

ИЗМЕНЕНИЕ ТОРКА ФРОНТАЛЬНЫХ ЗУБОВ С ОЦЕНКОЙ ТОЛЩИНЫ КОСТНОЙ ТКАНИ НА КОНУСНО-ЛУЧЕВОМ КОМПЬЮТЕРНОМ ТОМОГРАФЕ

И. С. Копецкий¹, Н. Г. Мехсия¹✉, А. И. Копецкая¹, Д. А. Еремин¹, Д. Д. Орехова²

¹ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

² Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Изменения вестибуло-орального положения фронтальных зубов (торка) — важный этап в ортодонтическом лечении. Для наиболее точной диагностики, обеспечивающей врачу-ортодонт безопасное перемещение и изменение наклона фронтальной группы зубов, рекомендовано использовать конусно-лучевую компьютерную томографию. Данная методика позволяет оценить толщину костной ткани на различных уровнях корня исследуемого зуба, измерить длину корней фронтальных зубов, определить наклон и положение резцов. Целью исследования было с помощью компьютерных томограмм пациентов с патологическими и физиологическими наклонами зубов провести анализ толщины костной ткани и разработать универсальную таблицу, использование которой даст врачу-ортодонт сведения о необходимой толщине костной ткани в различных сегментах корня при изменении вестибуло-орального наклона. Используя данную таблицу, врач может оценить возможность запланированного перемещения зуба при изменении торка, приняв во внимание зоны критического дефицита кости, что обеспечит безопасное перемещение зуба, стабильную ретенцию и благоприятный исход ортодонтического лечения.

Ключевые слова: ортодонтическое лечение, толщина костной ткани, КЛКТ, центр сопротивления, торк зуба

Вклад авторов: И. С. Копецкий — анализ литературы; Н. Г. Мехсия — проведение исследования, сбор и анализ данных, А. И. Копецкая — обработка и анализ первичной документации; Д. А. Еремин — анализ данных; Д. Д. Орехова — анализ данных.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом РНИМУ им. Н. И. Пирогова (протокол № 116 от 26 марта 2012 г.); все участники исследования или их представители подписали добровольное информированное согласие.

✉ **Для корреспонденции:** Нана Гурамовна Мехсия
ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997; nilipelka@gmail.com

Статья получена: 16.03.2021 **Статья принята к печати:** 05.04.2021 **Опубликована онлайн:** 27.04.2021

DOI: 10.24075/vrgmu.2021.015

PLANNING ORTHODONTIC FRONTAL TEETH INCLINATION AND ESTIMATING BONE THICKNESS FROM CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IMAGES

Kopetskiy IS¹, Meskhiya NG¹ ✉, Kopetskaya AI¹, Eremin DA¹, Orekhova DD²

¹ Piragov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Changing the vestibulo-oral inclination (torque) of the frontal teeth is an important component of orthodontic treatment. Cone-beam computed tomography is recommended as an accurate diagnostic tool allowing the orthodontist to estimate the safety of frontal tooth movement and inclination. This tool is helpful in measuring bone thickness at different levels of the tooth root and estimating incisal inclination and position. The aim of our study was to analyze bone thickness in patients with pathologically and normally inclined teeth using CT images and to create a universal table that will provide useful information about the thickness of the bone around different segment of the root required for a safe change in tooth inclination. Using the proposed table, the orthodontist can assess the feasibility of the planned tooth movement in the setting of changed tooth inclination, with due account of critical bone deficit regions. This will ensure the safety of tooth movement, stable retention and a positive treatment outcome.

Keywords: orthodontic treatment, bone thickness, CBCT, center of resistance, torque

Author contribution: Kopetskiy IS analyzed the literature; Meskhiya NG conducted the study, gathered and analyzed clinical data; Kopetskaya AI processed and analyzed source medical records; Eremin DA, Orekhova DD performed data analysis.

Compliance with ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of Piragov Russian National Research Medical University (Protocol No.116 dated March 26, 2012); informed consent was obtained from all study participants or their legal representatives.

✉ **Correspondence should be addressed:** Nana G. Meskhiya
Ostrovityanova, 1, Moscow, 117997; nilipelka@gmail.com

Received: 16.03.2021 **Accepted:** 05.04.2021 **Published online:** 27.04.2021

DOI: 10.24075/brsmu.2021.015

Врач-ортодонт, планирующий ортодонтическое лечение, принимает во внимание ряд общих факторов: возраст пациента, способность организма к росту, пол, соматические заболевания, которые будут определять прогноз лечения. Так же важно учитывать местные факторы: механику перемещения зуба с центром сопротивления, наклон, витальность зуба, толщину костной ткани, окружающей зуб [1, 2]. В 1917 г. Fish впервые описал понятие центра сопротивления и указал на то, что есть точка, через которую проходит прилагаемая сила для линейного (без ротаций) перемещения свободного объекта, и это точка равновесия. Зуб не является свободным телом, потому как окружен тканями пародонта, поэтому локализация центра

сопротивления зуба будет зависеть от длины корня, количества корней и количества окружающей его кости [3]. Исследования показали, что центр сопротивления однокорневого зуба, окруженного костной тканью находится на 1/4–1/3 расстояния от цементно-эмалевой границы до верхушки корня [3–5].

Так, планируя изменения вестибуло-орального наклона зуба во фронтальном сегменте, врач должен учитывать толщину костной ткани, окружающей зубы [6, 7]. Важно правильно спрогнозировать перемещения зуба, чтобы избежать осложнений, которые могут возникнуть при дефиците костной ткани. При диагностике аномалий зубов широко используют рентгенологические методики

[8]. Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) дает возможность провести диагностику и измерение вестибулярной и оральной толщины костной ткани на разных уровнях длины корня для планирования ортодонтического лечения [8]. Перемещения зубов опасны при отсутствии данных КЛКТ о толщине костной ткани вокруг исследуемых корней [9–11]. Однако с помощью КЛКТ во фронтальном сегменте, в совокупности с предложенной нами методикой, врач-ортодонт может с точностью определить наклон и положение резцов, измерить объем костной ткани на разных уровнях длины корня исследуемого зуба, спрогнозировать конечное положение корня зуба после перемещения и тем самым обеспечить отсутствие ряда осложнений, связанных с дефицитом кости.

Цель исследования — разработать универсальную методику для оценки толщины костной ткани фронтальных зубов на основании КЛКТ для безопасного изменения их вестибуло-орального наклона (торка).

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Проводили анализ КЛКТ пациентов с целью изучения фронтального сегмента в области зубов 1.3–2.3; 3.3–4.3. Исследовали 106 томограмм пациентов в возрасте 20–35 лет. Критерии включения пациентов в исследование: наличие зубочелюстных аномалий во фронтальном отделе по сагиттальной плоскости; отсутствие заболеваний сердечно-сосудистой и эндокринной систем; отсутствие заболеваний крови. Критерии исключения: возраст пациентов моложе 20 и старше 35 лет; наличие беременности; женщины в период лактации; наличие общесоматической патологии; наличие заболеваний сердечно-сосудистой и эндокринной систем, заболеваний крови; системный остеопороз, курение. Среди обследованных было 45 (44,6%) мужчин и 61 (55,4%) женщина. Исследуемые томограммы были разделены на три группы: в первую группу вошли томограммы с нормальными наклонами резцов верхней и нижней челюсти, во вторую — с протрузией резцов верхней и нижней челюстей, в третью — с ретрузией резцов верхней и нижней челюстей. Для выявления взаимосвязи патологического наклона зубов и толщины кортикальной пластинки измерения проводили на уровне корня зуба в трех сегментах: пришеечной, средней и апикальной трети с вестибулярной и оральной поверхностями. КЛКТ выполняли на компьютерном томографе Planmeca ProMax 3D Mid Serh (Planmeca Oy; Финляндия) при позиционировании головы пациента вертикально. Центрацию выполняли по соответствующим световым меткам. Область сканирования включала одновременно верхнюю и нижнюю челюсти, верхнечелюстную пазуху, орбиту. Условия сканирования: напряжение — 90 кВ; сила тока — 12,5 мА. Минимальная информативная толщина среза составляла 0,2 мм, размер вокселя — 200 мкм, лучевая нагрузка — 90 мкЗв. Размер поля сканирования (FOV) составлял 16 × 16 см.

Очевидно, что качество компьютерных томограмм имеет преимущество перед телерентгенограммами по четкости изображения контуров на различных срезах. В них заложены возможности более точного определения основных линейных и угловых параметров по установленным точкам. Из исследования размером 16 × 16 выделяли фрагменты томограмм на сагиттальном срезе; далее по методу Шварца отмечали плоскость верхней (NL)

и нижней (ML) челюстей, определяли наклон и положение резцов как наклон оси зуба к плоскости основания верхней (NL) и нижней (ML) челюстям. На верхней челюсти изучали наружный нижний угол, а на нижней — внутренний верхний угол. Значение угла на верхней челюсти, равное $70^\circ + 5^\circ$, относили к норме; 70° и меньше — к протрузии резцов; 75° и больше — к ретрузии резцов. На нижней челюсти значение угла, равное $90^\circ + 5^\circ$, — относили к норме; меньше 90° — к ретрузии резцов, больше 95° — к протрузии резцов. Все данные заносили в индивидуальную карту пациента.

Полученные результаты подвергали статистической обработке с помощью программ «Microsoft EXCEL» и «STATGRAPHICS Plus 5.1». Определяли среднее арифметическое (M), ошибку ($\pm m$), среднюю арифметическую норму (M), ошибку нормы ($\pm m$). Все различия считали достоверными при значении $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При изучении томограмм фронтальных зубов определяли ряд параметров:

1) толщину костной ткани в пришеечной трети с вестибулярной поверхности на верхней челюсти измеряли от наружной кортикальной пластинки (Av) до наружной поверхности корня в пришеечной области (Bv); на нижней челюсти измеряли расстояние от наружной кортикальной пластинки (Gv) до наружной поверхности корня в пришеечной области (Hv) (рис. 1);

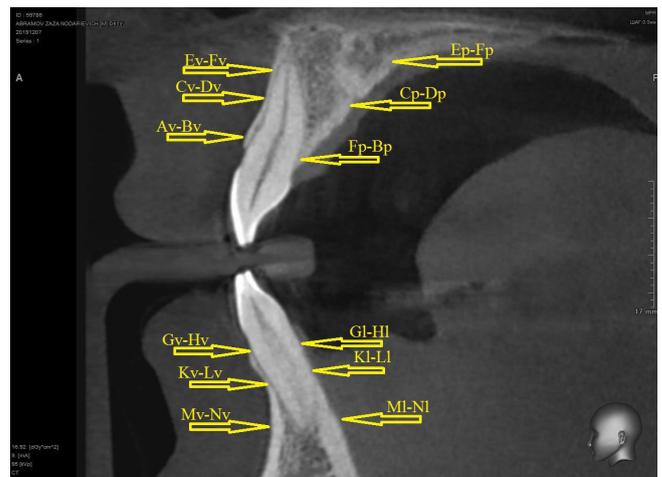


Рис. 1. Параметры измерения на верхней и нижней челюсти

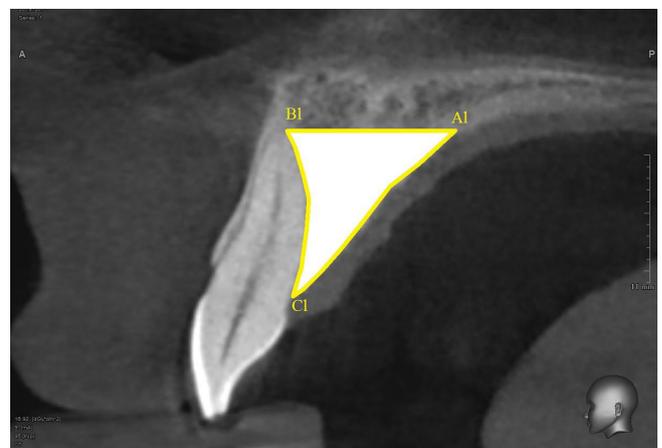


Рис. 2. Измерение площади костной ткани

2) толщину костной ткани в области средней трети с вестибулярной стороны измеряли от наружной кортикальной пластинки (Cv) до наружной поверхности корня зуба в средней трети (Dv); на нижней челюсти измеряли от наружной кортикальной пластинки (Kl) до наружной поверхности корня зуба в средней трети (Lv) (см. рис. 1);

3) толщину костной ткани с вестибулярной стороны в области апекса на верхней челюсти измеряли от апекса корня исследуемого зуба (Ev) до наружной кортикальной пластины (Fv); на нижней челюсти измеряли расстояние от апекса корня исследуемого зуба (Mv) до наружной кортикальной пластины (Nv) (см. рис. 1);

4) толщину костной ткани с палатинальной стороны в пришеечной трети на верхней челюсти измеряли от наружной кортикальной пластины (Fr) до лингвальной поверхности корня зуба (Br) в пришеечной области; на нижней челюсти измеряли расстояние от наружной кортикальной пластины Gl до лингвальной поверхности корня зуба (Hl) в пришеечной области (см. рис. 1);

5) толщину костной ткани с палатинальной стороны в средней трети измеряли от наружной кортикальной пластины (Cr) до лингвальной поверхности корня зуба в средней трети (Dr); на нижней челюсти измеряли расстояние от наружной кортикальной пластины (Kl) до лингвальной поверхности корня зуба в средней трети (Ll) (см. рис. 1);

6) толщину костной ткани с палатинальной поверхности в области апекса измеряли от апекса исследуемого зуба (Er) до наружной кортикальной пластины (Fr); на нижней челюсти измеряли от апекса корня исследуемого зуба (Ml) до наружной кортикальной пластины (Nl) (см. рис. 1);

7) площадь костной ткани с лингвальной и палатинальной поверхностями измеряли от наружной кортикальной пластинки в области апекса исследуемого зуба (Al) до апекса корня зуба (Bl) до верхнего (палатинального) свода (Cl) (рис. 2);

8) длину корня зуба измеряли от анатомической шейки зуба (A) до апекса (B) (рис. 3);

9) высоту межзубной перегородки измеряли от пика межзубной перегородки (A) до линии, соединяющей верхушки зубов (точка B) (рис. 4);

10) для определения степени выраженности протрузии и ретрузии фронтальной группы зубов использовали данные телерентгенограммы (ТРГ): значение углов на верхней челюсти U1–NL, где U1 — прямая, проходящая через ось резца к плоскости основания верхней челюсти (NL); измеряли нижний наружный угол; на нижней челюсти L1–ML, где L1 — прямая проходящая через ось нижнего резца к плоскости основания нижней челюсти (ML).

Нами были изучены схемы перемещения зуба в костной ткани для ретрузии и протрузии зубов на верхней и нижней челюстях (рис. 5, 6).

Описание схемы для состояния ретрузии на верхней челюсти

Преодоление разницы в углах (от состояния ретрузии до нормального) происходит за счет поворота относительно неподвижной точки сопротивления (точка O), точка O требует линейного перемещения в пришеечной трети и апикальной трети на величину, связанную с градусной мерой угловой разницы (см. рис. 6). Учитывая, что $BA \perp AC$ и $DC \perp CA$, линейное перемещение в пришеечной области можно определить так:

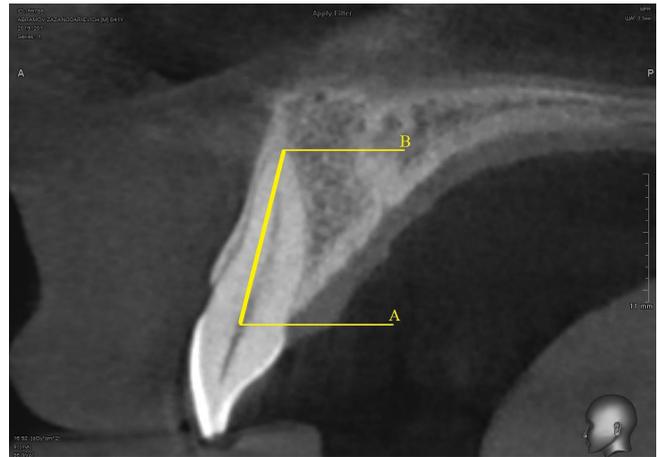


Рис. 3. Определение длины корня зуба

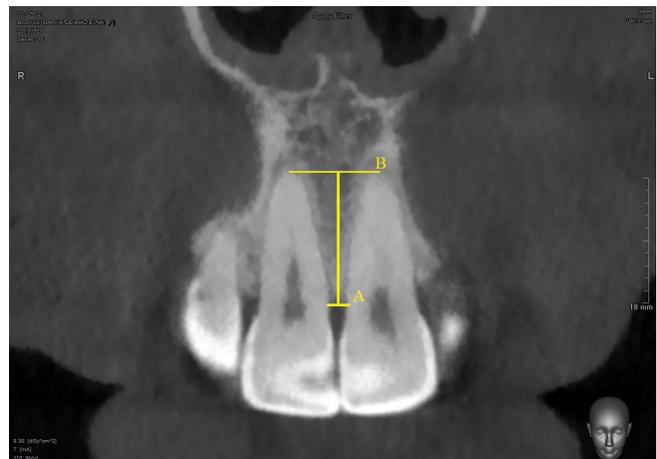


Рис. 4. Измерение высоты межзубных перегородок

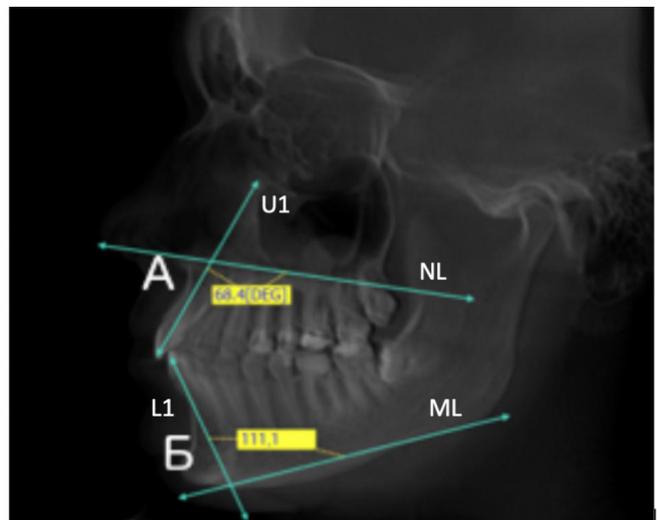


Рис. 5. Определение угла наклона резцов на верхней и нижней челюстях

$$\text{толщина}_{\text{вест}} \text{ВЧ} (1/3) = \frac{1}{3} L_{\text{корн}} \times \tan \alpha, \text{ где } \alpha = \angle \text{ВОА},$$

а линейное перемещение в апикальной области можно определить так:

$$\text{толщина}_{\text{вест}} \text{ВЧ} (3/3) = \frac{2}{3} L_{\text{корн}} \times \tan \alpha, \text{ где } \alpha = \angle \text{ВОА}.$$

Аналогичным образом рассчитывается необходимое линейное перемещение для состояния протрузии на верхней челюсти.

Таблица 1. Универсальная таблица линейных перемещений в костной ткани (мм) в зависимости от угла (градусы)

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
$9 \leq L < 10$							
1/3	[0,052...0,058]	[0,105...0,116]	[0,157...0,175]	[0,21...0,233]	[0,262...0,292]	[0,315...0,35]	[0,368...0,409]
3/3	[0,105...0,116]	[0,21...0,233]	[0,314...0,349]	[0,42...0,466]	[0,525...0,583]	[0,631...0,701]	[0,737...0,819]
$10 \leq L < 11$							
1/3	[0,058...0,064]	[0,116...0,128]	[0,175...0,192]	[0,233...0,256]	[0,292...0,321]	[0,35...0,385]	[0,409...0,45]
3/3	[0,116...0,128]	[0,233...0,256]	[0,349...0,384]	[0,466...0,513]	[0,583...0,642]	[0,701...0,771]	[0,819...0,9]
$11 \leq L < 12$							
1/3	[0,064...0,07]	[0,128...0,14]	[0,192...0,21]	[0,256...0,28]	[0,321...0,35]	[0,385...0,42]	[0,45...0,491]
3/3	[0,128...0,14]	[0,256...0,279]	[0,384...0,419]	[0,513...0,559]	[0,642...0,7]	[0,771...0,841]	[0,9...0,982]
$12 \leq L < 13$							
1/3	[0,07...0,076]	[0,14...0,151]	[0,21...0,227]	[0,28...0,303]	[0,35...0,379]	[0,42...0,455]	[0,491...0,532]
3/3	[0,14...0,151]	[0,279...0,303]	[0,419...0,454]	[0,559...0,606]	[0,7...0,758]	[0,841...0,911]	[0,982...1,064]
$13 \leq L < 14$							
1/3	[0,076...0,081]	[0,151...0,163]	[0,227...0,245]	[0,303...0,326]	[0,379...0,408]	[0,455...0,49]	[0,532...0,573]
3/3	[0,151...0,163]	[0,303...0,326]	[0,454...0,489]	[0,606...0,653]	[0,758...0,817]	[0,911...0,981]	[1,064...1,146]
$14 \leq L < 15$							
1/3	[0,081...0,087]	[0,163...0,175]	[0,245...0,262]	[0,326...0,35]	[0,408...0,437]	[0,49...0,526]	[0,573...0,614]
3/3	[0,163...0,175]	[0,326...0,349]	[0,489...0,524]	[0,653...0,699]	[0,817...0,875]	[0,981...1,051]	[1,146...1,228]
$15 \leq L < 16$							
1/3	[0,087...0,093]	[0,175...0,186]	[0,262...0,28]	[0,35...0,373]	[0,437...0,467]	[0,526...0,561]	[0,614...0,655]
3/3	[0,175...0,186]	[0,349...0,372]	[0,524...0,559]	[0,699...0,746]	[0,875...0,933]	[1,051...1,121]	[1,228...1,31]
$16 \leq L < 17$							
1/3	[0,093...0,099]	[0,186...0,198]	[0,28...0,297]	[0,373...0,396]	[0,467...0,496]	[0,561...0,596]	[0,655...0,696]
3/3	[0,186...0,198]	[0,372...0,396]	[0,559...0,594]	[0,746...0,793]	[0,933...0,992]	[1,121...1,191]	[1,31...1,392]
$17 \leq L < 18$							
1/3	[0,099...0,105]	[0,198...0,21]	[0,297...0,314]	[0,396...0,42]	[0,496...0,525]	[0,596...0,631]	[0,696...0,737]
3/3	[0,198...0,209]	[0,396...0,419]	[0,594...0,629]	[0,793...0,839]	[0,992...1,05]	[1,191...1,261]	[1,392...1,473]
$18 \leq L < 19$							
1/3	[0,105...0,111]	[0,21...0,221]	[0,314...0,332]	[0,42...0,443]	[0,525...0,554]	[0,631...0,666]	[0,737...0,778]
3/3	[0,209...0,221]	[0,419...0,442]	[0,629...0,664]	[0,839...0,886]	[1,05...1,108]	[1,261...1,331]	[1,473...1,555]
$19 \leq L < 20$							
1/3	[0,111...0,116]	[0,221...0,233]	[0,332...0,349]	[0,443...0,466]	[0,554...0,583]	[0,666...0,701]	[0,778...0,819]
3/3	[0,221...0,233]	[0,442...0,466]	[0,664...0,699]	[0,886...0,932]	[1,108...1,167]	[1,331...1,401]	[1,555...1,637]

Примечание: L — длина корня.

допустить резорбцию костной ткани в зоне дефицита кости.

Принцип использования таблицы:

1) измерьте длину корня зуба и толщину костной ткани в пришеечной и апикальной третях вестибулярно или орально;

2) посмотрите рекомендуемую толщину костной ткани, рассчитанную после изменения вестибуло-орального наклона зуба;

3) на основании полученных данных планируйте перемещение зубов во фронтальном участке при ортодонтическом лечении.

Рассмотрим на примере зуба 3.3 запланированное изменение вестибуло-орального наклона. Из таблицы взяты данные по толщине костной ткани зуба 3.3 при состоянии протрузии и ретрузии. Нами зафиксированы и отображены в табл. 3 исходные значения: длина корня зуба (L в мм); толщина костной ткани с вестибулярной поверхности в пришеечной трети (ТКТ вест. 1/3 в мм), апикальной трети (ТКТ вест. 3/3 в мм).

Так, анализируя толщину костной ткани возле зуба 3.3 при протрузии в пришеечной трети, можно запланировать изменение торка зуба на допустимое (безопасное) число градусов, сверившись с универсальной таблицей, где длина корня зуба будет в диапазоне от 13 до 14 мм. Соответственно, можно безопасно перемещать зуб 3.3 на 9°, учитывая объем костной ткани в пришеечной трети. В апикальной трети дефицита кости в этом участке нет. У зуба 3.3 при ретрузии длина корня будет в диапазоне от 16 до 17 мм, соответственно мы можем безопасно перемещать зуб 3.3 на 3°, так как больше нам не позволяет имеющийся дефицит костной ткани в указанной зоне, в апикальной трети дефицита не наблюдается.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В литературе обнаружено достаточное число исследований, которые описывают толщину кортикальной пластинки и альвеолярной кости у пациентов с патологическими

Таблица 2. Универсальная таблица линейных перемещений в костной ткани (мм) в зависимости от угла (градусы)

	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°
$9 \leq L^* < 10$								
1/3 вест	[0,422...0,468]	[0,475...0,528]	[0,529...0,588]	[0,583...0,648]	[0,638...0,709]	[0,693...0,77]	[0,748...0,831]	[0,804...0,893]
3/3 вест	[0,843...0,937]	[0,95...1,056]	[1,058...1,176]	[1,166...1,296]	[1,275...1,417]	[1,385...1,539]	[1,496...1,662]	[1,608...1,786]
$10 \leq L < 11$								
1/3 вест	[0,468...0,515]	[0,528...0,581]	[0,588...0,647]	[0,648...0,713]	[0,709...0,779]	[0,77...0,847]	[0,831...0,914]	[0,893...0,982]
3/3 вест	[0,937...1,031]	[1,056...1,161]	[1,176...1,293]	[1,296...1,425]	[1,417...1,559]	[1,539...1,693]	[1,662...1,828]	[1,786...1,965]
$11 \leq L < 12$								
1/3 вест	[0,515...0,562]	[0,581...0,634]	[0,647...0,705]	[0,713...0,778]	[0,779...0,85]	[0,847...0,923]	[0,914...0,997]	[0,982...1,072]
3/3 вест	[1,031...1,124]	[1,161...1,267]	[1,293...1,411]	[1,425...1,555]	[1,559...1,7]	[1,693...1,847]	[1,828...1,995]	[1,965...2,144]
$12 \leq L < 13$								
1/3 вест	[0,562...0,609]	[0,634...0,686]	[0,705...0,764]	[0,778...0,842]	[0,85...0,921]	[0,923...1]	[0,997...1,08]	[1,072...1,161]
3/3 вест	[1,124...1,218]	[1,267...1,373]	[1,411...1,528]	[1,555...1,685]	[1,7...1,842]	[1,847...2,001]	[1,995...2,161]	[2,144...2,322]
$13 \leq L < 14$								
1/3 вест	[0,699...0,795]	[0,686...0,739]	[0,764...0,823]	[0,842...0,907]	[0,921...0,992]	[1...1,077]	[1,08...1,164]	[1,161...1,25]
3/3 вест	[1,218...1,312]	[1,373...1,478]	[1,528...1,646]	[1,685...1,814]	[1,842...1,984]	[2,001...2,155]	[2,161...2,327]	[2,322...2,501]
$14 \leq L < 15$								
1/3 вест	[0,656...0,703]	[0,739...0,792]	[0,823...0,882]	[0,907...0,972]	[0,992...1,063]	[1,077...1,154]	[1,164...1,247]	[1,25...1,34]
3/3 вест	[1,312...1,405]	[1,478...1,584]	[1,646...1,763]	[1,814...1,944]	[1,984...2,126]	[2,155...2,309]	[2,327...2,493]	[2,501...2,679]
$15 \leq L < 16$								
1/3 вест	[0,703...0,75]	[0,792...0,845]	[0,882...0,94]	[0,972...1,037]	[1,063...1,134]	[1,154...1,231]	[1,247...1,33]	[1,34...1,429]
3/3 вест	[1,405...1,499]	[1,584...1,689]	[1,763...1,881]	[1,944...2,073]	[2,126...2,267]	[2,309...2,463]	[2,493...2,659]	[2,679...2,858]
$16 \leq L < 17$								
1/3 вест	[0,75...0,796]	[0,845...0,898]	[0,94...0,999]	[1,037...1,101]	[1,134...1,204]	[1,231...1,308]	[1,33...1,413]	[1,429...1,518]
3/3 вест	[1,499...1,593]	[1,689...1,795]	[1,881...1,998]	[2,073...2,203]	[2,267...2,409]	[2,463...2,617]	[2,659...2,826]	[2,858...3,037]
$17 \leq L < 18$								
1/3 вест	[0,796...0,843]	[0,898...0,95]	[0,999...1,058]	[1,101...1,166]	[1,204...1,275]	[1,308...1,385]	[1,413...1,496]	[1,518...1,608]
3/3 вест	[1,593...1,686]	[1,795...1,901]	[1,998...2,116]	[2,203...2,333]	[2,409...2,551]	[2,617...2,77]	[2,826...2,992]	[3,037...3,215]
$18 \leq L < 19$								
1/3 вест	[0,843...0,89]	[0,95...1,003]	[1,058...1,117]	[1,166...1,231]	[1,275...1,346]	[1,385...1,462]	[1,496...1,579]	[1,608...1,697]
3/3 вест	[1,686...1,78]	[1,901...2,006]	[2,116...2,233]	[2,333...2,462]	[2,551...2,692]	[2,77...2,924]	[2,992...3,158]	[3,215...3,394]
$19 \leq L < 20$								
1/3 вест	[0,89...0,937]	[1,003...1,056]	[1,117...1,176]	[1,231...1,296]	[1,346...1,417]	[1,462...1,539]	[1,579...1,662]	[1,697...1,786]
3/3 вест	[1,78...1,874]	[2,006...2,112]	[2,233...2,351]	[2,462...2,592]	[2,692...2,834]	[2,924...3,078]	[3,158...3,324]	[3,394...3,573]

наклонами зубов. Так, в 2007 г. на основании данных компьютерной томографии было описано положение резцов, верхушек корней зубов нижней челюсти и состояние костной ткани у пациентов с дистальной окклюзией и патологическими наклонами зубов, не находившихся на ортодонтическом лечении. Измерения проводили от верхушки корня зуба до внутренней границы кортикальной кости с вестибулярной и лингвальной сторон, отмечали углы наклона зубов, толщину костной ткани, окружающей зуб. Авторы работы сделали вывод о взаимосвязи угла вестибулярной костной ткани челюсти и угла наклона зубов, угла лингвальной кости и угла наклона резцов [12]. В

2009 г. другими исследователями также была изучена толщина костной ткани, однако не описана взаимосвязь угла наклона резцов и расстояния от вестибулярной и лингвальной кортикальных пластинок челюсти и верхушек корней зубов. Данное исследование подтверждает взаимосвязи угла наклона резцов с положением верхушек зубов и морфологией кости, окружающей зуб [13].

Выводы

КЛКТ обладает более высокой диагностической способностью с минимальной толщиной среза 0,2 мм, по сравнению с

Таблица 3. Сравнительная характеристика альвеолярной кости зуба 3.3 при состоянии протрузии и ретрузии

Зона измерения (мм)	Протрузия	Ретрузия	Достоверность
ТКТ вест. 1/3	0,73 ± 0,10	0,31 ± 0,05	$p < 0,001$
ТКТ вест. 3/3	3,39 ± 0,20	2,97 ± 0,12	$p > 0,05$
L корня	13,88 ± 0,24	16,71 ± 0,19	$p < 0,001$

Примечание: $p < 0,05$ — статистически значимые различия.

мультиспиральной КТ, использующей минимальный срез 1 мм, что диагностически не применимо в челюстно-лицевой области. Лучевая нагрузка при проведении КЛКТ составляет 61–134 мкЗв, при проведении ортопантомографии в 4 раза меньше, а при мультиспиральной КТ лучевая нагрузка 1,5–12,3 раза больше, чем в предложенном нами исследовании. КЛКТ дает преимущества по четкости изображения контуров и структур, позволяет более точно определить линейные и угловые параметры по установленным точкам. Использование универсальной таблицы дает возможность расчета необходимой толщины костной ткани на различных уровнях длины корня, при изменении вестибуло-орального наклона

зуба у пациентов с патологическими наклонами зубов позволяет рассчитать необходимую толщину костной ткани при планировании изменения торка резцов на этапе ортодонтического лечения. КЛКТ в совокупности с применением универсальной таблицы дает возможность наглядно оценить безопасное перемещение зуба и необходимую толщину костной ткани на различных уровнях корня перемещаемого зуба. Предлагаемая таблица упрощает диагностический этап при планировании ортодонтического лечения и помогает спланировать безопасное перемещение зуба с возможностью учета необходимой толщины костной ткани для зубов фронтальной группы.

Литература

1. Сингатуллина Д. Р., Хамитова Н. Х. Характер течения ретенционного периода у подростков после ортодонтического лечения в зависимости от состояния вегетативной нервной системы. Казанский медицинский журнал. 2012; 9 (4): 651–3.
2. Чибисова М. А., Орехова М. А., Серова Н. В. Клинико-рентгенологическая характеристика и алгоритм диагностического исследования на конусно-лучевом компьютерном томографе пациентов с заболеваниями пародонта. Лучевая диагностика и терапия. 2014; 4: 18–37.
3. Нанда Р. Биомеханика и эстетика в клинической медицине. М.: МЕДпресс-информ, 2009; 388 с.
4. Vanden Bulcke MM, Dermaut LR, Sachdeva RC. Location of centers of resistance for anterior teeth during retraction using the laser reflection technique. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1987; 91: 375–84.
5. Dathe H, Nägerl H, Kubein-Meesenburg D. A caveat concerning center of resistance. Journal of Dental Biomechanics. 2013; 4: 1–7.
6. Дубинин А. Л., Няшин Ю. И., Осипенко М. А., Еловицова А. Н., Няшин М. Ю. Оптимизация ортодонтического перемещения зубов. Российский журнал биомеханики. 2016; 20 (1): 37–47.
7. Шкарин В. В., Доменюк Д. А., Дмитриенко С. В., Порфириадис М. П., Фомин И. В., Бородин В. А. Современные подходы к определению угла инклинации зубов при диагностике и планировании ортодонтического лечения. Кубанский научный медицинский вестник. 2018; 25 (2): 156–165.
8. Ведешина Э. Г. Оптимизация современных методов диагностики и лечения пациентов с аномалиями и деформациями зубочелюстных дуг [диссертация]. Пятигорск, 2019; 371 с.
9. Доменюк Д. А., Гаража И. С., Карслиева А. Г., Ведешина Э. Г. и др. Применение достижений челюстно-лицевой рентгенологии в лечении зубочелюстных аномалий. Актуальные вопросы клинической стоматологии. В сборнике научных работ под редакцией Н. Н. Гаражи. Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2015; с. 119–23.
10. Вансванов А. М., Ильясова А. М., Ильясов А. М. Рентгенографическая и компьютерно-томографическая диагностика патологии челюстно-лицевой области. Вестник КазНМУ. 2014; 3 (2).
11. Дубинин А. Л., Осипенко М. А., Няшин Ю. И. Применение цифровых технологий при биомеханическом моделировании ортодонтического перемещения зубов. Российский журнал биомеханики. 2019; 23 (3): 359–74.
12. Yamada C, Kitai N, Kakimoto N, Muraami S, Furukawa S, Takada K. Spatial relationships between the mandibular central incisor and associated alveolar bone in adults with mandibular prognathism. Angle Orthod. 2007; 77: 766–72.
13. Yu Q, Pan X, Ji G, Shen G. The association between lower incisal inclination and morphology of the supporting alveolar bone — a cone-beam CT study. Int J Oral Sci. 2009; 1: 217–23.

References

1. Singatullina DR, Hamitova NH. Charakter techenija retencionnogo perioda u podrostkov posle ortodonticheskogo lechenija v zavisimosti ot sostojanija vegetativnoj nervnoj sistemy. Kazanskiy medicinskiy zhurnal. 2012; 9 (4): 651–3.
2. Chibisova MA, Orekhova MA, Serova NV. Kliniko-rentgenologicheskaja harakteristika i algoritm diagnosticheskogo issledovanija na konusno-luchevom komp'juternom tomografe pacientov s zabojevanijami parodontata. Luhevaja diagnostika i terapija. 2014; 4: 18–37.
3. Nanda R. Biomihanika i jestetika v klinicheskoi medicine. M.: MEDpress-inform, 2009; 388 s.
4. Vanden Bulcke MM, Dermaut LR, Sachdeva RC. Location of centers of resistance for anterior teeth during retraction using the laser reflection technique. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1987; 91: 375–84.
5. Dathe H, Nägerl H, Kubein-Meesenburg D. A caveat concerning center of resistance. Journal of Dental Biomechanics. 2013; 4: 1–7.
6. Dubinin AL, Nyashin Yul, Osipenko MA, Elovikova AN, Nyashin MYu. Optimizacija ortodonticheskogo peremeshhenija zubov. Rossijskij zhurnal biomehaniki. 2016; 20 (1): 37–47.
7. Shkarin VV, Domenyuk DA, Dmitrienko SV, Porfirjadis MP, Fomin IV, Borodina VA. Sovremennye podhody k opredeleniju ugla inklinacii zubov pri diagnostike i planirovanii ortodonticheskogo lechenija. Kubanskiy nauchnyj medicinskiy vestnik. 2018; 25 (2): 156–65.
8. Vedeshina YeG. Optimizacija sovremennykh metodov diagnostiki i lechenija pacientov s anomalijami i deformacijami zubochelestnykh dug [dissertacija]. Pjatigorsk, 2019; 371 s.
9. Domenyuk DA, Garazha IS, Karslieva AG, Vedeshina YeG, i dr. Primenenie dostizhenij chelestno-licevoj rentgenologii v lechenii zubochelestnykh anomalij Aktual'nye voprosy klinicheskoi stomatologii. V sbornike nauchnykh rabot pod redakciej N. N. Garazhi. Stavropol': Izd-vo StGMU, 2015; s. 119–23.
10. Vansvanov AM, Ilyasova AM, Ilyasov AM. Rentgenograficheskaja i komp'juterno-tomograficheskaja diagnostika patologii chelestno-licevoj oblasti. Vestnik KazNMU. 2014; 3 (2).
11. Dubinin AL, Osipenko MA, Nyashin Yul. Primenenie cifrovyykh tehnologij pri biomehanicheskom modelirovanii ortodonticheskogo peremeshhenija zubov. Rossijskij zhurnal biomehaniki. 2019; 23 (3): 359–74.
12. Yamada C, Kitai N, Kakimoto N, Muraami S, Furukawa S, Takada K. Spatial relationships between the mandibular central incisor and associated alveolar bone in adults with mandibular prognathism. Angle Orthod. 2007; 77: 766–72.
13. Yu Q, Pan X, Ji G, Shen G. The association between lower incisal inclination and morphology of the supporting alveolar bone — a cone-beam CT study. Int J Oral Sci. 2009; 1: 217–23.