованием неинвазивного джоульметрического экспресс-метода проводили на этапе обследования, на 3-и и 7-ые сутки, через шесть и двенадцать месяцев после направленной костной регенерации.

Результаты исследования были обработаны вариационно-статистическими методами с использованием пакета прикладных программ Statistica for Windows v.10.0. Данные, полученные в ходе исследования, представлены в формате средней арифметической ( $M$ ) и ее стандартного отклонения ( $\sigma$ ). Для каждого параметра, полученного в ходе исследования, рассчитывали минимальное (Min) и максимальное (Max) значения на разных сроках исследования. Значимость различий между группами определяли с помощью непараметрического критерия Колмогорова — Смирнова. Различия считали достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждения

В ходе рентгенологического исследования было установлено, что средние значения глубины внутрикостного дефекта при хроническом пародонтите средней степени тяжести составили  $5,66 \pm 0,08$  мм.

При оценке данного показателя через 6 месяцев после НКР с применением костнозамещающего материала «biOST XENOGRAFT Collagen» и резобрируемой коллагеновой мембраной «bioOST CORTICAL Membrane», было выявлено значительное уменьшение линейной рентгенологической глубины. Среднее значение данного показателя составило  $2,81 \pm 0,06$  мм ( $p < 0,01$ ), что свидетельствует о статистически значимом снижении по сравнению с исходными данными. Уменьшение данного показателя в 2 раза, подтверждает эффективность выбранной методики и материалов для проведения НКР.

Полученный результат рентгенологической диагностики указывает на успешную интеграцию костного материала и восстановление костной ткани в области хирургического вмешательства. Вновь образованная костная ткань характеризовалась мелкочаечистой структурой, зон разряжения выявлено не было.

Через 12 месяцев показатель рентгенологической линейной глубины незначительно увеличился и составил  $3,52 \pm 0,06$  мм, увеличение показателя связано с наличием постоперационной резорбции. Постоперационная усадка регенерированной кости в области хирургического вмешательства, по нашему мнению, связана с отсутствием иммобилизации мембранны и снижением площади соприкосновения остеоматериала с реципиентной зоной.

Джоульметрическая диагностика у пациентов была проведена на этапе обследования, в раннем послеоперационном периоде на 3-и и 7-ые сутки, через 6 и 12 месяцев после НКР. Исходное значение в среднем составило  $0,286 \pm 6,08$  мкДж, клинически наблюдалась все признаки хронического воспаления. Максимальное значение джоульметрического показателя наблюдалось на 3-и сутки, значение РТ увеличилось на 52 % и составило  $0,596 \pm 2,12$  мкДж, рост параметра связан с операционной травмой и спровоцирован каскадом процессов, вызванных воспалительным и иммунным ответом в области оперативного вмешательства. На 7-ые сутки среднее значение джоульметрического показателя составило  $0,310 \pm 5,15$  мкДж, наблюдается уменьшение значений показателя в 2 раза по отношению к данным, полученным на третьи сутки после оперативного вмешательства. Постепенное снижение значений джоульметрического показателя свидетельствует о ходе ранней фазы заживления. Следует отметить, что на данном этапе джоульметрический показатель превышает исходные значения на 8%, что в свою очередь подчеркивает взаимосвязь полученных значений и воспалительной реакции в ответ на хирургическое вмешательство.

Через 6 месяцев после НКР наблюдается снижение джоульметрического показателя, среднее значение которого составило  $0,258 \pm 4,76$  мкДж, что также статистически значимо отличается от исходных значений ( $p < 0,01$ ). Показатель снизился на 10 % по отношению к значениям работы тока, полученным на этапе обследования и на 16 % по отношению к раннему постоперационному периоду (7-ые сутки). На сроке 12 месяцев среднее значение показателя составило  $0,257 \pm 4,34$  мкДж, что статистически не отличается от данных, полученных через 6 месяцев после оперативного вмешательства. Следует отметить, что среднее значение показателя РТ полученного через 12 месяцев на 10 % меньше показателя полученного на этапе обследования, при этом клинические признаки воспаления отсутствуют.

**Заключение**

Таким образом, анализируя данные полученные на этапе обследования, линейная рентгенологическая глубина составила  $5,66 \pm 0,08$  мм, РТ —  $0,286 \pm 0,08$  мкДж, данные свидетельствуют о наличии хронического воспалительного процесса. На 3-и сутки наблюдается максимальный рост значений РТ, что характеризует нормальное течение послеоперационного периода. Рост значений РТ связан с воспалительной реакцией в ответ на проводимое хирургическое лечение. На 7-ые сутки было отмечено снижение РТ, однако данный показатель был на 8 % выше значений, полученных на этапе обследования. Увеличение значений показателя на 7-ые сутки

также связано с течением воспалительного процесса. В отдаленном послеоперационном периоде наблюдается уменьшение рентгенологической линейной глубины пародонтального дефекта и снижение РТ тока. Постепенное снижение РТ и возвращение данного показателя к нормальным значениям сопоставимо рентгенологическому исследованию и подтверждает успешность проведенного хирургического лечения. Отсюда следует, что данные диагностические методы могут быть взаимозаменяемы с целью предотвращения послеоперационных осложнений. Использование джоульметрического ниназивного экспресс-метода целесообразно для снижения лучевой нагрузки на пациента.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Коновалова, Е.В., Иванов, П.В., Зюлькина, Л.А., & Небылицын, И.В. Клинико-рентгенологическая оценка эффективности хирургического лечения воспалительных заболеваний пародонта с использованием направленной тканевой регенерации // Уральский медицинский журнал. — 2022. — Т. 21, № 3. — С. 38–45.
2. Аржанцев, А.П. Диагностическое значение рентгенологических методик при оценке состояния костных тканей пародонта / А.П. Аржанцев, М.И. Тамасханова, С.А. Перфильев // Медицинский алфавит. — 2012. — Т. 3, № 13. — С. 6–10.
3. Геращенко, С.И., Геращенко, С.М., Иванов, П.В., Удальцова, Е.В., & Карнаухов, В.В. Обоснование использования джоульметрического метода экспресс-оценки формирования костной ткани после хирургического вмешательства на тканях пародонта // Вестник ПензГУ. — 2019. — № 3 (27).
4. Аведова, Д.Ю., Геращенко, С.М., Осипова, Ю.Л., и др. Исследование джоульметрических параметров тканей пародонта в ходе репаративного остеогенеза при использовании различных композиций остеопластического материала // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2023. — № 4. — С. 153–156.
5. Acar, B., & Kamburoğlu, K. Use of cone beam computed tomography in periodontology // World journal of radiology. — 2014. — Vol. 6, № 5. — P. 139–147.
6. Walter, C., Schmidt, J.C., Dula, K., & Sculean, A. Cone beam computed tomography (CBCT) for diagnosis and treatment planning in periodontology: A systematic review // Quintessence International. — 2016. — Vol. 47, № 1. — P. 25–37.
7. Ruetters, M., Hagenfeld, D., ElSayed, N., Zimmermann, N., Gehrig, H., & Kim, T.S. Ex vivo comparison of CBCT and digital periapical radiographs for the quantitative assessment of periodontal defects // Clinical oral investigations. — 2020. — Vol. 24, № 1. — P. 377–384.
8. Abdinian, M., Yaghini, J., & Jazi, L. Comparison of intraoral digital radiography and cone-beam computed tomography in the measurement of periodontal bone defects // Dental and medical problems. — 2020. — Vol. 57, № 3. — P. 269–273.
9. Braun, X., Ritter, L., Jervshe-Storm, P.-M., & Frentzen, M. Diagnostic accuracy of CBCT for periodontal lesions // Clinical Oral Investigations. — 2014. — Vol. 18. — P. 1229–1236.
10. de Freitas Silva, B.S., Silva, J.K., Silva, L.R., de Lima, K.L., Mezaiko, E., Roriz, V.M., Evangelista, K., & Yamamoto-Silva, F.P. Accuracy of cone-beam computed tomography in determining gingival thickness: a systematic review and meta-analysis // Clinical oral investigations. — 2023. — Vol. 27, № 5. — P. 1801–1814.
11. Borges, G.J., Ruiz, L.F.N., Alencar, A.H.G., Porto, O.C.L., & Estrela, C. Cone-Beam Computed Tomography as a Diagnostic Method for Determination of Gingival Thickness and Distance between Gingival Margin and Bone Crest // The Scientific World Journal. — 2015. — Vol. 2015. — P. 142108.
12. McAllister, B.S., & Eshraghi, V.T. Commentary: Cone-Beam Computed Tomography: An Essential Technology for Management of Complex Periodontal and Implant Cases // Journal of periodontology. — 2017. — Vol. 88, № 10. — P. 937–938.
13. Verykokou, S., et al. The Role of Cone Beam Computed Tomography in Periodontology: From 3D Models of Periodontal Defects to 3D-Printed Scaffolds // Journal of personalized medicine. — 2024. — Vol. 14, № 2. — P. 207.
14. Misch, K.A., et al. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements // Journal of periodontology. — 2006. — Vol. 77, № 7. — P. 1261–1266.
15. Demidov, A.V., Udaltssova, E.V., & Gerashchenko, S.M. Development of the System for Assessment of Periodontal Tissue State // Proceedings — 2021 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology, USBEREIT 2021. — Екатеринбург, 2021. — P. 27–29.
16. Gerashchenko, S.M., Gerashchenko, S.I., Zulkina, L.A., et al. Joule metric information-measuring systems for assessment of electrochemical parameters of periodontal tissues // Journal of Critical Reviews. — 2020. — Vol. 7, № 9. — P. 386–389.

© Коновалова Екатерина Валерьевна (udaltssovakaterina@mail.ru); Иванов Петр Владимирович (info@estederal.ru);  
Зюлькина Лариса Алексеевна (larisastom@yandex.ru); Шастин Евгений Николаевич (bracest@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»