

MEDICAL SCIENCES

COMPUTERIZED OCCLUSAL ANALYSIS OF THE DENTAL ARCHES IN PATIENTS WITH CONGENITAL CLEFT LIP AND PALATE USING THE T-SCAN® III SYSTEM

Taalaibekov N.

*ORCID: 0000-0002-1652-6432, Candidate of Medical Sciences,
Osh State University, Osh, Kyrgyzstan.*

Eshiev A.

*ORCID: 0000-0003-2617-8360, SPIN code: 6447-6287,
Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the
Kyrgyz Republic,
Osh State University, Osh, Kyrgyzstan,*

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОККЛЮЗИОГРАФИЯ ЗУБНЫХ РЯДОВ У ПАЦИЕНТОВ С ВРОЖДЁННЫМИ РАСЩЕЛИНАМИ ГУБЫ И НЁБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ T-SCAN® III

Таалайбеков Н.Т.

*ORCID: 0000-0002-1652-6432, к.м.н.,
Ошский государственный университет. Ош, Кыргызстан,*

Ешиев А. М.

*ORCID: 0000-0003-2617-8360, SPIN-код: 6447-6287,
д-р мед. наук, профессор, член-корр. НАН КР,
Ошский государственный университет,
г. Ош, Кыргызстан*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21649092>

Abstract

The aim of this study was to quantitatively assess static and dynamic occlusal relationships of the dental arches in patients with congenital cleft lip and palate using the T-Scan® III system. Computerized occlusal analysis was performed in 360 patients with congenital cleft lip and palate. The examination was conducted in habitual central occlusion and during protrusive and lateral mandibular movements. The distribution of relative occlusal load between the right and left sides, the position and trajectory of the center of force, the sequence of occlusal contact formation, occlusion time, and the relative intensity of contacts were assessed. Uneven distribution of occlusal load between the right and left sides was detected in 297 patients (82.5%). A balanced distribution of occlusal forces within the 40–60% range was recorded in only 63 patients (17.5%). In 297 patients (82.5%), initial contacts occurred predominantly in the posterior regions of the dental arches, followed by the formation of multiple contacts, indicating impaired synchronization of dental arch closure. Pronounced premature contacts involving individual teeth were identified in 46 patients (12.8%). These contacts were accompanied by changes in the trajectory of the center of force and redistribution of occlusal load to the contralateral side. Thus, most patients with congenital cleft lip and palate demonstrated marked asymmetry in occlusal load distribution and an altered sequence of dental arch closure. Computerized occlusal analysis provides an objective assessment of functional occlusal disorders and may be incorporated into a comprehensive protocol for planning orthodontic treatment and evaluating its outcomes.

Аннотация

Цель исследования — провести количественную оценку статических и динамических окклюзионных взаимоотношений зубных рядов у пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба с использованием системы T-Scan® III. Компьютерная окклюзиография проведена у 360 пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба. Исследование выполняли в положении привычной центральной окклюзии, а также при протрузионных и латеральных движениях нижней челюсти. Оценивали распределение относительной окклюзионной нагрузки между правой и левой сторонами, положение и траекторию центра суммарной силы, последовательность возникновения контактов, продолжительность окклюзионного времени и относительную интенсивность контактов. Неравномерное распределение жевательной нагрузки между правой и левой сторонами выявлено у 297 (82,5%) пациентов. Сбалансированное распределение окклюзионных сил в пределах 40–60% зарегистрировано только у 63 (17,5%) обследованных. У 297 (82,5%) пациентов первоначальные контакты возникали преимущественно в боковых отделах зубных рядов с последующим формированием множественных контактов, что свидетельствовало о нарушении синхронности смыкания. Выраженные преждевременные контакты отдельных зубов определены у 46 (12,8%) пациентов. Они сопровождались изменением траектории движения центра суммарной силы и перераспределением жевательной нагрузки на противоположную сторону. Таким образом, у большинства пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба выявлены выраженная асимметрия распределения окклюзионной нагрузки и нарушение последовательности смыкания зубных рядов. Компьютерная окклюзиография позволяет

объективизировать диагностику функциональных нарушений окклюзии и может быть включена в комплексный протокол планирования и оценки результатов ортодонтического лечения.

Keywords: congenital cleft lip and palate, computerized occlusal analysis, T-Scan® III, occlusal load, center of force, premature contacts, digital diagnostics.

Ключевые слова: врождённая расщелина губы и нёба, компьютерная окклюзиография, T-Scan® III, окклюзионная нагрузка, центр силы, преждевременные контакты, цифровая диагностика.

Введение. Окклюзия представляет собой сложную функциональную систему взаимоотношений зубных рядов, жевательных мышц и височно-нижнечелюстных суставов, обеспечивающую координированное смыкание зубов, эффективное пережёвывание пищи и физиологическое распределение нагрузки на ткани пародонта. Нарушение последовательности формирования окклюзионных контактов, наличие супраконтактов и неравномерное распределение жевательного давления могут сопровождаться функциональной перегрузкой отдельных зубов, изменением положения нижней челюсти, нарушением работы жевательных мышц и снижением устойчивости достигнутых результатов ортодонтического и ортопедического лечения [1, 2, 3].

Традиционная оценка окклюзии проводится с использованием артикуляционной бумаги, окклюзионной фольги, восковых пластинок, силиконовых материалов и диагностических моделей. Эти методы позволяют определить локализацию контактов, однако не дают объективной количественной информации о последовательности их возникновения, продолжительности смыкания и относительной силе нагрузки. Размер и интенсивность отпечатка артикуляционной бумаги зависят от её толщины, влажности поверхности зуба, направления движения нижней челюсти и давления пациента. В связи с этим визуальная интерпретация окклюзионных меток во многом носит субъективный характер [4, 5].

Развитие цифровых технологий способствовало внедрению компьютерной окклюзиографии, которая позволяет регистрировать окклюзионные взаимоотношения в режиме реального времени. Одной из наиболее распространённых систем является аппаратно-программный комплекс T-Scan®, регистрирующий временную последовательность возникновения контактов, их относительную интенсивность, распределение нагрузки между правой и левой сторонами зубных рядов, положение центра суммарной силы и траекторию его перемещения. Полученные данные отображаются в двух- и трёхмерном формате, что обеспечивает наглядную количественную оценку статической и динамической окклюзии [5, 6, 7].

Принципиальным преимуществом компьютерной окклюзиографии является возможность анализа процесса смыкания зубных рядов от момента появления первого контакта до достижения максимальной интеркуспидации. Система позволяет определить преждевременные контакты, оценить окклюзионное время, выявить участки функциональной перегрузки, асимметрию распределения

жевательной нагрузки, а также нарушения при протрузионных и латеральных движениях нижней челюсти. При этом T-Scan® регистрирует не абсолютную силу в ньютонах, а относительное процентное распределение окклюзионной нагрузки, что необходимо учитывать при интерпретации результатов [8, 9].

Современные исследования подтверждают диагностическую ценность цифрового анализа окклюзии в ортодонтии, ортопедической стоматологии, имплантологии и функциональной диагностике. Компьютерная окклюзиография применяется для оценки исходных окклюзионных нарушений, контроля результатов коррекции прикуса, анализа адаптации зубочелюстной системы к ортопедическим конструкциям и динамического наблюдения после завершения лечения [10, 11]. Использование цифрового метода особенно важно в случаях, когда визуально определяемые контакты не соответствуют фактической последовательности и интенсивности приложения окклюзионной нагрузки.

Вместе с тем результаты компьютерной окклюзиографии должны оцениваться комплексно. Точность регистрации может зависеть от позиционирования и калибровки сенсора, его толщины, индивидуальной формы зубных рядов, количества повторных измерений и воспроизводимости смыкания челюстей. Клинические исследования показывают, что цифровые системы обладают достаточной воспроизводимостью, однако точность локализации отдельных контактов может различаться в зависимости от применяемого оборудования и протокола обследования [12, 13]. Поэтому данные T-Scan® целесообразно сопоставлять с результатами клинического обследования, интраорального сканирования и маркировки контактов тонкой артикуляционной фольгой.

Особую значимость компьютерная окклюзиография приобретает при обследовании пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба. У данной категории больных нарушение непрерывности альвеолярного отростка, сужение и деформация верхней зубной дуги, поперечная резцовая окклюзия, обратное резцовое перекрытие, аномалии положения и количества зубов, послеоперационные рубцовые изменения и скелетная асимметрия создают предпосылки для формирования функционально неравномерной окклюзии. Даже после завершения многоэтапного хирургического и ортодонтического лечения у некоторых пациентов сохраняются асимметрия боковых контактов, недостаточная окклюзионная поддержка и различия между стороной расщелины и противоположной стороной [14, 15].

Исследования жевательной функции у пациентов с врождёнными расщелинами показывают, что морфологически удовлетворительный результат ортодонтического лечения не всегда сопровождается полной нормализацией окклюзионной силы, площади контактов и движений нижней челюсти [12, 13, 14]. Традиционные индексы и анализ диагностических моделей преимущественно характеризуют статическое соотношение зубных рядов, но не отражают временную последовательность возникновения контактов и характер перераспределения нагрузки. Следовательно, включение компьютерной окклюдзиографии в комплекс цифровой диагностики позволяет дополнить морфометрическую оценку зубных рядов объективными функциональными показателями.

Таким образом, изучение окклюзионных взаимоотношений с использованием компьютерной системы T-Scan® является актуальным направлением современной стоматологии. Метод позволяет объективизировать диагностику, выявлять скрытые преждевременные контакты, количественно оценивать окклюзионный баланс и контролировать функциональные результаты лечения. Особенно перспективно его применение у пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба, для которых

характерны сложные сочетанные морфологических и функциональных нарушений зубочелюстной системы.

Цель исследования — оценить статические и динамические окклюзионные взаимоотношения у пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба с использованием системы T-Scan® III.

Материалы и методы исследования

В исследование включены 360 пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба, ранее перенёсших хирургическое лечение. Для объективной оценки артикуляционно-окклюзионных взаимоотношений зубных рядов применяли аппаратно-программный комплекс T-Scan® III (Tekscan, Inc., США). Комплекс включал регистрирующее устройство T-Scan® III, одноразовые электронные сенсоры, держатель сенсора и специализированное программное обеспечение T-Scan® версии 9.1. С помощью данного комплекса проводили цифровую регистрацию и последующий анализ последовательности возникновения окклюзионных контактов, их интенсивности, продолжительности смыкания зубных рядов и распределения жевательной нагрузки между правой и левой сторонами.



Аппаратно-программный комплекс T-Scan III (А), сенсоры T-Scan III (Б)



Ориентация сенсора в ротовой полости при записи окклюдограмм на аппаратно-программном комплексе T-Scan III в положении привычной окклюзии.

Результаты исследования

Компьютерная оценка окклюзионных взаимоотношений проведена у 360 пациентов с врождёнными

расщелинами губы и нёба с применением аппаратно-программного комплекса T-Scan® III. Регистрацию окклюзионных контактов осуществляли в положении привычной центральной окклюзии, а

также при протрузионных и латеральных движениях нижней челюсти. Оценивали распределение окклюзионной нагрузки между правой и левой сторонами зубных рядов, локализацию центра суммарной силы, последовательность формирования межзубных контактов, временные характеристики окклюзии и интенсивность контактов по данным колориметрической шкалы.

Анализ цифровых окклюзиограмм показал, что у 297 (82,5%) пациентов наблюдалось неравномерное распределение жевательной нагрузки между правой и левой сторонами зубных рядов. Сбалансированное распределение окклюзионных сил в пределах 40–60% зарегистрировано только у 63 (17,5%) обследованных. Направление смещения окклюзионной нагрузки было связано со стороной расположения расщелины, выраженностью деформации верхней челюсти, степенью сужения верхней зубной дуги и характером окклюзионных нарушений.

При оценке положения вектора суммарной окклюзионной нагрузки установлено, что «центр силы» располагался в центральной белой зоне овального окна у 134 (37,2%) пациентов, в серой зоне — у 180 (50,0%). У 46 (12,8%) обследованных центр силы находился за пределами овального окна, что указывало на выраженное нарушение баланса окклюзионной нагрузки. Наиболее значи-

тельное отклонение центра силы отмечалось у пациентов с односторонними расщелинами, асимметрией верхней зубной дуги, перекрёстной окклюзией и выраженным дефицитом трансверсальных размеров верхней челюсти.

Анализ динамических окклюзиограмм показал, что физиологическое клыковое ведение при латеральных движениях нижней челюсти сохранялось у 156 (43,3%) пациентов. У остальных 204 (56,7%) обследованных регистрировались групповые контакты, преждевременное включение боковых зубов и интерференционные контакты на рабочей либо балансирующей стороне.

При протрузионном движении нижней челюсти у части пациентов отсутствовало полноценное направляющее контактирование фронтальной группы зубов. Данное нарушение сочеталось с аномальным положением передних зубов, обратной резцовой окклюзией, наличием сагиттальной щели, а также дефектами зубного ряда в области врождённой расщелины.

Оценка последовательности смыкания зубных рядов выявила нарушение синхронности формирования окклюзионных контактов. У 297 (82,5%) пациентов первоначальные контакты возникали преимущественно в боковых отделах зубных рядов с последующим формированием множественных контактов которое представлена рисунок 1.

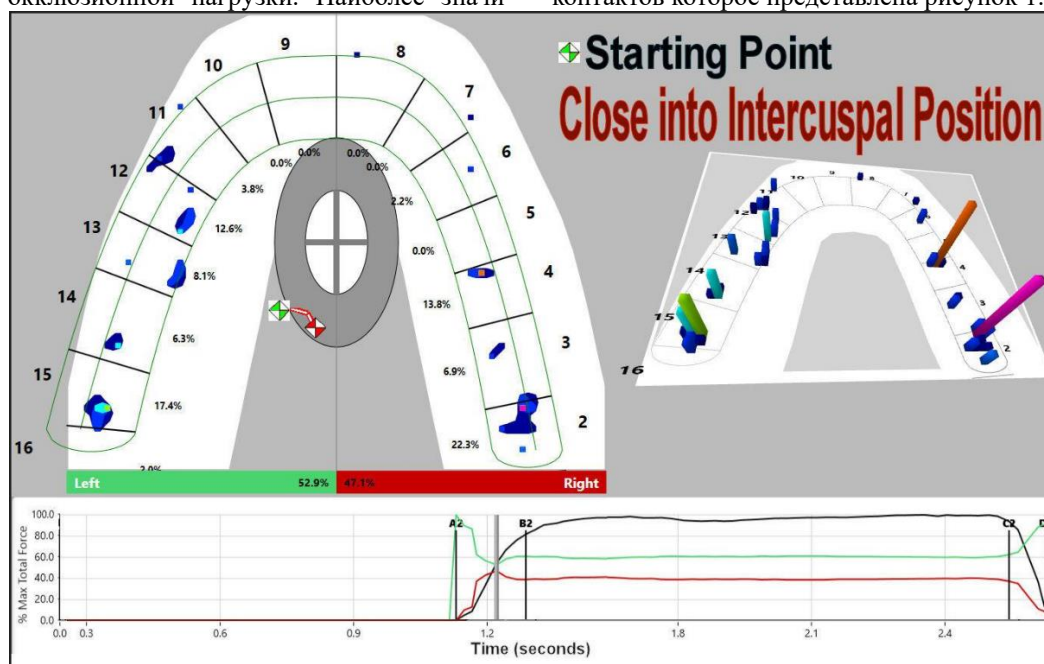


Рисунок 1. Нарушение последовательности формирования окклюзионных контактов у пациента с врождённой расщелиной губы и нёба по данным компьютерной окклюзиографии T-Scan® III

У 46 (12,8%) обследованных определялись выраженные преждевременные контакты отдельных зубов, которые сопровождалась изменением траек-

тории движения центра силы и перераспределением жевательной нагрузки на противоположную сторону.

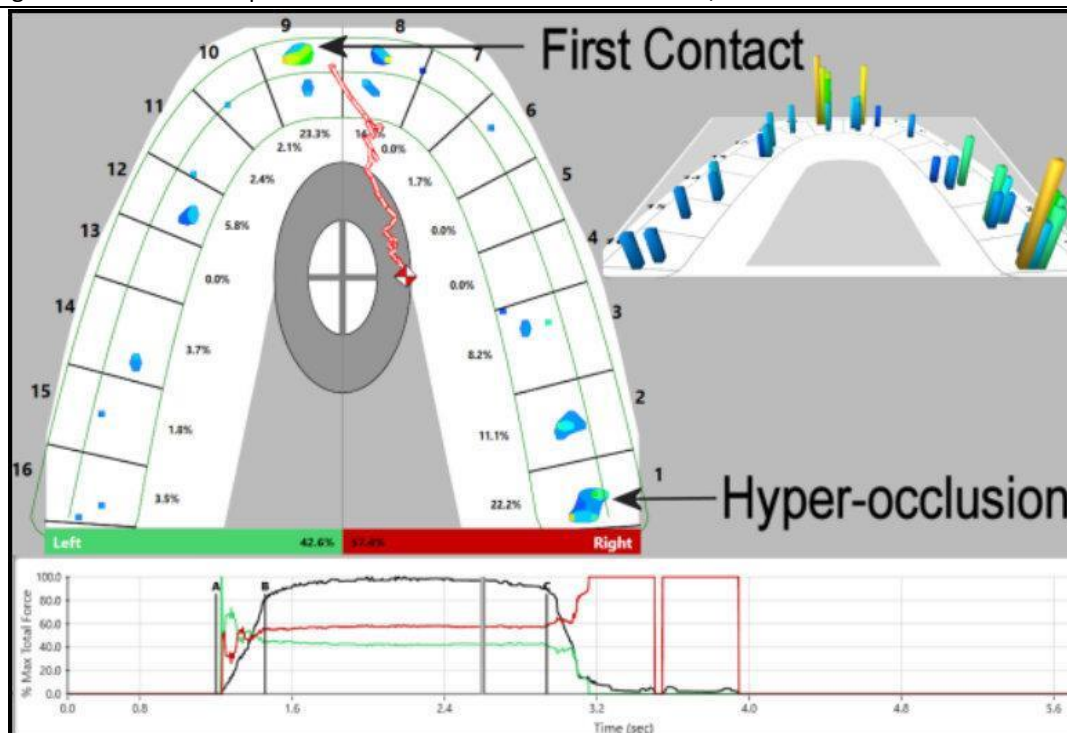


Рисунок 2. Выраженные преждевременные контакты отдельных зубов, отклонение траектории центра силы и асимметричное распределение окклюзионной нагрузки по данным T-Scan® III

На диаграммах зависимости окклюзионной силы от времени у пациентов с преждевременными контактами регистрировались резкие подъёмы кривой в виде отдельных «всплесков». Неравномерность временных интервалов формирования и разобщения межзубных контактов свидетельствовала о нарушении последовательности окклюзионного взаимодействия и функциональной нестабильности зубочелюстной системы.

Таким образом, по данным компьютерной окклюзиографии у пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба преобладали асимметричное распределение окклюзионных сил, смещение центра суммарной нагрузки, нарушение последовательности формирования межзубных контактов, отсутствие физиологического клыкового ведения и наличие преждевременных окклюзионных контактов. Выраженность выявленных изменений была связана с видом и локализацией расщелины, степенью деформации верхней челюсти, асимметрией зубной дуги, положением отдельных зубов, а также характером ранее проведённого хирургического и ортодонтического лечения.

Обсуждение. Результаты компьютерной окклюзиографии показали высокую распространённость функциональных нарушений окклюзии у пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба. Неравномерное распределение жевательной нагрузки между правой и левой сторонами зубных рядов выявлено у 297 (82,5%) из 360 обследованных. Сбалансированное соотношение окклюзионных сил в пределах 40–60% зарегистрировано только у 63 (17,5%) пациентов. Полученные данные свидетельствуют о том, что даже при наличии множественных межзубных контактов окклюзия у большинства пациентов сохраняла функционально асимметричный характер.

Высокая частота окклюзионного дисбаланса может быть обусловлена особенностями формирования зубочелюстной системы при врождённых расщелинах губы и нёба. Нарушение непрерывности альвеолярного отростка, послеоперационные рубцовые изменения, сужение и деформация верхней зубной дуги, дефицит её поперечных размеров, аномалии положения и количества зубов создают предпосылки для асимметричного смыкания зубных рядов. Дополнительное значение имеют перекрёстная окклюзия, обратное резцовое перекрытие, смещение средней линии и различия в окклюзионной поддержке между стороной расщелины и противоположной стороной. В исследовании С.В. Staudt и соавт. также установлено, что после завершения комплексного лечения пациентов с односторонней расщелиной могут сохраняться более выраженное сужение зубной дуги и менее благоприятные окклюзионные взаимоотношения на стороне врождённого дефекта [16].

Оценка последовательности смыкания зубных рядов выявила нарушение синхронности формирования окклюзионных контактов. У 297 (82,5%) пациентов первоначальные контакты возникали преимущественно в боковых отделах, после чего формировались множественные контакты в других участках зубных рядов. Такая последовательность может указывать на наличие функциональных препятствий при переходе нижней челюсти в положение максимальной интеркуспидации. Раннее включение отдельных боковых зубов способно изменять траекторию движения нижней челюсти, смещать центр суммарной силы и способствовать перераспределению нагрузки между функциональными отделами зубных дуг.

Выраженные преждевременные контакты отдельных зубов определены у 46 (12,8%) обследованных. Они сопровождались изменением траектории центра силы и перераспределением жевательной нагрузки на противоположную сторону. Клиническая значимость таких контактов определяется не только их локализацией, но и моментом возникновения, относительной интенсивностью и продолжительностью воздействия. Даже небольшой по площади ранний контакт может оказывать существенное влияние на последовательность последующего смыкания зубных рядов. Поэтому визуальная оценка размера отпечатка артикуляционной бумаги не всегда позволяет достоверно определить функционально наиболее значимый контакт [17, 18].

Полученные результаты подтверждают преимущества компьютерной окклюзиографии перед изолированным применением традиционных методов. Артикуляционная бумага позволяет обозначить место контакта, однако не определяет его временную последовательность и относительную силовую значимость. Система T-Scan® III обеспечивает динамическую регистрацию окклюзии от первого контакта до максимальной интеркуспидации, визуализирует распределение относительных сил и отражает перемещение центра суммарной нагрузки. Согласно систематическим обзорам, цифровой анализ уменьшает субъективность клинической оценки и расширяет возможности диагностики скрытых окклюзионных нарушений [19].

Выявленная асимметрия окклюзионной нагрузки согласуется с результатами исследований функционального состояния жевательного аппарата у пациентов с врождёнными расщелинами. S. Miura и соавт. установили, что после ортодонтического лечения у таких пациентов могут сохраняться отличия показателей окклюзионной силы, площади контактов и характера жевательных движений по сравнению с лицами с физиологической окклюзией [13]. М.А. García и соавт. также показали особенности формирования силы прикуса у детей с односторонними и двусторонними расщелинами [14]. Это подтверждает, что достижение удовлетворительного морфологического соотношения зубных рядов не всегда означает полное восстановление их функционального равновесия.

Полученные данные имеют важное значение для планирования ортодонтического лечения. При выборе направления и последовательности перемещения зубов необходимо учитывать не только форму зубных дуг, величину дефицита места и положение зубов относительно костного дефекта, но и исходное распределение окклюзионной нагрузки. Перемещение зубов без контроля динамической окклюзии может приводить к сохранению или формированию новых супраконтактов. В связи с этим данные компьютерной окклюзиографии целесообразно интегрировать с результатами конусно-лучевой компьютерной томографии и интраорального сканирования. Такая интеграция позволяет одновре-

менно оценивать положение коронок и корней зубов, анатомические границы альвеолярной кости, морфометрию зубных дуг и функциональную значимость окклюзионных контактов.

Компьютерный анализ особенно важен на этапах подготовки к костной пластике альвеолярного отростка, после ортодонтического расширения верхней зубной дуги и на завершающем этапе лечения. До костной пластики необходимо исключить контакты, способствующие нежелательному смещению сегментов верхней челюсти. После хирургического вмешательства цифровая оценка позволяет контролировать адаптацию зубочелюстной системы к изменённым анатомическим условиям. На этапе завершения ортодонтического лечения компьютерная окклюзиография может использоваться для проверки равномерности нагрузки и своевременного выявления контактов, потенциально влияющих на стабильность результата. Целесообразность применения цифрового планирования окклюзии у пациентов с расщелинами подтверждается исследованиями, показавшими сопоставимость цифровой и традиционной постановки зубных рядов при подготовке к ортогнатическим операциям [19, 20, 21].

Вместе с тем показатели T-Scan® III необходимо интерпретировать с учётом особенностей метода. Система регистрирует относительное, а не абсолютное значение окклюзионной силы. На результаты могут влиять положение и калибровка сенсора, воспроизводимость смыкания, форма зубных дуг и наличие выраженных деформаций верхней челюсти. Поэтому для повышения достоверности целесообразно проводить несколько последовательных регистраций в одинаковых условиях и сопоставлять цифровые данные с клиническим осмотром, артикуляционной фольгой и результатами интраорального сканирования [22, 23, 24].

Таким образом, компьютерная окклюзиография выявила выраженную функциональную неоднородность окклюзии у большинства обследованных пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба. Преобладание асимметричного распределения нагрузки, несинхронное возникновение контактов и наличие выраженных преждевременных контактов подтверждают необходимость включения динамического цифрового анализа окклюзии в обязательный диагностический протокол. Использование данного метода позволяет повысить обоснованность ортодонтического планирования, объективизировать межэтапный контроль и оценивать функциональную полноценность достигнутого результата лечения.

Выводы. 1. Компьютерная окклюзиография с использованием системы T-Scan® III выявила высокую распространённость функциональных нарушений окклюзии у пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба. Неравномерное распределение жевательной нагрузки между правой и левой сторонами установлено у 297 (82,5%) из 360 обследованных, тогда как сбалансированное распределение окклюзионных сил в пределах 40–60% зарегистрировано только у 63 (17,5%) пациентов.

1. У 297 (82,5%) пациентов первоначальные окклюзионные контакты возникали преимущественно в боковых отделах зубных рядов с последующим формированием множественных контактов, что свидетельствует о нарушении синхронности смыкания и функциональной неоднородности окклюзии.

2. Выраженные преждевременные контакты отдельных зубов выявлены у 46 (12,8%) обследованных. Они сопровождались изменением траектории движения центра суммарной силы и перераспределением жевательной нагрузки на противоположную сторону, что указывает на их значимую роль в формировании окклюзионного дисбаланса.

3. Морфологически множественные контакты зубных рядов не всегда обеспечивали функционально сбалансированную окклюзию. Поэтому оценка результатов ортодонтического лечения пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба должна включать не только анализ формы и соотношения зубных дуг, но и количественное исследование последовательности, продолжительности и относительной интенсивности окклюзионных контактов.

4. Система T-Scan® III позволяет объективизировать диагностику статических и динамических нарушений окклюзии, выявлять скрытые преждевременные контакты и контролировать распределение жевательной нагрузки. Компьютерную окклюзиографию целесообразно включать в комплексный протокол обследования, цифрового планирования и оценки результатов ортодонтического лечения пациентов с врождёнными расщелинами губы и нёба.

Список литературы:

1. Дифференцированный подход к диагностике окклюзионных нарушений на этапах функционального обследования жевательного аппарата / Д. Р. Хасанова, С. В. Аверьянов, М. В. Галиуллина [и др.] // Проблемы стоматологии. — 2021. — Т. 17, № 3. — С. 132–138. — DOI: 10.18481/2077-7566-21-17-3-132-138.
2. Анализ окклюзиографии у пациентов пожилого возраста с различными типами дефектов зубных рядов / А. Е. Дорофеев, А. В. Севбитов, С. И. Калиновский [и др.] // Наука молодых (Eruditio Juvenium). — 2023. — Т. 11, № 1. — С. 77–84. — DOI: 10.23888/HMJ202311177-84.
3. Изучение стабильности окклюзионного баланса у пациентов после тотальной реконструкции окклюзии зубов / А. В. Осокин, В. И. Шемонаев, А. Н. Пархоменко [и др.] // Проблемы стоматологии. — 2025. — Т. 21, № 1. — С. 184–191. — DOI: 10.18481/2077-7566-2025-21-1-184-191.
4. Occlusal analysis in natural dentition: systematic review / B. Velásquez, M. Rodríguez, V. Mosquera [et al.] // European Journal of Dentistry. — 2023. — Vol. 17, No. 3. — P. 615–622. — DOI: 10.1055/s-0042-1755626.
5. Chowdhary R., Sonnahalli N. K. Clinical applications of the T-Scan quantitative digital occlusal analysis technology: a systematic review // International Journal of Computerized Dentistry. — 2024. —

Vol. 27, No. 1. — P. 49–86. — DOI: 10.3290/j.ijcd.b3945153.

6. Accuracy of digital and conventional systems in locating occlusal contacts: a clinical study / B. Rovira-Lastra, L. Khoury-Ribas, E.-I. Flores-Orozco [et al.] // Journal of Prosthetic Dentistry. — 2024. — Vol. 132, No. 1. — P. 115–122. — DOI: 10.1016/j.prosdent.2023.06.036.

7. Evaluation of occlusal bite force distribution by T-Scan in orthodontic patients with different occlusal characteristics: a cross-sectional observational study / H. Abutayyem, L. M. Annamma, V. B. Desai, M. K. Alam // BMC Oral Health. — 2023. — Vol. 23. — Art. 888. — DOI: 10.1186/s12903-023-03544-4.

8. Digital occlusion analysis after orthodontic treatment: capabilities of the intraoral scanner and T-Scan Novus system / D. Shopova, D. Bakova, S. Yordanova [et al.] // Applied Sciences. — 2023. — Vol. 13, No. 7. — Art. 4335. — DOI: 10.3390/app13074335.

9. Aspects of occlusal recordings performed with the T-Scan system and with the Medit intraoral scanner / A. D. Popa, D. E. Vlăduțu, A. A. Turcu [et al.] // Diagnostics. — 2024. — Vol. 14, No. 13. — Art. 1457. — DOI: 10.3390/diagnostics14131457.

10. Insights into occlusal analysis: articulating paper versus digital devices / M.-M. Manziuc, M. M. Savu, O. Almășan [et al.] // Journal of Clinical Medicine. — 2024. — Vol. 13, No. 15. — Art. 4506. — DOI: 10.3390/jcm13154506.

11. Comparison of digital technologies for occlusal analysis in dentate arches: a systematic review / G. Dinçer, C. N. Chamma-Wedemann, I. N. R. Dos Reis [et al.] // Journal of Dentistry. — 2025. — Vol. 163. — Art. 106114. — DOI: 10.1016/j.jdent.2025.106114.

12. Final posttreatment occlusion in patients with unilateral cleft lip and palate / C. B. Staudt, J. Bollhalder, M. Eichenberger [et al.] // Cleft Palate-Craniofacial Journal. — 2022. — Vol. 59, No. 7. — P. 899–909. — DOI: 10.1177/10556656211028506.

13. Masticatory function assessment of adult patients with cleft lip and palate after orthodontic treatment / S. Miura, H. Ueda, K. Iwai [et al.] // Cleft Palate-Craniofacial Journal. — 2022. — Vol. 59, No. 3. — P. 390–398. — DOI: 10.1177/1055665621991733.

14. Bite force of children with repaired unilateral and bilateral cleft lip and palate / M. A. Garcia, D. Rios, H. M. Honório, I. K. Trindade-Suedam // Archives of Oral Biology. — 2016. — Vol. 68. — P. 83–87. — DOI: 10.1016/j.archoralbio.2016.03.019.

15. Digital occlusion setup is quantitatively comparable with the conventional dental model approach: characteristics and guidelines for orthognathic surgery in patients with unilateral cleft lip and palate / H. J. Seo, R. Denadai, B. C.-J. Pai, L.-J. Lo // Annals of Plastic Surgery. — 2020. — Vol. 85, No. 2. — P. 171–179. — DOI: 10.1097/SAP.0000000000002079.

16. Evaluation of masticatory function in patients with cleft lip and/or palate / D. Cassi, A. Di Blasio, L. Di Benedetto [et al.] // European Journal of Oral Sciences. — 2021. — Vol. 129, No. 3. — Art. e12781. — DOI: 10.1111/eos.12781.

17. Bite force assessment before and after orthognathic surgery in individuals with repaired cleft lip and palate / P. M. Bueno, P. A. Kiemle Trindade, L. H. Medeiros [et al.] // *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. — 2021. — Vol. 11, No. 2. — P. 138–142. — DOI: 10.1016/j.jobcr.2020.12.005.
18. Assessment of masticatory muscle function in patients with bilateral complete cleft lip and palate and posterior crossbite by means of electromyography / L. Szyszka-Sommerfeld, A. Budzyńska, M. Lipski, S. Kulesza, K. Woźniak // *Journal of Healthcare Engineering*. — 2020. — Vol. 2020. — Art. 8828006. — DOI: 10.1155/2020/8828006.
19. Long-term effects of orthognathic surgery on masticatory function in individuals with cleft lip and palate: a prospective study / P. M. Bueno, P. A. Kiemle Trindade, L. H. Medeiros [et al.] // *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. — 2025. — Vol. 15, No. 1. — P. 33–40. — DOI: 10.1016/j.jobcr.2024.11.002.
20. Long-term follow-up of mandibular dental arch changes in patients with complete non-syndromic unilateral cleft lip, alveolus, and palate / S. Sumardi, B. S. Latief, A. M. Kuijpers-Jagtman [et al.] // *PeerJ*. — 2021. — Vol. 9. — Art. e12643. — DOI: 10.7717/peerj.12643.
21. Bostancıoğlu S. E., Toğay A., Tamam E. Comparison of two different digital occlusal analysis methods // *Clinical Oral Investigations*. — 2022. — Vol. 26, No. 2. — P. 2095–2109. — DOI: 10.1007/s00784-021-04191-1.
22. The correlation between two occlusal analyzers for the measurement of bite force / Y. F. Huang, C. M. Wang, W. Y. Shieh [et al.] // *BMC Oral Health*. — 2022. — Vol. 22, No. 1. — Art. 472. — DOI: 10.1186/s12903-022-02484-9.
23. Reliability and validity of two computerised occlusion analysis systems / Z. Zhao, Q. Wang, X. Zheng [et al.] // *Journal of Dentistry*. — 2022. — Vol. 118. — Art. 104051. — DOI: 10.1016/j.jdent.2022.104051.
24. In vivo evaluation of the reliability and validity of three digital occlusion analysis methods / Q. Wang, Z. Zhao, M. Zhou [et al.] // *Journal of Dentistry*. — 2022. — Vol. 127. — Art. 104355. — DOI: 10.1016/j.jdent.2022.104355.