



The importance of bone architectonics in the planning of dental implantation

K. SHOMURODOV¹, O. IDIEV²

Tashkent State Dental Institute

Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sino

ARTICLE INFO

Article history:

Received April 2024

Received in revised form

10 May 2024

Accepted 25 May 2024

Available online

15 August 2024

ABSTRACT

The quality of the alveolar bone is important in the success of dental implantation and long-term results. Currently, none of the classifications of bone architectonics fully reflects the full variability of the ratio of compact and trabecular bone. This review is devoted to the analysis of scientific literature devoted to the systematization of varieties of alveolar bone architectonics and the assessment of their impact on the outcome of dental implantation. The results indicate the need for additional research to improve the classification of bone structure variants in the area of planned implantation.

2181-3663/© 2024 in Science LLC.

DOI: <https://doi.org/10.47689/2181-3663-vol3-iss4-pp42-51>

This is an open-access article under the Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Keywords:
dental implantation,
bone architectonics,
cortical plate,
trabecular bone,
CBCT,
artificial intelligence,
periimplantitis.

Дентал имплантасияни режалашибиришда суяк тўқимаси архитектоникасининг аҳамияти

АННОТАЦИЯ

Калим сўзлар:

тиш имплантацияси,
суяк архитектоникаси,
кортикал пластишка,
трабекуляр суяк,
СБСТ,
сунъий интеллект,
периимплантит.

Алвеоляр суякнинг сифати тиш имплантациясининг муваффақияти ва узоқ муддатли натижаларда муҳим аҳамиятга ега. Ҳозирги вақтда суяк архитектоникаси таснифларининг ҳеч бири ихчам ва трабекуляр суяк нисбатининг тўлиқ ўзгарувчанлигини тўлиқ акс еттирамайди. Ушбу шарҳ алвеоляр суяк архитектоникаси навларини тизимлашибиришга ва уларнинг тиш имплантацияси натижаларига таъсирини баҳолашга бағишиланган илмий адабиётларни таҳлил қилишга

¹ DSc, Head of the Department of Maxillofacial Surgery, Tashkent State Dental Institute.

² PhD, Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics, Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sino.

бағишиланган. Натижалар режалаштирилган имплантация соҳасида суяқ тузилиши вариантларининг таснифини яхшилаш учун қўшимча тадқиқотлар ўтказиш зарурлигини кўрсатади.

Значение архитектоники костной ткани в планировании дентальной имплантации

АННОТАЦИЯ

Ключевые слова:

дентальная имплантация,
архитектоника кости,
кортикальная пластинка,
трабекулярная кость,
КЛКТ,
искусственный интеллект,
перимплантит.

Качество альвеолярной кости имеет важное значение в успешности дентальной имплантации и отдалённых результатов. В настоящее время ни одна из классификаций по архитектонике костной ткани не отражает в полной мере всю вариабельность соотношения компактной и трабекулярной кости. Настоящий обзор посвящён анализу научной литературы, посвящённой систематизации разновидностей архитектоники альвеолярной кости и оценке их влияния на исход дентальной имплантации. Результаты указывают на необходимость дополнительных исследований с целью усовершенствования классификации вариантов строения костной ткани в зоне планируемой имплантации.

В дентальной имплантации существует множество факторов риска, такие как более низкие анатомические структуры и недостаточное расстояние между имплантатами, расположение имплантата с различными характеристиками альвеолярной кости, инфекция, курение, хирургическая процедура и планирование операции, а также медицинские осложнения, такие как остеопения/остеопороз и сахарный диабет.

Фактически, рентгенографическая информация может отразить несколько факторов риска, которые могут повлиять на результат имплантации, включая недостаточный объем кости, неблагоприятное качество кости, а также потерю костной массы пародонта. Николиело и др. было высказано предположение, что предоперационная структура трабекулярной кости нижней челюсти по данным конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) может служить важным показателем риска раннего отторжения имплантата. Это подтверждается клиническими наблюдениями о том, что отторжение имплантата чаще наблюдается в плотной кости, которая обычно характеризуется низким уровнем кровотока. Кроме того, в исследованиях использовались рентгенографические изображения для создания моделей прогнозирования имплантации. Хотя КЛКТ имеет очевидное преимущество в виде трехмерного изображения, этот метод, как правило, требует более высокой дозы облучения по сравнению с обычными 2-мерными панорамными или прицельными снимками [1, 3].

Более того, в большинстве случаев КЛКТ используется для предоперационной диагностики и планирования операции. Однако послеоперационное применение КЛКТ ограничено из-за артефактов из титана и чрезмерной дозы облучения по сравнению с прицельными снимками, что может

привести к недостаточной остеоинтеграции, краевой потере костной массы или несостоятельности имплантата [2, 4, 5].

Долгое время успешная остеоинтеграция имплантата была напрямую связана с количеством и плотностью кости [9], при этом более высокая частота отторжения наблюдалась в костях с низкой плотностью, таких как задняя часть верхней челюсти. В настоящее время успешность реабилитации с использованием имплантатов в задней части верхней челюсти стала более предсказуемой благодаря изменениям в обработке поверхности имплантатов и новым хирургическим методам. Это привело к изменению представлений о качестве костей. Качество костей зависит не только от содержания или количества минералов, но и от структуры. Склерозированная кость, вызванная хроническими инфекциями или лечением бисфосфонатами, не является идеальным местом для имплантации, хотя она по-прежнему имеет более высокую плотность костной ткани. Напротив, хорошо структурированная тонкая трабекулярная кость может указывать на высокую васкуляризацию области, что может способствовать более быстрой регенерации кости вокруг имплантата. Следовательно, перед операцией следует учитывать другие параметры, такие как трабекулярная структура в месте установки имплантата, чтобы помочь врачу выбрать подходящий протокол имплантации [6, 7].

Архитектоника кости – термин, обозначающий пропорциональное соотношение компактного и губчатого вещества костной ткани, при этом дополнительно учитывается плотность трабекул губчатого слоя.

Одним из современных требований к планированию дентальной имплантации является учет архитектоники кости в области установки имплантата. Данное положение наиболее полно раскрыто в классификации качества костной ткани челюстей C.E. Misch, которая описывает варианты архитектоники и приводит клинические характеристики каждого фенотипа применительно к причинам и методам предупреждения осложнений дентальной имплантации.

C.E. Misch также изучил встречаемость фенотипов кости в различных отделах челюстей. Фенотип D1 встречается на нижней челюсти в 9% случаев, в ментальном отделе в 2 раза чаще, чем в боковом. Фенотип D2 наиболее характерен для нижней челюсти, где встречается в половине случаев в дистальных отделах и в 66% случаев во фронтальном отделе, но также наблюдается на верхней челюсти: в четверти случаев в переднем отделе и в 10% – в боковых отделах. Фенотип D3 на верхней челюсти наблюдается в 65% случаев в переднем отделе и в 50% – в заднем отделе. На нижней челюсти кость D3 встречается менее чем в половине случаев в дистальных отделах и в 25% – в подбородочном отделе. Фенотип D4 на нижней челюсти встречается в 4-5% случаев, во фронтальном отделе верхней челюсти – в 10% случаев и в 40% – в заднем отделе верхней челюсти [8, 10, 11].

Наиболее часто используемый клинический метод оценки трабекулярной кости основан на субъективной оценке внутритрабекулярных пространств (от малых до больших) и степени трабекуляции (от разреженной до плотной) на двухмерных (2D) рентгенограммах.

Трехмерный (3D) анализ костной структуры стал возможен благодаря внедрению микрокомпьютерной томографии (микро-КТ), которая позволяет

количественно определять морфометрию кости с помощью параметров, первоначально разработанных в гистоморфометрии [21]. Этот метод объективно показывает структурные изменения кости после специфического медикаментозного лечения и различия между здоровой и остеопорозной костью. В имплантологии было показано, что морфометрические параметры трабекулярной кости связаны со стабильностью имплантата, что указывает на их важность для оценки качества кости перед установкой имплантата. Однако из-за ограниченного диапазона сканирования и чрезмерных доз облучения микро-КТ непригодна для клинической диагностики. Клиническое применение этого метода стало возможным только после последних достижений в технологии КЛКТ, позволяющей получить изображение трабекулярной структуры с достаточным разрешением. Параметры трабекулярной кости, полученные с помощью КЛКТ, показали значительную корреляцию с микро-КТ золотого стандарта при использовании адекватных протоколов сканирования [22, 23]. Однако до сих пор остается предметом дискуссий вопрос о том, как трабекулярный рисунок может влиять на результат имплантации.

Недостаточная надежность оценки качества кости привела к противоречивым результатам в отношении того, как это может повлиять на результат имплантации. Предыдущие исследования показали различную повторяемость результатов качественного анализа костной ткани на 2D-рентгенограммах между исследователями и тактильного восприятия. Кроме того, количественная оценка плотности костной ткани часто проводится на МСКТ-изображениях, но она не учитывает изменения плотности в пределах конкретного места имплантации и связана с более высокой дозой облучения по сравнению с КЛКТ. Исследования показали, что для точного прогнозирования приживаемости имплантата важна не только плотность костной ткани, но и структурные и биологические свойства (например, васкуляризация кости), которые играют важную роль в результатах остеointеграции. В свете этого Линд и соавт. предложил качественную классификацию, основанную на архитектуре трабекулярной кости. Авторы описали, что качественная оценка, основанная на трех классах трабекулярной сети, более надежна, чем классический индекс качества кости Лекхольма и Зарба. Тем не менее, их классификация была основана на двухмерных контактных рентгенограммах, что ограничивает пространственную характеристику трабекулярной кости [9, 12, 15].

Ранний и долгосрочный успех в значительной степени зависит от количества и качества альвеолярной кости, поскольку малое количество и несоответствующее качество альвеолярной кости может рассматриваться как фактор риска биологических осложнений, связанных с отсутствием первичной стабильности и нарушением заживления/остеоинтеграции, что может привести к раннему отторжению имплантата.

Качество кости относится к количеству и топографическому соотношению кортикальной и губчатой тканей кости, включая такие характеристики, как минеральная плотность, толщина, микроархитектура трабекул, метаболизм кости, клетки, межклеточный матрикс, васкуляризация. Плотность кости является одним из параметров качества кости, являясь ключевым фактором для развития костной ткани [11, 13, 14, 17].

Считается, что качество костной ткани является одним из наиболее важных этиологических факторов, влияющих на раннее отторжение имплантата. Для достижения этой цели обычно используется классификация Лекхольма и Зарба, которая позволяет оценить качество кости при конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) по четырем типам: тип I – полностью однородная компактная или кортикальная кость; тип II – толстый слой компактной кости, окружающий плотную трабекулярную кость; тип III – тонкий слой компактной кости, окружающей плотную трабекулярную кость; и тип IV – тонкий слой компактной кости, окружающей плотную трабекулярную кость с низкой плотностью. В связи с этим сообщалось, что в среднем «выживаемость» дентальных имплантатов, установленных в челюстях с костями I, II, III типов, снижается и составляет 97,6%, 96,2%, 96,5% и 88,8% соответственно.

Как правило, состояние челюстной кости определяется путем измерения плотности губчатой кости и толщины кортикальной или компактной кости. Кроме того, известно, что плотность губчатой кости наиболее высока в передне-челюстной области, за которой следуют передняя верхнечелюстная область, задняя нижнечелюстная область и задняя верхнечелюстная область. Напротив, сообщалось, что кортикальная кость, как правило, наиболее толстая в задней части нижней челюсти, за ней следует передняя часть нижней челюсти, передняя часть верхней челюсти и, наконец, задняя часть верхней челюсти [16, 18].

При планировании лечения очень важно определить качество костной ткани челюстей, так как крайне важно диагностировать и распознать состояние костной ткани перед установкой имплантата, чтобы принимать решения на основе полученной информации. В этом смысле КЛКТ считается одним из лучших рентгенографических методов для морфологического и качественного анализа остаточной кости, поскольку позволяет идентифицировать анатомические границы, оценить морфологию кости, объем, и качество, а также является ценным инструментом верификации для оценки распределения кортикальной и губчатой кости в челюстях. Таким образом, полезность КЛКТ на этапе предоперационного планирования основана на необходимости детальной оценки специфической анатомии пациента, необходимости применения более продвинутых хирургических методов, таких как трансплантация, скуловые имплантаты и другие. Если в результате предварительного анализа будет сделан вывод о том, что условия подходят для установки имплантата, пациент может быть немедленно записан на обследование [19].

Для оценки качества костной ткани наиболее часто используется классификация Лекхольма и Зарба. Из-за субъективности, отсутствия точности и низкого уровня взаимодействия в соответствии с классификацией качества кости, предложенной Лекхольмом и Зарбом в 1985 году, были предложены некоторые изменения для улучшения оценки качества кости с учетом всех возможных комбинаций кортикальной и губчатой костей, чтобы обеспечить рекомендации по повышению воспроизводимости классификации. Ещё не были включены такие важные характеристики, как количество и видимость костных трабекул и размер костномозговых пространств, которые имеют жизненно важное значение для определения плотности костной ткани и морфометрических параметров трабекулярной кости. Кроме того, чтобы снизить субъективность при анализе

плотности кости при КЛКТ в соответствии с классификацией Лекхольма и Зарба, целесообразно добавить и переопределить типы костей, учитываемые в этой классификации.

В связи с вышесказанным A.A.Al-Ekrish и соавт. (2018) разработали модифицированную классификацию по результатам изучения КЛКТ 47 пациентов. Авторами были выделены следующие типы костной ткани челюстей:

Тип 1: Полностью однородная компактная кость.

Тип 2а: Толстый слой плотной кости, окружающий ядро плотной трабекулярной кости.

Тип 2б: Толстый слой плотной кости, окружающий ядро трабекулярной кости средней плотности.

Тип 2с: Толстый слой плотной кости, окружающий ядро из трабекулярной кости низкой плотности.

Тип 3а: Тонкий слой плотной кости, окружающий ядро трабекулярной кости средней плотности.

Тип 4: Тонкий слой плотной кости, окружающий ядро трабекулярной кости низкой плотности [3].

J.C. Rosas-Díaz и соавт. (2022) так же предложили модифицированную классификацию Лекхольма и Зарба. На основании изучения КЛКТ 154 больных авторы выделили следующие типы кости:

Тип I: Преобладающая кортикальная кость, окружающая разреженную губчатую кость, с четкими трабекулами по всему изображению и наличием небольших видимых костномозговых пространств.

Тип II-А: Толстая кортикальная кость, окружающая обильную губчатую кость, с четкими трабекулами по всему изображению и наличием небольших видимых костномозговых пространств.

Тип II-В: Толстая кортикальная кость, окружающая обильную губчатую кость, с преобладанием диффузных трабекул в базальной кости и преобладающим наличием широких и видимых костномозговых пространств.

Тип II-С: Толстая кортикальная кость, окружающая обильную губчатую кость, с преобладанием очень толстых и острых трабекул в базальной кости, с наличием небольших и заметных костномозговых пространств.

Тип III-А: Тонкая кортикальная кость, окружающая обильную губчатую кость, с четкими трабекулами по всему изображению и наличием небольших видимых костномозговых пространств.

Тип III-Б: Тонкая кортикальная кость, окружающая обильную губчатую кость, с преобладанием диффузных трабекул и наличием диффузных костномозговых пространств.

Тип IV: Диффузная кортикальная кость, окружающая обширную губчатую кость, с преобладанием диффузных трабекул и наличием диффузных костномозговых пространств.

Тип V: Регенерированная кость; трабекулы и костномозговые пространства различной видимости и количества.

Тип VI: Кость с патологией; трабекулы и костномозговые пространства с различной видимостью и количеством [16].

Предыдущие исследования показали, что морфометрические параметры трабекулярной кости могут быть использованы в кластерном анализе для автоматического определения типов костей. Основываясь на этих параметрах, автоматический классификатор выделил три типа трехмерного трабекулярного рисунка, а именно разреженный, промежуточный и плотный. Представленные результаты показали, что в случаях отторжения имплантатов значительно чаще наблюдался разреженный тип кости. Предыдущие исследования показали, что плотная кость связана со снижением кровотока, в то время как очень мягкая кость может привести к недостаточной стабильности имплантата [20].

Как правило, анализ микроструктуры кости, а также объема кости играет важную роль в прогнозировании биомеханических свойств и риска переломов костей у пациентов с остеопорозом. В имплантологии некоторые исследования показали корреляцию между структурными параметрами трабекулы и стабильностью имплантата. Однако это остается спорным, поскольку стабильность имплантата и высокое механическое качество не всегда представляют собой высокий потенциал для биологической интеграции, а также могут быть стрессовым фактором для клеток.

Структурные характеристики кости также связаны со стимуляцией механической нагрузки, такой как жевательные движения. Передние отделы верхней и нижней челюсти обычно имеют более компактные трабекулы по сравнению с задними [21, 22].

Трабекулярная архитектура является очень сложным фактором и может иметь множество вариантов конфигурации сети даже в пределах отдельных срезов кости и между различными образцами с одинаковой долей объема кости. Образец с трабекулярной перфорацией может иметь те же значения объемной доли кости, что и образец с тонкими трабекулами.

Существующие методы оценки трехмерной архитектуры трабекулярной кости в месте установки имплантата зависят от биопсии кости во время подготовки места установки имплантата. Это инвазивные методы, и поэтому они не могут обеспечить реалистичную и клинически полезную 3D-реконструкцию всего места установки имплантата. Для точного отображения трабекулярной сети требуется размер вокселя менее 200 мкм, в противном случае трабекулярная кость может казаться размытой из-за частичных артефактов объема. Это препятствует правильной сегментации и часто приводит к завышению объема кости [23].

На сегодняшний день не существует достоверного метода объективной оценки состояния альвеолярной кости вокруг имплантатов на рентгенографических изображениях. Алгоритмы искусственного интеллекта могут стать мощным диагностическим инструментом для выявления характерных особенностей с использованием рентгенографических изображений в стоматологии. В настоящее время предполагается, что рентгенографические характеристики альвеолярной кости могут предсказывать отторжение имплантата, а некоторые методы показали эффективность при извлечении характеристик из рентгенограмм. В одном исследовании использовались КЛКТ-

изображения с алгоритмами обучения модели для анализа факторов риска, влияющих на результаты имплантации зубов.

В настоящее время набирает популярность применения искусственного интеллекта для анализа рентгенологических изображений. Так в исследовании Chunan Zhang и соавт. (2023) была предпринята попытка систематизации рентгенологических признаков с целью создания алгоритма прогнозирования риска отторжения имплантата. Набор изученных данных состоял в общей сложности из 529 прицельных рентгенограмм в трех категориях: (I) неблагоприятный исход со незначительной потерей костной массы – 91 снимок; (II) неблагоприятный исход без незначительной потери костной массы – 155 изображений; и (III) успешная дентальная имплантация (283 изображения). Набор данных также включал в себя в общей сложности 551 панорамное изображение тех же трех категорий: неблагоприятный исход со незначительной потерей костной массы – 87 изображений, неблагоприятный исход без незначительной потери костной массы – 171 изображение и успешная дентальная имплантация (293 изображения). В итоге модель глубокого обучения (deep learning model) изучала особенности периапикальных и панорамных изображений и эффективно предсказывала возникновение отторжения имплантата, что по мнению авторов может способствовать раннему клиническому вмешательству [24, 25].

Основным ограничением вышеописанного исследования является его ретроспективный характер, особенно в отношении сопоставления с полом, возрастом и профессиональными качествами хирурга-имплантолога, что могло повлиять на результаты анализа. Поскольку авторы были сосредоточены на характеристиках альвеолярной кости на рентгенологических снимках, в будущем соответствующие параметры должны включать качество кости, ее количество и состояние остеоинтеграции, перииmplантатных тканей перед нагрузкой. Кроме того, для повышения эффективности обучения и применения этой системы в клинической практике в последующих исследованиях потребуется большее количество изображений имплантатов и более длительное наблюдение. Авторы также отметили необходимость в будущем исследования объединения КЛКТ-изображений для получения более полной модели прогнозирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ:

1. Шукпаров А. Б., Шомуродов К. Э., Мирхусanova Р. С. Принципы направленной костной регенерации: критические предоперационные факторы и критерии успеха //Интегративная стоматология и челюстно-лицевая хирургия. – 2022. – Т. 1. – №. 1. – С. 10-13.
2. Шукпаров А., Шомуродов К., Мирхусanova Р. Морфологическая оценка остеорегенерации после НКР с применением различным костнопластических материалов //Stomatologiya. – 2022. – Т. 1. – №. 2-3. – С. 31-34.
3. Al-Ekrish AA, Widmann G, Alfadda SA. Revised, computed tomography-based Lekholm and Zarb jawbone quality classification. Int J Prosthodont 2018;31:342-5.
4. Bayadilovich, Shukparov Asylbek, and Shomurodov Kakhramon Erkinovich. "THE ROLE OF PRELIMINARY EXPANSION OF SOFT TISSUES BEFORE GBR." World Bulletin of Public Health 13 (2022): 206-209.

5. Dutta SR, Passi D, Singh P, Atri M, Mohan S, Sharma A. Risks and complications associated with dental implant failure: Critical update. *Natl J Maxillofac Surg* 2020;11:14-9.
6. Goiato MC, dos Santos DM, Santiago JF Jr, Moreno A, Pellizzer EP. Longevity of dental implants in type IV bone: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2014;43:1108-16.
7. Huang, Y., Dessel, J. V., Depypere, M., EzEldeen, M., Iliescu, A. A., Santos, E. D., ... Jacobs, R. (2014). Validating cone-beam computed tomography for peri-implant bone morphometric analysis. *Bone Research*, 2, 14010.
8. Ibrahim, N., Parsa, A., Hassan, B., van der Stelt, P., & Wismeijer, D. (2013). Diagnostic imaging of trabecular bone microstructure for oral implants: A literature review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(3), 20120075.
9. Kang SR, Bok SC, Choi SC, Lee SS, Heo MS, Huh KH, et al. The relationship between dental implant stability and trabecular bone structure using cone-beam computed tomography. *J Periodontal Implant Sci* 2016;46:116-27.
10. Kim, J.E. et al. Transfer learning via deep neural networks for implant fixtures system classification using periapical radiographs. *J. Clin. Med.* 9, 1117 (2020).
11. Li J, Yin X, Huang L, Mouraret S, Brunski JB, Cordova L, et al. Relationships among bone quality, implant osseointegration, and wnt signaling. *J Dent Res* 2017;96:822-31.
12. Nackaerts, O., Depypere, M., Zhang, G., Vandenberghe, B., Maes, F., & Jacobs, R. (2015). Segmentation of trabecular jaw bone on cone beam CT datasets. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(6), 1082–1091.
13. Nicolielo LFP, Van Dessel J, Jacobs R, Quirino Silveira Soares M, Collaert B. Relationship between trabecular bone architecture and early dental implant failure in the posterior region of the mandible. *Clin Oral Implants Res* 2020;31:153-61.
14. Oliveira MR, Gonçalves A, Gabrielli MAC, de Andrade CR, Vieira EH, Pereira-Filho VA. Evaluation of alveolar bone quality: Correlation between histomorphometric analysis and Lekholm and Zarb classification. *J Craniofac Surg* 2021;32:2114-8.
15. Park, W., Huh, J. K., & Lee, J. H. (2023). Automated deep learning for classification of dental implant radiographs using a large multi-center dataset. *Scientific reports*, 13(1), 4862.
16. Rosas-Díaz JC, Córdoba-Limaylla NE, Palomino- Zorrilla JJ, Guerrero ME, Carreteros R, Cervantes-Ganoza LA, et al. Repeatability and reproducibility of a modified Lekholm and Zarb bone quality classification based on cone beam computed tomography: An observations study. *J Int Soc Prevent Commununit Dent* 2024;14:278-86.
17. Sargolzaie N, Samizade S, Arab H, Ghanbari H, Khodadadifard L, Khajavi A. The evaluation of implant stability measured by resonance frequency analysis in different bone types. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2019;45:29-33.
18. Sargolzaie N, Samizade S, Arab H, Ghanbari H, Khodadadifard L, Khajavi A. The evaluation of implant stability measured by resonance frequency analysis in different bone types. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2019;45:29-33.
19. Shukparov A. B., Shomurodov K. E., Mirkhushanova R. S. Morphometry of bone biopsies after GBR using various osteoplastic materials // Integrative dentistry and maxillofacial surgery. – 2022. – T. 1. – №. 2. – C. 22-27.
20. Simons, W. F., De Smit, M., Duyck, J., Coucke, W., & Quirynen, M. (2015). The proportion of cancellous bone as predictive factor for early marginal bone loss around

implants in the posterior part of the mandible. *Clinical Oral Implants Research*, 26(9), 1051-1059.

21. Van Dessel, J., Huang, Y., Depypere, M., Rubira-Bullen, I., Maes, F., & Jacobs, R. (2013). A comparative evaluation of cone beam CT and micro-CT on trabecular bone structures in the human mandible. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(8), 20130145.

22. Van Dessel, J., Nicolielo, L., Huang, Y., Coudyzer, W., Salmon, B., Lambrechts, I., & Jacobs, R. (2017). Accuracy and reliability of different cone beam computed tomography (CBCT) devices for structural analysis of alveolar bone in comparison with multislice CT and micro-CT. *European Journal of Oral Implantology*, 10(1), 95-105.

23. Van Dessel, J., Nicolielo, L., Huang, Y., Slagmolen, P., Politis, C., Lambrechts, I., & Jacobs, R. (2016). Quantification of bone quality using different cone beam computed tomography devices: Accuracy assessment for edentulous human mandibles. *European Journal of Oral Implantology*, 9(4), 411-424.

24. Wang SH, Shen YW, Fuh LJ, Peng SL, Tsai MT, Huang HL, et al. Relationship between cortical bone thickness and cancellous bone density at dental implant sites in the jawbone. *Diagnostics (Basel)* 2020;10:710.

25. Wang SH, Shen YW, Fuh LJ, Peng SL, Tsai MT, Huang HL, et al. Relationship between cortical bone thickness and cancellous bone density at dental implant sites in the jawbone. *Diagnostics (Basel)* 2020;10:710.