УДК: 616.314-089.843-06

ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ПЕРИИМПЛАНТИТА





Адилов Козим Закирович[1], Ризаев Жасур Алимджанович[1], Адилова Шоира Талатовна[2]
1 - Самаркандский государственный медицинский университет, Республика Узбекистан, г. Самарканд;
2 - Ташкентский государственный медицинский университет, Республика Узбекистан, г. Ташкент

ПЕРИИМПЛАНТИТ РИВОЖЛАНИШ ХАВФИНИ БАҲОЛАШ

Адилов Козим Закирович[1], Ризаев Жасур Алимджанович[1], Адилова Шоира Талатовна[2]
1 - Самарқанд давлат тиббиёт университети, Ўзбекистон Республикаси, Самарқанд ш.;
2 - Тошкент давлат тиббиёт университети, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.

ASSESSMENT OF THE RISK OF PERI-IMPLANTITIS DEVELOPMENT

Adilov Kozim Zakirovich[1], Rizaev Jasur Alimdjanovich[1], Adilova Shoira Talatovna[2]
1 - Samarkand State Medical University, Republic of Uzbekistan, Samarkand;
2 - Tashkent State Medical University, Republic of Uzbekistan, Tashkent

e-mail: info@sammu.uz

Резюме. *Тадқиқот мақсади: энг информатив клиник ва анамнестик омиллар асосида периимплантит ривожланишининг индивидуал хавфини баҳолашнинг интеграл математик моделини ишлаб чиқиш. Материал ва усуллар: дентал имплантатлар ёрдамида даволанган 414 нафар беморни комплекс клиник текшириш натижалари таҳлил қилинди: периимплантат тўқималари соғлом – 330 (79,7%), периимплантит – 84 (20,3%). Модель энг кичик квадратлар усулида тузилди (чизиқли регрессия, параметрларнинг t-мезон бўйича аҳамиятлилиги p<0,05, STATISTICA 10.0). Натижалар: моделга еттита предиктор киритилди – периимплантат чўнтагининг чуқурлиги, кератинлашган шиллиқ қаватнинг кенглиги, суяк резорбцияси даражаси, ўрнатилган имплантатлар сони, периимплантат мукозити мавжудлиги, зондлашда қонаш ва анамнездаги пародонтит. Интеграл хавф кўрсаткичига (RK) энг катта ижобий ҳиссани суяк резорбцияси (β=0,2051), периимплантат мукозити (β=0,1452) ва анамнездаги пародонтит (β=0,1242) қўшди. Детерминация коэффициенти R^2=0,81 ни ташкил этди. Диагностик оралиқлар аниқланди: RK<0,42 – паст, 0,42≤RK<0,63 – оралиқ, RK≥0,63 – юқори хавф. Хулоса: ишлаб чиқилган модель дентал имплантациядан кейин беморларни олиб боришда шахсга йўналтирилган ёндашув воситаси сифатида қаралиши мумкин; у хавф гуруҳидаги беморларни ўз вақтида аниқлаш ва профилактика чораларини мақбуллаштириш имконини беради.*

Калит сўзлар: *периимплантит, дентал имплантация, хавфни башорат қилиш, математик модель, клиник ва анамнестик омиллар, шахсга йўналтирилган стоматология.*

Abstract. *Aim: to develop an integral mathematical model for assessing the individual risk of peri-implantitis based on the most informative clinical and anamnestic factors. Materials and methods: the results of a comprehensive clinical examination of 414 patients treated with dental implants were analysed: peri-implant health – 330 (79.7%), peri-implantitis – 84 (20.3%). The model was built by the least squares method (linear regression, significance of parameters p<0.05 by t-test, STATISTICA 10.0). Results: the model included seven predictors – peri-implant probing depth, width of keratinized mucosa, degree of bone resorption, number of placed implants, presence of peri-implant mucositis, bleeding on probing and history of periodontitis. The largest positive contribution to the integral risk index (RK) was made by bone resorption (β=0.2051), peri-implant mucositis (β=0.1452) and history of periodontitis (β=0.1242). The coefficient of determination was R^2=0.81. Diagnostic ranges were defined: RK<0.42 – low, 0.42≤RK<0.63 – intermediate, RK≥0.63 – high risk. Conclusion: the developed model can be regarded as a tool for a personalized approach to the management of patients after dental implantation, enabling timely identification of patients at risk and optimization of preventive measures.*

Keywords: *peri-implantitis, dental implantation, risk prediction, mathematical model, clinical and anamnestic factors, personalized dentistry.*

Дентальная имплантация является высокоэффективным методом реабилитации пациентов с частичной и полной потерей зубов. Несмотря на высокие показатели выживаемости имплантатов, воспалительные заболевания периимплантатных тканей, прежде всего периимплантит, остаются одной из основных причин нарушения функции имплантатов и потери окружающей костной ткани [8, 9, 15]. Согласно современным представлениям, периимплантит характеризуется воспалением тканей вокруг функционирующего имплантата, сопровождающимся кровоточивостью при зондировании, увеличением глубины периимплантатного кармана и прогрессирующей резорбцией альвеолярной кости [8, 11, 12].

По данным систематических обзоров, распространённость периимплантита достигает 20–25% среди пациентов с дентальными имплантатами, что обусловливает высокую клиническую значимость проблемы [9, 10]. Заболевание имеет многофакторный характер и ассоциировано с неудовлетворительной гигиеной полости рта, курением, заболеваниями пародонта в анамнезе, сахарным диабетом и другими локальными и системными факторами риска [6, 14, 15].

Результаты отечественных и региональных исследований также подтверждают значимость комплексной оценки клинических и анамнестических факторов при прогнозировании осложнений дентальной имплантации. Показано, что своевременное выявление пациентов группы риска повышает эффективность профилактических мероприятий и снижает вероятность развития периимплантита [1–3].

Вместе с тем вопросы комплексной количественной оценки факторов риска и разработки интегральных прогностических моделей остаются недостаточно изученными, что определяет актуальность настоящего исследования.

Цель исследования: разработка интегральной математической модели оценки индивидуального риска развития периимплантита на основании наиболее информативных клинических и анамнестических факторов.

Материал и методы. Сформирован информационный массив, включающий результаты комплексного клинического обследования 414 пациентов, проходивших лечение с применением дентальных имплантатов. В зависимости от состояния периимплантатных тканей согласно современным диагностическим критериям [8, 11, 15] пациенты распределены на две группы: периимплантатное здоровье – 330 (79,7%) пациентов, периимплантит – 84 (20,3%) пациента (рис. 1).

Зависимой переменной модели служило наличие или отсутствие периимплантита. В качестве потенциальных предикторов первоначально рассматривался широкий спектр клинических, рентгенологических и анамнестических показателей, характеризующих состояние периимплантатных тканей, особенности проведённого лечения и индивидуальные факторы риска пациента. После корреляционного анализа и последовательного отбора переменных в окончательную модель включали только статистически значимые показатели, обладающие наибольшей прогностической ценностью [4, 5].

Статистическая обработка сформированного информационного массива позволила определить наиболее информативные показатели, которые легли в основу построения линейной интегральной характеристики прогнозирования риска (уровня) развития периимплантита. Математическую модель строили методом наименьших квадратов в виде:

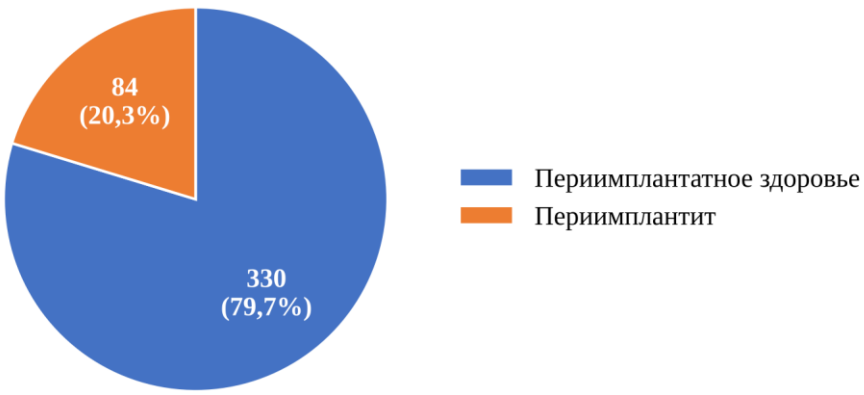


Рис. 1. Распределение пациентов по клиническому состоянию периимплантатных тканей (n=414).

$$\Psi(x) = \Sigma\, a(i)\cdot x(i) + a(0),\ \ i = 1, \ldots, n, \qquad (1)$$

где Ψ(x) – интегральный показатель риска (форма течения патологического процесса); a(i) – весовые коэффициенты признаков; x(i) – значения признаков (клинических и анамнестических показателей); a(0) – свободный член.

Параметры модели определяли с учётом критерия минимизации:

$$E[\Psi(x) - S]^2 \rightarrow \min, \qquad (2)$$

где E – оператор математического ожидания; S – форма течения патологического процесса (наличие или отсутствие периимплантита) по экспериментальным данным.

Выбор метода наименьших квадратов обусловлен тем, что при исследовании медицинских процессов приходится иметь дело с данными статистического характера, поэтому статистическая обработка служит одним из этапов анализа информации практически в каждой медицинской задаче. Для выявления закономерностей, то есть построения математических моделей, используется регрессионный анализ, базовым методом которого является метод наименьших квадратов. Этот метод всесторонне изучен и имеет несколько теоретических обоснований: оценки МНК обладают минимально возможной дисперсией в классе всех линейных несмещённых оценок и являются наилучшими линейными несмещёнными оценками неизвестных параметров функции [4, 5].

При построении модели на её параметры накладывалось условие значимости на уровне $p<0,05$ по t-критерию. Качество модели оценивали по коэффициенту детерминации (R^2), отражающему долю вариабельности зависимой переменной, объясняемую совокупностью включённых предикторов [4, 5]. Все расчёты выполняли с использованием программного пакета STATISTICA 10.0.

Результаты и обсуждение. В результате расчётов получена модель прогнозирования риска (уровня) развития периимплантита:

$$RK = -0,4460 + 0,0938\cdot x4 + 0,0564\cdot x5 + 0,2051\cdot x6 - 0,0476\cdot y4 + 0,1452\cdot y5 - 0,1455\cdot y14 + 0,1242\cdot y16, \qquad (3)$$

где x4 – глубина периимплантатного кармана (PD, мм); x5 – ширина кератинизированной слизистой оболочки (мм); x6 – степень резорбции кости; y4 – количество установленных имплантатов; y5 – наличие периимплантатного мукозита; y14 – кровоточивость при зондировании (BOP); y16 – пародонтит в анамнезе.

На рис. 2 представлены семь наиболее информативных переменных, включённых в окончательную прогностическую модель. Каждая из них имела статистически значимую связь с риском развития периимплантита и вносила самостоятельный вклад в расчёт интегрального показателя риска; именно эти предикторы легли в основу индивидуального прогнозирования.



Рис. 2. Предикторы развития периимплантита: относительный вклад в интегральный показатель риска по модулю коэффициентов регрессии |β|.

Примечание: вклад положительный для глубины периимплантатного кармана (PD), ширины кератинизированной слизистой оболочки, степени резорбции кости, наличия периимплантатного мукозита и пародонтита в анамнезе; отрицательный – для количества установленных имплантатов и кровоточивости при зондировании (BOP).

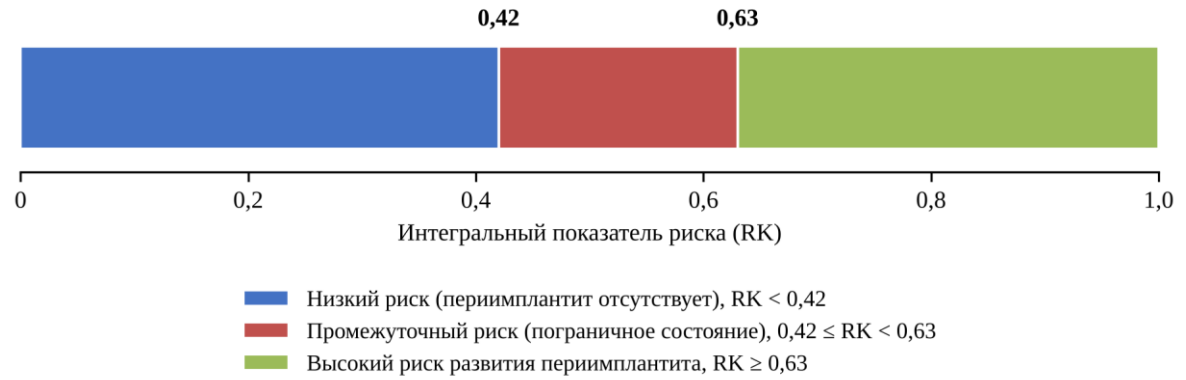


Рис. 3. Диагностические диапазоны интегрального показателя риска развития периимплантита.

Полученные коэффициенты регрессии свидетельствуют, что наибольший положительный вклад в формирование интегрального показателя риска вносят выраженность резорбции периимплантатной кости (β=0,2051), наличие периимплантатного мукозита (β=0,1452) и пародонтит в анамнезе (β=0,1242) [1, 3]. Увеличение глубины периимплантатного кармана сопровождается последовательным ростом расчётного риска развития периимплантита. Эти результаты согласуются с современными представлениями о патогенезе заболевания, согласно которым воспалительные изменения мягких тканей и прогрессирующая утрата костной поддержки являются ключевыми звеньями развития периимплантита [7, 8, 13, 15].

Для практического применения модели определены три диагностических диапазона интегрального показателя риска (рис. 3): RK<0,42 – низкий риск (периимплантит отсутствует), 0,42≤RK<0,63 – промежуточный риск (пограничное состояние), RK≥0,63 – высокий риск развития периимплантита [4, 5].

Использование пороговых значений позволяет стратифицировать пациентов по степени риска и определить необходимость профилактических мероприятий, изменения периодичности поддерживающей терапии и усиленного клинического контроля [1, 6].

Полученное значение R^2=0,81 свидетельствует о высокой объясняющей способности модели: около 81% вариабельности риска развития периимплантита определяется включёнными в модель клиническими показателями, и лишь незначительная часть обусловлена действием иных, неучтённых факторов. Такое значение коэффициента детерминации характеризует модель как обладающую высокой прогностической точностью и хорошей согласованностью с экспериментальными данными.

На рис. 4 представлено сравнение наблюдаемых и расчётных значений интегрального показателя риска. Расчётные значения в большинстве наблюдений группируются вокруг фактических (0 – отсутствие, 1 – наличие периимплантита), что указывает на высокую согласованность прогнозируемых и фактических значений. Выраженных систематических отклонений не наблюдается, характер распределения значений свидетельствует об удовлетворительной калибровке модели на исследуемой выборке.

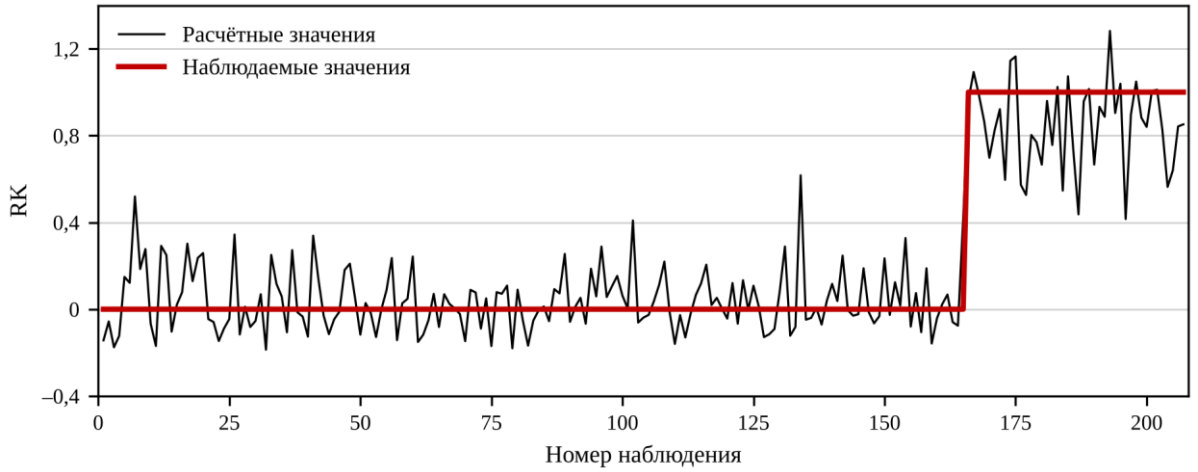


Рис. 4. Наблюдаемые и расчётные значения интегрального показателя риска развития периимплантита.

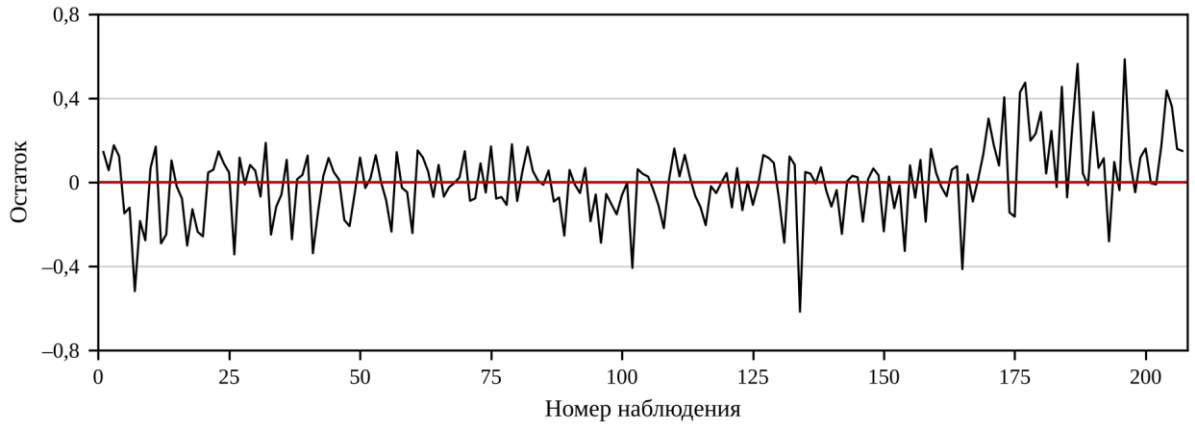


Рис. 5. Распределение остатков регрессионной модели.

Полученные данные подтверждают точность прогностического алгоритма и возможность его использования для индивидуализированной оценки риска развития периимплантита в клинической практике.

На рис. 5 приведён график распределения остатков модели, отражающих разность между наблюдаемыми и расчётными значениями. Отсутствие выраженной систематической тенденции и равномерное распределение остатков относительно нулевой линии свидетельствуют о корректности построенной модели, отсутствии существенных систематических ошибок прогнозирования и достаточной устойчивости полученной регрессионной зависимости.

Заключение. Разработанная интегральная математическая модель обеспечивает объективную количественную оценку индивидуального риска развития периимплантита на основании комплекса клинических и анамнестических факторов (R^2=0,81).

Практическое применение предложенного алгоритма позволяет своевременно выявлять пациентов группы высокого риска, оптимизировать индивидуальные программы поддерживающей терапии и повысить эффективность профилактики воспалительных осложнений после дентальной имплантации.

Разработанная модель может рассматриваться как инструмент персонализированного подхода к ведению пациентов после дентальной имплантации.

Литература:

1. Адилов К.З., Ризаев Ж.А., Адилова Ш.Т. Peri-implant health and implant survival: a review of prevalence, trends, and clinical aspects // Integrative Dentistry and Maxillofacial Surgery. 2026. Vol. 5, № 2(14). DOI: 10.57231/j.idmfs.2026.5.2.007.

2. Бекжанова О.Е., Беленова И.А., Заитханов А.А. Факторы риска при выполнении дентальной имплантации // Актуальные проблемы стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. 2022. № 1(01). С. 93–94. DOI: 10.71337/inlibrary.uz.problems-dentistry.14806.

3. Ковалев Е.А., Медведев Г.А. Теория вероятностей и математическая статистика для экономистов: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / под общ. ред. Г.А. Медведева. М.: Юрайт, 2016. 284 с. ISBN 978-5-9916-5950-5.

4. Кундузов О.Ш., Ризаев Ж.А., Хазратов А.И., Раджабий М.А., Рустамова Д.А. Доказательства роли стресса в заболеваниях пародонта (обзорная статья) // Журнал стоматологии и краниофациальных исследований. 2023. Т. 4, № 3. DOI: 10.5281/zenodo.8419382. Страница публикации.

5. Мелкумян Т.В., Иминжонова Г.Р., Дадамова А.Д. Frequent complications of dental implantation (Частые осложнения дентальной имплантации) // Актуальные проблемы стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. 2022. № 1(01). С. 55–56. DOI: 10.71337/inlibrary.uz.problems-dentistry.14788.

6. Ризаев Ж.А., Бекмуратов Л.Р. Implant qo‘yishda alveolar yumshoq to‘qimalarni saqlash uchun soket qalqon texnikasi // O‘zbekiston tibbiyot ilmi. 2023. Т. 2, № 4. С. 15–20. DOI: 10.56121/2181-3612-2023-4-15-20. Страница публикации.

7. Ризаев Ж.А., Хаджиметов А.А., Хаджиметов А.А. Роль микрофлоры в развитии пародонтита у больных кардиоваскулярной патологией // Журнал стоматологии и краниофациальных исследований. 2020. Т. 1, № 2. С. 42–47. DOI: 10.26739.2181-0966-2020-2-9.

8. Ризаев Ж.А., Шадманов А.А. Оптимизация хирургического этапа дентальной имплантации // Журнал стоматологии и краниофациальных исследований. 2020. Т. 1, № 3. С. 13–16. DOI: 10.26739.2181-0966-2020-3-2.

9. Ризаев Ж.А., Шадманов А.А., Кубаев А.С., Олимжонов К.Ж. Роль компьютерного моделирования при дентальной имплантологии в современной стоматологии // Журнал стоматологии и краниофациальных исследований. 2021. Т. 2, № 1. С. 50–55. DOI: 10.26739.2181-0966-2021-1-12. Страница публикации.

10. Ризаев Ж.А., Шодмонов А.А. Стабильности дентальных имплантов // Журнал стоматологии и краниофациальных исследований. 2023. Т. 4, № 1. DOI: 10.5281/zenodo.7810136. Страница публикации.
11. Ризаев Ж.А., Шодмонов А.А., Олимжонов К.Ж. Периимплантиты — ранние осложнения при дентальной имплантации // Журнал биомедицины и практики. 2021. Т. 6, № 1. С. 28–33. DOI: 10.26739/2181-9300-2021-1-4.
12. Ризаев Ж.А., Шодмонов А.А., Раджабий М.А. Оценка точности установки дентальных имплантатов // Журнал стоматологии и краниофациальных исследований. 2023. Т. 4, № 2. DOI: 10.5281/zenodo.8033076. Страница публикации.
13. Ризаев Ж.А., Шодмонов А.А., Раджабий М.А. The role of the implant stability coefficient in dental implantation // Journal of Biomedicine and Practice. 2023. Vol. 8, № 2. P. 10–14. DOI: 10.5281/zenodo.7894388. Страница публикации.
14. Ризаев Ж.А., Юнусханова К.Ш. Патобиологические взаимодействия ревматоидного артрита и заболевания пародонта // Медицина и инновации. 2021. Т. 1, № 2. С. 37–40. DOI: 10.71337/inlibrary.uz.medicine_and_innovations.62.
15. Семенов В.А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. СПб.: Питер, 2013. 192 с. ISBN 978-5-496-00120-5.
16. Якупов Б.А., Гуляева О.А., Аверьянов С.В., Лакман И.А. Профилактика периимплантита в области дентальных имплантатов у пациентов с генерализованным пародонтитом в анамнезе // Институт стоматологии. 2024. № 2(103). С. 39–41. Источник.
17. Berglundh T., Armitage G., Araujo M.G., et al. Peri-implant diseases and conditions: consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions // Journal of Clinical Periodontology. 2018. Vol. 45, Suppl. 20. P. S286–S291. DOI: 10.1111/jcpe.12957.
18. Berglundh T., Zitzmann N.U., Donati M. Are peri-implantitis lesions different from periodontitis lesions? // Journal of Clinical Periodontology. 2011. Vol. 38, Suppl. 11. P. 188–202. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2010.01672.x.
19. Derks J., Tomasi C. Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology // Journal of Clinical Periodontology. 2015. Vol. 42, Suppl. 16. P. S158–S171. DOI: 10.1111/jcpe.12334.
20. Diaz P., Gonzalo E., Gil Villagra L.J., et al. What is the prevalence of peri-implantitis? A systematic review and meta-analysis // BMC Oral Health. 2022. Vol. 22. Article 449. DOI: 10.1186/s12903-022-02493-8.
21. Heitz-Mayfield L.J.A., Salvi G.E. Peri-implant mucositis // Journal of Clinical Periodontology. 2018. Vol. 45, Suppl. 20. P. S237–S245. DOI: 10.1111/jcpe.12953.
22. Klinge B., Meyle J. Peri-implant tissue destruction. The Third EAO Consensus Conference 2012 // Clinical Oral Implants Research. 2012. Vol. 23, Suppl. 6. P. 108–110. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2012.02555.x.
23. Monje A., Pons R., Insua A., Nart J., Wang H.-L., Schwarz F. Morphology and severity of peri-implantitis bone defects // Clinical Implant Dentistry and Related Research. 2019. Vol. 21, № 4. P. 635–643.
24. Renvert S., Polyzois I. Risk indicators for peri-implant mucositis: a systematic literature review // Journal of Clinical Periodontology. 2015. Vol. 42, Suppl. 16. P. S172–S186. DOI: 10.1111/jcpe.12346.
25. Schwarz F., Derks J., Monje A., Wang H.-L. Peri-implantitis // Journal of Clinical Periodontology. 2018. Vol. 45, Suppl. 20. P. S246–S266.

ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ПЕРИИМПЛАНТИТА

Адилов К.З., Ризаев Ж.А., Адилова Ш.Т.

Резюме. *Цель исследования: разработка интегральной математической модели оценки индивидуального риска развития периимплантита на основании наиболее информативных клинических и анамнестических факторов. Материал и методы: проанализированы результаты комплексного клинического обследования 414 пациентов, проходивших лечение с применением дентальных имплантатов: периимплантатное здоровье – 330 (79,7%), периимплантит – 84 (20,3%). Модель построена методом наименьших квадратов (линейная регрессия, значимость параметров $p<0,05$ по t-критерию, STATISTICA 10.0). Результаты: в модель включены семь предикторов – глубина периимплантатного кармана, ширина кератинизированной слизистой оболочки, степень резорбции кости, количество установленных имплантатов, наличие периимплантатного мукозита, кровоточивость при зондировании и пародонтит в анамнезе. Наибольший положительный вклад в интегральный показатель риска (RK) вносили резорбция кости ($\beta=0,2051$), периимплантатный мукозит ($\beta=0,1452$) и пародонтит в анамнезе ($\beta=0,1242$). Коэффициент детерминации составил $R^2=0,81$. Определены диагностические диапазоны: $RK<0,42$ – низкий, $0,42\leq RK<0,63$ – промежуточный, $RK\geq0,63$ – высокий риск. Заключение: разработанная модель может рассматриваться как инструмент персонализированного подхода к ведению пациентов после дентальной имплантации, позволяющий своевременно выявлять пациентов группы риска и оптимизировать профилактические мероприятия.*

Ключевые слова: *периимплантит, дентальная имплантация, прогнозирование риска, математическая модель, клинико-анамнестические факторы, персонализированная стоматология.*