

DOI: 10.37988/1811-153X_2022_1_6

[И.В. Мастерова](#)¹,

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии медицинского института

[Л.М. Ломиашвили](#)²,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой терапевтической стоматологии, декан стоматологического факультета

[Д.В. Погадаев](#)²,

ассистент кафедры терапевтической стоматологии

[И.К. Габриелян](#)¹,

ассистент кафедры ортопедической стоматологии медицинского института

[С.Г. Михайловский](#)²,

к.м.н., доцент кафедры терапевтической стоматологии

[А.И. Постолаки](#)³,

доцент кафедры ортопедической стоматологии

¹ РУДН, 117198, Москва, Россия² ОмГМУ, 644099, Омск, Россия³ Государственный университет медицины и фармакологии им. Н.А. Тестемитану, MD-2004, Кишинев, Молдавия[I.V. Masterova](#)¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthodontics Department

[L.M. Lomiashvili](#)²,

PhD in Medical Sciences, full professor of the Therapeutic dentistry Department, dean of the Dentistry Faculty

[D.V. Pogadaev](#)²,

assistant at the Therapeutic dentistry Department

[I.K. Gabrielian](#)¹,

assistant at the Prosthodontics Department

[S.G. Mikhaylovskiy](#)²,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Therapeutic dentistry Department

[A.I. Postolaki](#)³,

associate professor of the Prosthodontics Department

¹ RUDN University, 117198, Moscow, Russia² Omsk State Medical University, 644099, Omsk, Russia³ Nicolae Testemitanu State University of Medicine and Pharmacy, MD-2004, Chisinau, Moldova

Совершенствование методов морфометрических исследований зубов

Реферат. Изучение морфометрических параметров зубов представляет интерес для многих дисциплин. Обладая уникальной сохранностью, зубы являются неиссякаемым источником информации для антропологов, стоматологов, биологов, генетиков и судебных медиков. В стоматологии и антропологии применяются различные методы изучения морфометрических параметров зубов: одонтометрические и одонтоскопические. **Цель** — обзор литературных данных по развитию методов морфометрических исследований зубов. **Заключение.** Учитывая тесную взаимосвязь морфологии и функции элементов зубочелюстной системы, использование методов геометрической морфометрии представляет большой интерес для практической стоматологии при изучении морфофункциональных параметров зубов. К одной из современных тенденций развития биометрических исследований зубочелюстной системы относится использование максимально возможного количества методов и их объединение в рамках мультидисциплинарных исследований, что значительно расширяет их информационный потенциал.

Ключевые слова: зубы, одонтометрия, одонтоскопия, морфология, геоморфометрия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Мастерова И.В., Ломиашвили Л.М., Погадаев Д.В., Габриелян И.К., Михайловский С.Г., Постолаки А.И. Совершенствование методов морфометрических исследований зубов. — *Клиническая стоматология*. — 2022; 25 (1): 6–12. DOI: 10.37988/1811-153X_2022_1_6

Improvement of methods of morphometric studies of teeth

Abstract. The study of morphometric parameters of teeth is of interest for many disciplines. Having a unique state of preservation, teeth are an inexhaustible source of information for anthropologists, dentists, biologists, geneticists, and forensic doctors. In dentistry and anthropology, various methods for studying the morphometric parameters of teeth are used: odontometric and odontoscopy. **The purpose** is to review the literature data on the development of methods of morphometric studies of teeth. **Conclusion.** Given the close relationship between the morphology and function of the elements of the dentoalveolar system, the use of geometric morphometry methods is of great interest for practical dentistry in the study of the morphological and functional parameters of teeth. One of the current trends in the development of biometric studies of the dentition is the use of the maximum possible number of methods and their combination within the framework of multidisciplinary studies, which significantly expands their information potential.

Key words: teeth, odontometry, odontoscopy, morphology, geomorphometry

FOR CITATION:

Masterova I.V., Lomiashvili L.M., Pogadaev D.V., Gabrielian I.K., Mikhaylovskiy S.G., Postolaki A.I. Improvement of methods of morphometric studies of teeth. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2022; 25 (1): 6–12 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X_2022_1_6

ВВЕДЕНИЕ

Изучение морфометрических параметров зубов представляет большой интерес для многих дисциплин. Обладая уникальной сохранностью, зубы являются неиссякаемым источником информации для антропологов, стоматологов, биологов, генетиков и судебных медиков [1–5]. Однако подходы к изучению и применению морфологических данных зубов в стоматологии и физической антропологии различаются.

В антропологии морфометрические одонтологические данные служат для таксономических, филогенетических, этнических или исторических интерпретаций. Антропологи-одонтологи более детально изучают узор борозд (одонтоглифику), количество, выраженность и пространственное расположение бугорков, гребней, валиков, используя балльную систему ASUDAS или методику А.А. Зубова [6–8]. Для врачей-стоматологов данные о вариабельности морфометрических параметров имеют огромное значение при восстановлении зубов, планировании ортодонтического и ортопедического лечения [9–11].

Цель — обзор литературных данных по развитию методов морфометрических исследований зубов.

МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИИ

Среди морфометрических исследований зубов выделяют одонтометрию и одонтоскопию.

Под одонтометрией понимают совокупность методов определения размеров зубов. Выделяют абсолютные (мезиодистальный, вестибулолингвальный размер, клиническая и анатомическая высота коронки) и относительные одонтометрические параметры, которые служат для вычисления интегративных морфометрических характеристик — одонтометрических и интердентальных индексов (модулей).

Под одонтоскопией понимают визуальное изучение и описание особенностей строения зубов. В книге А.А. Зубова «Одонтология, методика антропологических исследований» указаны наиболее распространенные морфологические параметры зубов и методики оценки их выраженности по баллам. Кроме того, А.А. Зубов впервые ввел в одонтологию понятие «одонтоглифика» — рисунок борозд окклюзионной поверхности зуба [1, 8].

В ASUDAS (Система стоматологической антропологии Университета штата Аризона), созданной Кристи Дж. Тернер II, Кристиан Р. Николом и Г. Ричардом, содержится справочная система для сбора данных о морфологии и вариациях зубов человека. ASUDAS дает подробное описание вариантов строения корней зубов и степени выраженности морфологических элементов коронок. Данная система содержит набор эталонных образцов, иллюстрирующих варианты зубов и демонстрирующих уровни экспрессии неметрических морфологических признаков на 3D-модели. ASUDAS была разработана для стандартизированной процедуры

подсчета баллов и обеспечения сопоставимости данных, собранных различными исследователями [12].

Материалом для проведения одонтометрических и одонтоскопических исследований могут служить гипсовые модели зубных рядов, цифровые 3D-модели, зубные ряды в полости рта, краниологический материал, изолированные зубы (после экстракции, палеоматериал). Однако целесообразно использовать полный набор зубов, извлеченных из одного черепа. В этом случае будет складываться наиболее полное и правильное представление о соотношении их формы и размеров в пределах зубных рядов верхней и нижней челюстей.

Измерения абсолютных размеров зубов одонтологи проводили еще в XVIII веке. Наиболее детально методы измерения зубов разработаны в антропологической одонтологии, однако единого принципа пока не существует. Разнообразие приемов измерения, погрешности, малые размеры зубов усложняют интерпретацию результатов при сопоставительном анализе [1, 8].

Ранее одонтометрию проводили с помощью обычного штангенциркуля, и полученные результаты имели значительную погрешность. Сегодня для измерения зубов и зубных рядов используют электронный штангенциркуль [13–17].

Так, А. Vidaković и соавт. проводили измерения зубов на гипсовых моделях с помощью цифрового штангенциркуля с точностью до 0,01 мм. Мезиодистальный размер каждого зуба был измерен в соответствии с методом, описанным Муррисом и соавт. [18]. Все измерения выполнялись дважды тем же исследователем при дневном освещении, не более 7 раз в день, чтобы избежать усталости глаз и свести к минимуму возможность субъективной ошибки [19].

Для изучения размеров зубов и длины зубной дуги А. Brook и соавт. проводили измерения мезиодистальных размеров зубов с помощью электронного штангенциркуля, используя краниологический материал различных возрастных и гендерных групп романо-британского населения из коллекции Британского музея [20].

Наиболее простым и экономичным клиническим методом для изучения морфологии зубов (одонтоскопия) является интраоральный визуально-инструментальный метод обследования. Такое исследование чаще всего проводится на больших выборках (при обследовании в учебных заведениях).

Например, при изучении количества бугорков временных и постоянных зубов и рисунка борозд окклюзионной поверхности А. Ahsana и соавт. и R.Gs. Phulari и соавт. обследовали полость рта у учащихся индийских школ и колледжей с помощью стоматологического зонда и зеркала [21, 22].

Интраоральный визуальный метод обследования с использованием стоматологического зеркала широко применяется участниками антропологических экспедиций в полевых условиях.

Так, в результате комплексной Амурской антропологической экспедиции (АмГУ, МГУ, ЦПИ) в течение

DOI: 10.37988/1811-153X_2022_1_8

двух полевых сезонов 2015 и 2016 гг. был собран уникальный одонтологический материал у представителей малой популяции — у эвенков.

Визуально с помощью стоматологического зеркала антропологи оценивали морфологические признаки и выраженность коронок зубов в баллах. В том же исследовании для одонтоскопического анализа применили еще один метод визуализации зубов в полевых условиях — снятие восковых оттисков: формы вторых верхних моляров по А. Дальбергу (редукция гипоконуса), формы и типа узора коронки нижних первых и вторых моляров, наличия дистального гребня тригониды, коленчатой складки метакониды и бугорка *tami* на первом нижнем моляре, формы первой борозды параконуса на первых верхних молярах и места впадения второй борозды метакониды на нижних молярах [23].

С появлением цифровых технологий 2D- и 3D-визуализация зубов и зубных рядов для проведения морфометрических исследований стала более простой и доступной [24, 25]. Ранее основным методом визуализации зубов было только снятие восковых оттисков (негативное отображение) и изготовление гипсовых моделей зубных рядов, широко используемое отечественными антропологами в полевых условиях.

Для изучения одонтометрических и одонтоскопических признаков в исследованиях применяются разные методы: фотограмметрический, рентгенологический, сканирование и создание 3D-моделей зубов и зубных рядов.

Фотография считается самым распространенным неразрушающим методом для 2D-визуализации зубов при получении дентальных изображений (интраоральных, гипсовых моделей челюстей, краниологического материала). С появлением оцифровки этот метод стал иметь первостепенное значение для документирования, хранения информации и коммуникации [26]. При соблюдении правил фотосъемки, ориентирования и масштабирования изображения эту информацию можно использовать для измерения абсолютных размеров зубов, площадей, углов.

При использовании фотографий, сделанных с помощью электронного микроскопа, удается визуализировать характеристики микрорельефа и структуру шлифов зубов [27].

Antun Vidaković и Sandra Anić-Milošević в двух различных исследованиях пришли к единому выводу: метод фотографической оценки сопоставим с методом визуального обследования зубных рядов и обладает дополнительными преимуществами архивирования, позволяющими многократно оценивать изображения [19].

Так, при исследовании окклюзионной поверхности моляров в гуджаратской популяции были сделаны дентальные фотографии гипсовых моделей зубных рядов с помощью цифровой однообъективной зеркальной камеры при естественном освещении с использованием стандартных конфигураций (диафрагма 1/90, фокус $f/8$ и выдержка 200 по ISO). При съемке длинная ось камеры была перпендикулярна плоскости объекта, чтобы

исключить любые искажения перспективы. В фоторедакторе изображения были преобразованы в натуральную величину и использовались для изучения паттернов уникального рисунка окклюзионных борозд моляров путем сравнения и наложения [28].

В своих исследованиях по изучению морфологии жевательной поверхности моляров и премоляров, в том числе для одонтоглифики, антропологи и стоматологи используют фотографии [29–30].

С помощью цифровых фотографий проводят анализ морфологии зубов, и его возможности можно расширить за счет программного обеспечения, позволяющего проводить не только качественный, но и некоторые виды количественного анализа (фотограмметрический метод).

При исследовании краниологического материала человекообразных обезьян, других приматов и человека из нескольких европейских и американских антропологических музеев были сделаны цифровые фотографии моляров верхней и нижней челюсти для изучения особенностей одонтоглифики.

При съемке окклюзионную поверхность и цементно-эмалевое соединение располагали параллельно объективу камеры. Для стандартизации условий фотографирования использовался фотостенд и два источника света с двух сторон для уменьшения затемнения. Один моляр занимал рамку (фокус) изображения. Фотографии были сделаны зеркальным цифровым фотоаппаратом с макрообъективом (105 мм, $f/2,8$). Диафрагменное отверстие $f/32$ или $f/22$ использовали для получения максимальной глубины резкости и фокусировки всей окклюзионной поверхности [31]. Размер изображений варьировал от 4,8 до 22,9 мегапикселей, а размер пикселей приблизительно составлял 3,84–10,41 мкм.

Извлечение рисунка фиссур из цифровых фотографий и фрактальный, количественный, анализ дифференциации жевательной поверхности выполняли с помощью программного обеспечения ImageJ [32].

На рисунок фиссур на изображениях может влиять окраска зубов. По этой причине из анализа были исключены моляры с темными пятнами, бороздки которых нельзя было четко различить. Фотографии были преобразованы в монохромные черно-белые изображения, чтобы лучше отобразить рисунок окклюзионной поверхности. Из изображений был извлечен истинный узор фиссур. Сначала извлекали силуэтный рисунок, который представляет собой область окклюзионной поверхности, покрытую бороздками. Далее было получено изображение рисунка границ фиссур в виде линии толщиной в один пиксель, а потом извлечен каркасный рисунок, который показывает упрощение фиссур (в виде отдельных линий) с шириной в один пиксель. Цель этих преобразований состояла в том, чтобы найти изображение, которое лучше всего отражает сложность окклюзионной поверхности, и свести к минимуму влияние различий в ширине фиссур [33].

Дентальные фотографии можно получить и с помощью интраоральной камеры, особенно при

ограниченном открывании рта в силу множества причин или ограниченных условий освещения. Однако такие фотографии нельзя использовать для количественной оценки.

Интраоральная камера дает возможность видеосъемки с увеличенным изображением, что делает этот метод приемлемым для изучения морфологии зубов [34].

Для проведения одонтометрических и одонтоскопических исследований в настоящее время широко используется сканирование зубов и зубных рядов, гипсовых моделей зубных рядов, краниоматериала, изолированных зубов. Для этого используются 3D-сканеры (в том числе интраоральные) — устройства, позволяющие перевести геометрию объекта в цифровые данные и создать виртуальную объемную 3D-модель [35, 36]. Структурированный свет проецируется на модель и по преломлению восстанавливает расположение точек поверхности в пространстве. Модель поворачивают и делают снимки в автоматическом режиме, собирая информацию о расстояниях на поверхности, которая попадает в поле зрения устройства. Это дает возможность определить положение каждой точки в трех плоскостях. Сканирование происходит с разных сторон, что позволяет получать информацию обо всем объеме объекта. Данные приводятся к единой общей системе координат — привязка изображений или выравнивание сканов. Затем создается полная цифровая 3D-модель, которая импортируется в используемую компьютерную программу для измерений и расчетов.

На данной модели, используя разное программное обеспечение для 3D-измерений, можно изучать абсолютные размеры зуба, площадь и объем его коронковой части, окклюзионную поверхность и ее элементы [37–39].

Так, Ü.V. Karadede и соавт. для оценки зависимости абсолютных размеров зубов и аномалий прикуса выполняли измерения с использованием программного обеспечения 3Shape Ortho Analyzer (3Shape A/S Копенгаген, Дания) на цифровых моделях 252 пациентов от 13 до 25 лет с различными аномалиями прикуса. В цифровой формат гипсовые модели челюстей были переведены с помощью 3D-сканера 3Shape R700 (3Shape, Дания) [40].

Виртуальную объемную 3D-модель можно получить и при проведении микрокомпьютерной томографии (микро-КТ), фиксирующей все аспекты формы и размера зуба [41].

Кроме того, с помощью микро-КТ можно получить высокоразрешающую, диагностически точную 3D-реконструкцию с возможностью визуализации всей внутренней 3D-структуры объекта. Микрофокальная КТ как высокотехнологичная, прогрессивная и прецизионная методика позволяет получить представление о внутреннем строении зуба, существенно расширив потенциал инструментов количественного и качественного анализа, минимизировав погрешности, связанные с инструментальными способами измерений [42, 43]. Например, данный метод позволяет оценить топографию

дентиноэмалевого соединения и корневых каналов, пространственное расположение рогов пульпы и дентина, объем эмалевого колпачка и пульповой камеры, степень минерализации твердых тканей зубов [44–47].

Микро-КТ применяется как неразрушающий метод в исследовании толщины эмали, заменяя деструктивные методы, ограничивающие размеры шлифов зубов и доступ к уникальным образцам палеоматериала [48].

В своем исследовании A.J. Olejniczak и F.E. Grine (2006), сравнивая шлифы зубов с компьютерными срезами микро-КТ зубов различных приматов и неприматов современных и ископаемых таксонов, установили, что микро-КТ является точным методом измерения толщины эмали в современных таксонах, однако сильная минерализация (окаменелость) создает препятствие для способности микро-КТ различать зубные ткани [49].

Линейные одонтометрические измерения внешних и внутренних структур проводят на срезах КТ после сегментации, используя цифровые линейки и сетки.

Так, исследование M. Maddalone и соавт. (2020) было направлено на сравнение *ex vivo* точности конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) с операционным микроскопом при измерении камеры пульпы. Из-за осложненного кариеса были удалены 40 зубов и горизонтально разрезаны на самом высоком уровне соединения цемента и эмали. Пульповая камера была сфотографирована с помощью цифровой фотокамеры, подключенной к оптическому микроскопу. Затем зуб отсканировали с помощью КЛКТ, получили горизонтальный срез, соответствующий анатомическому сечению пульповой камеры, и сохранили его в цифровом формате. Площадь сечения пульповой камеры измеряли с помощью программного обеспечения для анализа изображений. Эти два метода дали аналогичные результаты, однако КЛКТ имеет ограничения при обнаружении анатомической изменчивости мелких ветвей в системе корневых каналов [45].

Для изучения некоторых одонтометрических параметров (ширина и высота коронки) иногда применяют другой, не очень достоверный, рентгенологический метод — ортопантограмму [50].

Развитие современных технологий 3D-визуализации объектов (зубов) и математических программ для измерения и анализа их формы дало толчок развитию геометрической морфометрии.

Геометрическая морфометрия — это совокупность методов, используемых для описания и анализа пространственных морфологических вариаций биологических структур.

Геоморфометрия — это количественное изучение формы, т.е. это альтернатива для оценки выраженности морфологических признаков по баллам. Но такая оценка более субъективна, а геоморфометрический метод наиболее точен. Геоморфометрия подразумевает анализ формы, в котором в качестве переменных используются декартовы координаты, независимо от использования инструментов и математического анализа. В геоморфометрии используют гетерогенный набор инструментов

DOI: 10.37988/1811-153X_2022_1_10

для анализа ориентиров, кривых, контуров (в двух или трех измерениях) и 3D-поверхностей. Обычно этот метод основан на наложении прокрустов, масштабировании, чтобы устранить изменения, обусловленные размером, положением и ротацией.

Антропологи широко применяют геометрические морфометрические методы для количественного и качественного анализа форм зубов и челюстей у приматов и предков человека — это важно для таксономической и филогенетической реконструкции.

Например, используя методы геометрической морфометрии, T.W. Davies и соавт. оценивали морфологию премоляров нижней челюсти *Homo naledi* на стыке эмали и дентина и сравнивали с образцами парантропа, австралопитека и современного человека (n=97) [51].

Для клиницистов метод геометрической морфометрии может быть интересен при изучении формы головы (черепа и мягких тканей), анатомических элементов височно-нижнечелюстного сустава и жевательной поверхности зубов, для установления морфофункциональной взаимосвязи между анатомическими образованиями зубочелюстной системы. Отдельных индивидуумов и группы можно описывать и сравнивать на основе соответствующих точек измерения.

С помощью методов геометрической морфометрии при исследовании морфологии первых моляров в зависимости от этнической принадлежности, наличия расщелины губы и нёба установлено, что использование CAD/CAM-технологий для ортодонтического лечения пациентов с морфологией зубов, которая в точности

не соответствует той, для которой был запрограммирован прибор, необходимы индивидуальные настройки. Авторы также указывают, что при автоматическом создании реставраций следует учитывать этнические различия индивидуумов [52].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, прогресс в области визуализации и методов обработки изображений позволил усовершенствовать одонтологические исследования в самых разных аспектах.

Учитывая тесную взаимосвязь морфологии и функции элементов зубочелюстной системы, использование методов геометрической морфометрии представляет большой интерес для практической стоматологии при изучении морфофункциональных параметров зубов.

К одной из современных тенденций развития биометрических исследований зубочелюстной системы относится использование максимально возможного количества методов и их объединение в рамках мультидисциплинарных исследований, что значительно расширяет их информационный потенциал.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 28.01.2022 **Принята в печать:** 25.02.2022

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 28.01.2022 **Accepted:** 25.02.2022

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Zubov A.A., Khaldeeva N.I. Одонтология в антропофенетике. — М.: Наука, 1993. — 221 с. [Zubov A.A., Khaldeeva N.I. Odontology in anthropophenetics. — Moscow: Science, 1993. — 221 p. (In Russ.).]
2. Hasegawa Y., Amarsaikhan B., Chinvipas N., Tsukada S., Terada K., Uzuka S., Miyashita W., Iguchi S., Arai K., Kageyama I., Nakahara S. Comparison of mesiodistal tooth crown diameters and arch dimensions between modern Mongolians and Japanese. — *Odontology*. — 2014; 102 (2): 167—75. PMID: 24026430
3. Ведешина Э.Г., Доменюк Д.А., Дмитриенко С.В., Дмитриенко Д.С., Налбандян Л.В., Гяглоева Н.Ф. Одонтометрические показатели у людей с мезогнатическими формами зубных дуг. — *Кубанский научный медицинский вестник*. — 2015; 4 (153): 44—48 [Vedeshina E.G., Domyuk D.A., Dmitrienko S.V., Dmitrienko D.S., Nalbandyan L.V., Gagloyeva N.F. Odontometric parameters in cases with mesognathic dental arches. — *Kuban Scientific Medical Bulletin*. — 2015; 4 (153): 44—48 (In Russ.). eLibrary ID: 24236856
4. Qamar Z., Altuwayjiri L., Altwijiri A., Alqahtani G., Aljarallah A., AlShanifi K., Zeeshan T. Gender prediction of Saudi Arabian population by a new proposed model based on the mesio-distal dimensions of the teeth. — *Mymensingh Med J*. — 2021; 30 (1): 214—219. PMID: 33397877
5. Soto-Álvarez C., Fonseca G.M., Viciano J., Alemán I., Rojas-Torres J., Zúñiga M.H., López-Lázaro S. Reliability, reproducibility and validity of the conventional buccolingual and mesiodistal measurements on 3D dental digital models obtained from intra-oral 3D scanner. — *Arch Oral Biol*. — 2020; 109: 104575. PMID: 31589998
6. Irish J.D., Morez A., Girdland Flink L., Phillips E.L.W., Scott G.R. Do dental nonmetric traits actually work as proxies for neutral genomic data? Some answers from continental- and global-level analyses. — *Am J Phys Anthropol*. — 2020; 172 (3): 347—375. PMID: 32237144
7. Rathmann H., Reyes-Centeno H. Testing the utility of dental morphological trait combinations for inferring human neutral genetic variation. — *Proc Natl Acad Sci USA*. — 2020; 117 (20): 10769—10777. PMID: 32376635
8. Zubov A.A. Одонтология. Методика антропологических исследований. — М.: Наука, 1968. — 199 с. [Zubov A.A. Odontology. Methodology of anthropological research. — Moscow: Science, 1968. — 199 p. (In Russ.).]
9. Ломиашвили Л.М., Погадаев Д.В., Михайловский С.Г., Вайц С.В., Гателюк О.В., Симонян Л.А. Зуб как гармоничный объект, созданный природой. — *Клиническая стоматология*. — 2020; 2 (94): 13—17 [Lomiashvili L.M., Pogadaev D.V., Mikhailovsky S.G., Vayts S.V., Gateluk O.V., Simonyan L.A. Tooth as a harmonious object created by nature. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2020; 2 (94): 13—17 (In Russ.). eLibrary ID: 43125598

10. Machado V., Botelho J., Mascarenhas P., Mendes J.J., Delgado A. A systematic review and meta-analysis on Bolton's ratios: Normal occlusion and malocclusion. — *J Orthod.* — 2020; 47 (1): 7–29. [PMID: 31718451](#)
11. Мастерова И.В., Габриелян И.К., Хван В.И. Этнический фактор в стоматологии как звено персонализированной медицины. — *Стоматология.* — 2019; 98 (5): 108–12.
[Masterova I.V., Gabrielyan I.K., Khvan V.I. The ethnic factor in dentistry as a component of personalized medicine. — *Stomatologiya (Mosk).* — 2019; 98 (5): 108–12 (In Russ.). (In Russ.).]
12. Scott G.R., Turner Ch.G. The anthropology of modern human teeth: Dental morphology and its variation in recent human populations. — Cambridge: Cambridge University Press, 1997. — 408 p. [DOI: 10.1017/CBO9781316529843](#).
13. Маркова Г.Б., Алишлалов С.А., Марков Б.П., Николаева И.Н., Галанкина М.А. Эстетическая коррекция фронтальной группы зубов верхней челюсти у представителей европеоидной и монголоидной рас. — *Dental Forum.* — 2021; 4 (83): 56
[Markova G.B., Alishlalov S.A., Markov B.P., Nikolaeva I.N., Galankina M.A. Aesthetic correction of the upper frontal teeth in representatives of the Caucasian and Mongoloid races. — *Dental Forum.* — 2021; 4 (83): 56 (In Russ.).] [eLibrary ID: 47157378](#)
14. Togoo R.A., Alqahtani W.A., Abdullah E.K., Alqahtani A.S., AlShahrani I., Zakirulla M., Alhotellah K.A., Mujam O.H. Comparison of mesiodistal tooth width in individuals from three ethnic groups in Southern Saudi Arabia. — *Niger J Clin Pract.* — 2019; 22 (4): 553–557. [PMID: 30975962](#)
15. Chong S.Y., Aung L.M., Pan Y.H., Chang W.J., Tsai C.Y. Equation for tooth size prediction from mixed dentition analysis for Taiwanese population: A pilot study. — *Int J Environ Res Public Health.* — 2021; 18 (12): 6356. [PMID: 34208241](#)
16. Mollabashi V., Soltani M.K., Moslemian N., Akhlaghian M., Akbarzadeh M., Samavat H., Abolvardi M. Comparison of Bolton ratio in normal occlusion and different malocclusion groups in Iranian population. — *Int Orthod.* — 2019; 17 (1): 143–150. [PMID: 30770330](#)
17. Позовская Е.В., Савенкова Т.М., Бакшеева С.Л., Медведева Н.Н. Морфологическая вариативность зубочелюстной системы населения города Красноярск с учетом вектора времени. — *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание.* — 2018; 6: 75–81
[Pozovskaya E.V., Savenkova T.M., Baksheeva S.L., Medvedeva N.N. Morphological variability of dentoalveolar system of population of the krasnoyarsk city with the direction of the time. — *Journal of New Medical Technologies, EEdition.* — 2018; 6: 75–81 (In Russ.).] [eLibrary ID: 36638087](#)
18. Jensen E., Kai-Jen Yen P., Moorrees C.F., Thomsen S.O. Mesiodistal crown diameters of the deciduous and permanent teeth in individuals. — *J Dent Res.* — 1957; 36 (1): 39–47. [PMID: 13398501](#)
19. Vidaković A., Anić-Milošević S., Borić D.N., Meštrović S. Mesiodistal and buccolingual dimensions in Croatian orthodontic hypodontia patients' teeth. — *Acta Stomatol Croat.* — 2018; 52 (1): 12–17. [PMID: 30033999](#)
20. Brook A., Underhill C., Foo L.K., Hector M. Approximal attrition and permanent tooth crown size in a Romano-British population. — *Dental Anthropology Journal.* — 2018; 19 (1): 23–8. [DOI: 10.26575/daj.v19i1.116](#).
21. Ahsana A., Jeevanandan G., Subramanian E.M.G. Evaluation of occlusal groove morphology of primary mandibular second molar in an Indian population. — *J Forensic Dent Sci.* — 2018; 10 (2): 92–95. [PMID: 30745785](#)
22. Phulari R.G., Rathore R., Takvani M.D., Jain S. Evaluation of occlusal groove patterns of mandibular first and second molars in an Indian population: A forensic anthropological study. — *Indian J Dent Res.* — 2017; 28 (3): 252–255. [PMID: 28721987](#)
23. Лейбова Н.А., Забияко А.П. Одонтологическая характеристика эвенков Приамурья: новые данные. — *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Геоархеология. Этнология. Антропология.* — 2016; 18: 164–174
[Leibova N.A., Zabayako A.P. Odontological characteristics of Evenks in the Amur Region: New data. — *Bulletin of the Irkutsk State University. Geoarchaeology, Ethnology, and Anthropology Series.* — 2016; 18: 164–174 (In Russ.).] [eLibrary ID: 28767031](#)
24. Kalpana D., Rao S.J., Joseph J.K., Kurapati S.K.R. Digital dental photography. — *Indian J Dent Res.* — 2018; 29 (4): 507–512. [PMID: 30127203](#)
25. Gaboutchian A.V., Knyaz V.A., Korost D.V. New approach to dental morphometric research based on 3D Imaging techniques. — *J Imaging.* — 2021; 7 (9): 184. [PMID: 34564110](#)
26. Casaglia A., D.E. Dominicis P., Arcuri L., Gargari M., Ottria L. Dental photography today. Part 1: basic concepts. — *Oral Implantol (Rome).* — 2015; 8 (4): 122–129. [PMID: 28042424](#)
27. Ломиашвили Л.М., Михайловский С.Г., Погадаев Д.В., Золотова Л.Ю. Изучение анатомо-топографических особенностей тканей зубов с целью достижения достойных результатов моделирования в эстетической стоматологии. — *Институт стоматологии.* — 2019; 3 (84): 110–113
[Lomiashvili L.M., Mikhailovsky S.G., Pogadaev D.V., Zolotova L.Yu. Studying of anatomical and topographical peculiarities of dental tissues aimed at the achievement of good results in dentition modeling in esthetic dentistry. — *The Dental Institute.* — 2019; 3 (84): 110–113 (In Russ.).] [eLibrary ID: 40872552](#)
28. Roy J., Rohith M.M., Nilendu D., Johnson A. Qualitative assessment of the dental groove pattern and its uniqueness for forensic identification. — *J Forensic Dent Sci.* — 2019; 11 (1): 42–47. [PMID: 31680755](#)
29. Ломиашвили Л.М., Хорольский Е.В., Погадаев Д.В., Михайловский С.Г. Изучение морфологии зубов с помощью фотографий. — *Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование.* — 2020; 72–73: 68–70
[Lomiashvili L., Khorolsky E., Pogadaev D., Mikhailovsky S. Studying tooth morphology using photographs. — *Cathedra. Dental education.* — 2020; 72–73: 68–70 (In Russ.).] [eLibrary ID: 45439788](#)
30. Ломиашвили Л.М., Хорольский Е.В., Погадаев Д.В., Михайловский С.Г. Изучение морфологии зубов с помощью фотографий (часть 2). — *Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование.* — 2020; 74: 36–38
[Lomiashvili L., Khorolsky E., Pogadaev D., Mikhailovsky S. Studying tooth morphology using photographs (part 2). — *Cathedra. Dental education.* — 2020; 74: 36–38 (In Russ.).] [eLibrary ID: 45584598](#)
31. Gómez-Robles A., Polly P.D. Morphological integration in the hominin dentition: evolutionary, developmental, and functional factors. — *Evolution.* — 2012; 66 (4): 1024–43. [PMID: 22486687](#)
32. Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. — *Nat Methods.* — 2012; 9 (7): 671–5. [PMID: 22930834](#)

DOI: 10.37988/1811-153X_2022_1_12

33. Cano-Fernández H., Gómez-Robles A. Assessing complexity in hominid dental evolution: Fractal analysis of great ape and human molars. — *Am J Phys Anthropol.* — 2021; 174 (2): 352–362. [PMID: 33242355](#)
34. Pentapati K.C., Siddiq H. Clinical applications of intra-oral camera to increase patient compliance — current perspectives. — *Clin Cosmet Investig Dent.* — 2019; 11: 267–278. [PMID: 31692486](#)
35. Zúñiga M.H., Viciano J., Fonseca G.M., Soto-Álvarez C., Rojas-Torres J., López-Lázaro S. Correlation coefficients for predicting canine diameters from premolar and molar sizes. — *J Dent Sci.* — 2021; 16 (1): 186–194. [PMID: 33384796](#)
36. Катбех И., Косырева Т.Ф., Тутуров Н.С., Бирюков А.С. Оптимизация измерений зубных рядов в ортодонтической практике. — *Вестник РУДН. Серия: Медицина.* — 2019; 23 (4): 373–80. [Katbeh I., Kosyрева T., Tuturov N.S., Birukov A.S. Optimization of Dentition Measurement in Orthodontic Practice. — *RUDN journal of medicine (Russia).* — 2019; 23 (4): 373–80 (In Russ.). (In Russ.).]
37. Knyaz V.A., Gaboutchian A.V. Photogrammetry - based automated measurements for tooth shape and occlusion analysis. — *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.* — 2016; 41: 849–55. [DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B5-849-2016](#).
38. Gaboutchian A.V., Knyaz V.A., Novikov M.M., Vazilyev S.V., Korost D.V., Cherebylo S.A., Kudaev A.A. Comparative morphological analysis of enamel and dentin surfaces' reconstructions by means of automated digital odontometry. — *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.* — 2021; 44: 67–72. [DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIV-2-W1-2021-67-2021](#).
39. Gaboutchian A.V., Knyaz V.A., Vasilyev S.V., Korost D.V., Kudaev A.A. Orientation vs. orientation: Image processing for studies of dental morphology. — *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.* — 2021; 43: 723–728. [DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2021-723-2021](#).
40. Karadede Ünal B., Dellaloğlu D. Digital analysis of tooth sizes among individuals with different malocclusions: A study using three-dimensional digital dental models. — *Sci Prog.* — 2021; 104 (3): 368504211038186. [PMID: 34490798](#)
41. Hernández-Vázquez R.A., Urriolagoitia-Sosa G., Marquet-Rivera R.A., Romero-Ángeles B., Mastache-Miranda O.A., Vázquez-Feijoo J.A., Urriolagoitia-Calderón G. High-biofidelity biomodel generated from three-dimensional imaging (cone-beam computed tomography): A methodological proposal. — *Comput Math Methods Med.* — 2020; 2020: 4292501. [PMID: 32454882](#)
42. Esmaeilifard R., Paknahad M., Dokohaki S. Sex classification of first molar teeth in cone beam computed tomography images using data mining. — *Forensic Sci Int.* — 2021; 318: 110633. [PMID: 33279763](#)
43. Sang Y.H., Hu H.C., Lu S.H., Wu Y.W., Li W.R., Tang Z.H. Accuracy assessment of three-dimensional surface reconstructions of in vivo teeth from cone-beam computed tomography. — *Chin Med J (Engl).* — 2016; 129 (12): 1464–70. [PMID: 27270544](#)
44. Ge Z.P., Ma R.H., Li G., Zhang J.Z., Ma X.C. Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. — *Forensic Sci Int.* — 2015; 253: 133.e1–7. [PMID: 26031807](#)
45. Maddalone M., Citterio C., Pellegatta A., Gagliani M., Karanxha L., Del Fabbro M. Cone-beam computed tomography accuracy in pulp chamber size evaluation: An ex vivo study. — *Aust Endod J.* — 2020; 46 (1): 88–93. [PMID: 31617650](#)
46. Haghanifar S., Ghobadi F., Vahdani N., Bijani A. Age estimation by pulp/tooth area ratio in anterior teeth using cone-beam computed tomography: comparison of four teeth. — *J Appl Oral Sci.* — 2019; 27: e20180722. [PMID: 31411266](#)
47. Wolf T.G., Stiebritz M., Boemke N., Elsayed I., Paqué F., Wierichs R.J., Briseño-Marroquín B. 3-dimensional analysis and literature review of the root canal morphology and physiological foramen geometry of 125 mandibular incisors by means of micro-computed tomography in a German population. — *J Endod.* — 2020; 46 (2): 184–191. [PMID: 31889585](#)
48. Akli E., Araujo E.A., Kim K.B., McCray J.F., Hudson M.J. Enamel thickness of maxillary canines evaluated with microcomputed tomography scans. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2020; 158 (3): 391–399. [PMID: 32653347](#)
49. Olejniczak A.J., Grine F.E. Assessment of the accuracy of dental enamel thickness measurements using microfocal X-ray computed tomography. — *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol.* — 2006; 288 (3): 263–75. [PMID: 16463379](#)
50. Pentinpuuro R., Pesonen P., Alvesalo L., Lähdesmäki R. Crown heights in the permanent teeth of 47,XXX males. — *Acta Odontol Scand.* — 2017; 75 (5): 379–385. [PMID: 28446043](#)
51. Davies T.W., Delezene L.K., Gunz P., Hublin J.J., Berger L.R., Gidna A., Skinner M.M. Distinct mandibular premolar crown morphology in *Homo naledi* and its implications for the evolution of *Homo* species in southern Africa. — *Sci Rep.* — 2020; 10 (1): 13196. [PMID: 32764597](#)
52. Echtermeyer S., Metelmann P.H., Hemprich A., Dannhauer K.H., Krey K.F. Three-dimensional morphology of first molars in relation to ethnicity and the occurrence of cleft lip and palate. — *PLoS One.* — 2017; 12 (10): e0185472. [PMID: 29016629](#)