



<https://doi.org/10.34883/PI.2026.10.2.005>
УДК 611.314:611.716.1:611.068



Попруженко Т.В. ✉, Адамцевич А.А., Соловчук А.Д.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Конусность корневого канала на этапах постэруптивного формирования постоянного верхнечелюстного центрального резца

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: замысел, дизайн, интерпретация результатов, подготовка статьи, редактирование – Т.В. Попруженко; сбор данных, анализ, подготовка статьи – А.А. Адамцевич, А.Д. Соловчук.

Подана: 04.06.2026

Принята: 15.06.2026

Контакты: tatsiana.papruzenka@gmail.com

Резюме

Введение. Конусность корневого канала – базовый фактор для планирования и выполнения эндодонтического лечения, однако количественных сведений о постэруптивном формировании корневого канала в доступной литературе нет.

Цель. Определить параметры конусности корневого канала постоянного верхнечелюстного правого центрального резца (зуба 11) на этапах его постэруптивного формирования.

Материалы и методы. Проведен морфометрический анализ изображений здоровых зубов 11 на 205 архивных конусно-лучевых компьютерных томограммах (КЛКТ) пациентов в возрасте от 8 до 25 лет. На изображении зуба 11 в сагиттальной плоскости определяли длину корневого канала, делили ее на 5 равных сегментов, измеряли диаметр канала на границах сегментов и рассчитывали показатели конусности всего канала (К) и каждого его сегмента (к_і; в том числе к₁ – устьевого, к₅ – апикального). Для статистической обработки данные были разделены на возрастные группы «8», «9», «10», «11», «12», «13», «15», «19–22», «23–25» численностью 21–23 случая в каждой. Анализ результатов выполнен методами непараметрической статистики.

Результаты. Показатели К зуба 11 стабилизируются к 10-летнему возрасту. Внутри- и межгрупповые различия между показателями К, к_і сохраняются до 13 лет. В группах 8–12-летних детей показатели конусности нарастают в направлении от к₁ к к₅; индивидуальная вариабельность к_і тем выше, чем ниже постэруптивный возраст зуба и чем коронарнее расположен сегмент канала.

Заключение. Формирование линейной конусности корневого канала зуба 11 продолжается до 13-летнего возраста, что необходимо иметь в виду при планировании эндодонтического лечения у детей, в том числе методами, отличными от холодной латеральной конденсации гуттаперчи.

Ключевые слова: дети, центральный верхнечелюстной постоянный резец, корневой канал, конусность, КЛКТ

Papruzhenka T. ✉, Adamthsevich A., Solovchuk A.
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Root Canal Taper at the Stages of Posteruptive Formation of the Permanent Maxillary Central Incisor

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: concept, design, interpretation of results, article preparation, editing – T. Papruzhenka; data collection, analysis, article preparation – A. Adamthsevich, A. Solovchuk.

Submitted: 04.06.2026

Accepted: 15.06.2026

Contacts: tatsiana.papruzhenka@gmail.com

Abstract

Introduction. Root canal taper is a fundamental factor in planning and performing endodontic treatment. However, quantitative data on post-eruptive root canal formation are lacking in the available literature.

Purpose. To determine the taper parameters of the root canal of the permanent maxillary right central incisor (tooth 11) during the stages of its post-eruptive maturation.

Materials and methods. A morphometric analysis of 205 archival cone-beam computed tomography (CBCT) scans of healthy teeth from 11 patients aged 8 to 25 years was performed. A sagittal image of tooth 11 was examined: the canal length was determined, divided into five equal segments, the canal diameter was measured at the segment boundaries, and the taper indices of the entire canal (K) and each segment (k_i ; including k_1 for the orifice and k_5 for the apical segment) were calculated. For statistical analysis, the data were divided into age groups of 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 19–22, and 23–25, each containing 21–23 cases. The results were analyzed using nonparametric statistics.

Results. The K values for tooth 11 stabilize by age 10. Intra- and intergroup differences between the K and k_i values persist until age 13. In groups of 8–12 year old children, the taper indices increase in the direction from k_1 to k_5 ; the individual variability of k_1 is higher, the lower the post-eruptive age of the tooth and the more coronal the canal segment is located.

Conclusion. The linear taper of the root canal of tooth 11 continues to develop until age 13, which is important to consider when planning endodontic treatment in children, including methods other than cold lateral condensation of gutta-percha.

Keywords: children, central maxillary permanent incisor, root canal, taper, CBCT

■ ВВЕДЕНИЕ

Конусность канала корня зуба – параметр, важный для планирования и успеха эндодонтического лечения. Дети в возрасте 6–12 лет составляют около 7% всех пациентов, обращающихся за эндодонтическим лечением [1], поэтому тема исследования имеет существенное значение для стоматологической практики. До сих пор лечение постоянных зубов с осложненным кариесом у детей является более трудной задачей, чем стандартное эндодонтическое лечение взрослых, что связано в первую очередь с особенностями морфологии корневых каналов зубов в первые



годы после прорезывания [1, 2]. Благодаря классическим исследованиям, выполненным в 1950–1970-х гг., известны возрастные морфологические характеристики постэруптивного формирования зубов: увеличение длины корня, трансформации просвета канала от «раструба» к параллельным стенкам до формирования верхушки; продолжительность постэруптивного созревания корня, описанного в этих терминах, составляет от 2 до 3 лет [3–6]. До настоящего времени проблемы формирования корня зуба остаются в поле научных исследований, сосредоточенных, однако, в основном на молекулярных механизмах преруптивных этапов [7, 8]. Притом что краеугольным камнем современной инструментальной подготовки корневых каналов к последующему герметичному заполнению является выверенная конусность канала [9, 10], данных о том, как скоро корневой канал молодого постоянного зуба приближается к эндодонтическим стандартам, в доступной литературе нет.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить параметры конусности корневого канала постоянного верхнечелюстного центрального резца (зуба 11) на этапах его постэруптивного формирования.

Задачи:

- 1) измерить длину корневого канала постоянного верхнечелюстного центрального резца и диаметр его просвета на границах 5 равных сегментов;
- 2) рассчитать показатели общей и сегментарной конусности корневого канала в разных возрастных группах;
- 3) оценить возрастные изменения конусности и вариабельность показателей сегментарной и общей конусности.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен ретроспективный морфометрический анализ 205 архивных конусно-лучевых компьютерных томограмм (КЛКТ) здоровых центральных правых резцов пациентов в возрастных группах от 8 до 25 лет. Изображения были получены в 2025 г. при помощи рентгенодиагностической системы Sirona Galileos (Германия) с программным обеспечением Sidexis-4. Работа с цифровым архивом выполнялась при согласии пациентов на обработку их данных.

Исследовали изображение зуба 11 в сагиттальной плоскости при фиксированных настройках с применением программного инструмента «линейка». В каждом случае определяли длину корневого канала (L , мм): за устьевую точку отсчета принимали эмалево-цементную границу; апикальной точкой на ранних стадиях формирования корня служил апикальный край минерализованных стенок корня, позже – апикальное отверстие. Полученную длину делили на 5 равных сегментов (l , мм), после чего измеряли диаметр корневого канала на границах сегментов (D , мм). Затем рассчитывали общую конусность канала (K) и величины конусности для каждого сегмента канала от устьевого k_1 до апикального k_5 как отношение разности диаметров просвета на концах канала/сегмента к его длине ($\Delta D/l$) [9].

Для статистической обработки данные были разделены на возрастные группы, традиционно ассоциируемые с этапами постэруптивного формирования верхнечелюстных центральных постоянных резцов (группы «8», «9», «10», «11», «12», «13») [3] и «эталонные» группы с априори зрелым статусом корней этих зубов («15»,

«19–22», «23–25»); численность объектов исследования в каждой группе составила 21–23 случая. Параметры рядов данных и различия между ними изучали с использованием методов непараметрической статистики, в том числе критерия Манна – Уитни с поправкой Бонферрони – Холма (различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$), межквартильного размаха IQR как показателя вариабельности показателей конусности.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показали, что общая конусность корневого канала постоянного верхнечелюстного центрального резца достигает относительной стабильности к 10-летнему возрасту (рис. 1). Так, в группе «8» имели место отрицательные величины конусности, соответствующие стадии раструба (Me [LQ; HQ] = 0,04 [–0,03; 0,07]). Показатели конусности становились положительными и росли в течение еще 2 лет (K «9» = 0,04 [0,00; 0,08], K «10» = 0,11 [0,07; 0,12]), при этом ряды групп «8», «9» и «10» значимо отличались между собой ($p < 0,01$). По достижении 10 лет показатели общей конусности корневого канала стабилизировались (при продолжающемся до 12 лет уменьшении устьевого и апикального диаметра канала): различия между рядами значений K групп «10», «11», «12», «13», «15», «19–22», «23–25» уже не достигали уровня статистической значимости.

Предварительное сопоставление КЛКТ-изображений зуба 11 у пациентов в возрасте 10 лет и 21 года показало, что и при сформированной верхушке корня геометрия корневого канала имеет возрастные особенности: у 10-летнего пациента контуры канала описываются ломаными линиями, а у 21-летнего пациента – прямыми (рис. 2).

Результаты анализа рядов показателей сегментарной и общей конусности корневого канала зуба 11 у детей в группах «8», «9», «10», «11», «12» и «13» представлены на рис. 3.

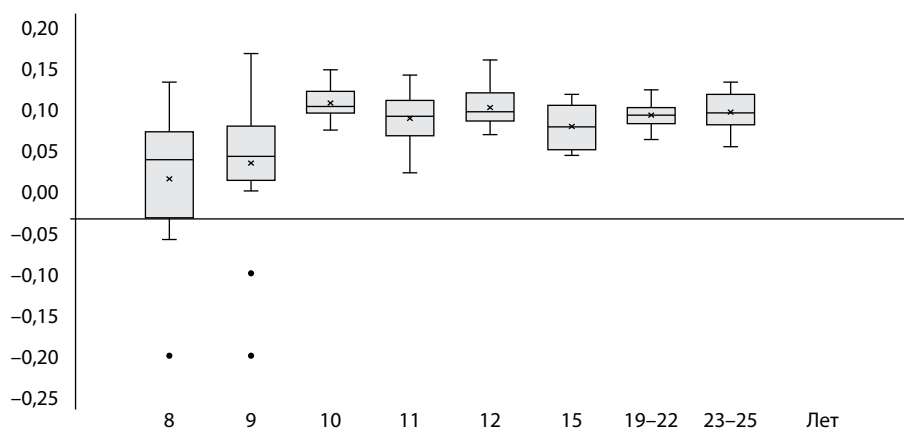


Рис. 1. Показатели общей конусности корневого канала зуба 11 в возрастных группах от 8 до 25 лет (по результатам измерений КЛКТ-изображений зубов в сагиттальной плоскости)
Fig. 1. The values of the overall taper of the root canal of tooth 11 in age groups from 8 to 25 years (based on the results of measurements of CBCT images of teeth in the sagittal plane)



Рис. 2. КЛКТ-изображения в сагиттальной плоскости корневых каналов зубов 11 у пациентов в возрасте 10 лет и 21 года
Fig. 2. CBCT images in the sagittal plane of the root canals of teeth of 11 patients aged 10 and 21 years

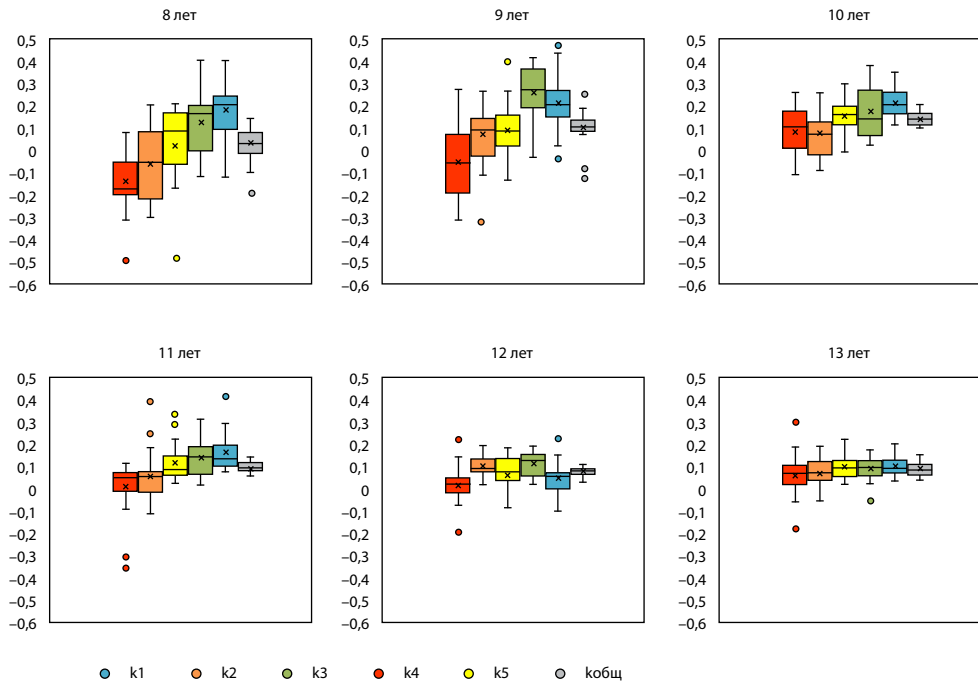


Рис. 3. Показатели сегментарной и общей конусности корневого канала зуба 11 у детей в возрасте 8–13 лет
Fig. 3. The values of segmental and overall taper of the root canal of tooth 11 in children aged 8–13 years

При рассмотрении диаграмм заметно (и подтверждается статистическим анализом), что показатели конусности отдельных участков канала внутри возрастной группы различаются между собой и отличаются от величины общей конусности, рассчитанной для возрастной группы, вплоть до достижения 13-летнего возраста. В частности, даже после закрытия верхушки и обретения стабильной общей конусности апикальные сегменты канала имеют большую, а устьевые сегменты – меньшую величину конусности, чем общая конусность: так, в группе «10» $k_1 = 0,1$ $[-0,06; 0,17]$, $k_5 = 0,20$ $[0,15; 0,25]$ при $K = 0,13$ $[0,10; 0,15]$ ($p_{k_1, k_5} < 0,01$; $p_{k_1, K} < 0,05$; $p_{k_5, K} < 0,01$), в группе «11» $k_1 = 0,02$ $[-0,02; 0,08]$, $k_5 = 0,17$ $[0,11; 0,20]$ при $K = 0,13$ $[0,10; 0,20]$ ($p_{k_1, k_5} < 0,01$; $p_{k_1, K} < 0,01$; $p_{k_5, K} < 0,01$).

Индивидуальная вариабельность сегментарных показателей IQR наиболее высока в первые годы после прорезывания зуба 11 и затем постепенно снижается (рис. 4): на возрастном промежутке от 8 до 13 лет показатель IQR для сегментов k_1 и k_2 снижается с 0,25 до 0,10, для сегментов k_3 и k_4 – с 0,18 до 0,08, для апикального сегмента – с 0,16 до 0,04. Показатели общей конусности варьируются меньше сегментарных показателей и спускаются на плато еще до закрытия верхушки корня. Наибольшая вариабельность показателей в период до закрытия верхушки корня характерна для ближайших к устью сегментов корневого канала k_1 и k_2 , в последующие годы (до обретения классической конусности) – для показателей средних сегментов k_3 и k_4 ; IQR параметров апикального сегмента k_5 минимизируется раньше прочих сегментарных.

Исследование, проведенное с применением современных средств визуализации, подтвердило общепринятые представления о том, что постэруптивное формирование верхушки корня канала резца занимает около 2 лет [3, 5], после чего (для зуба 11 – с 11-летнего возраста) показатели конусности канала достигают постоянной величины.

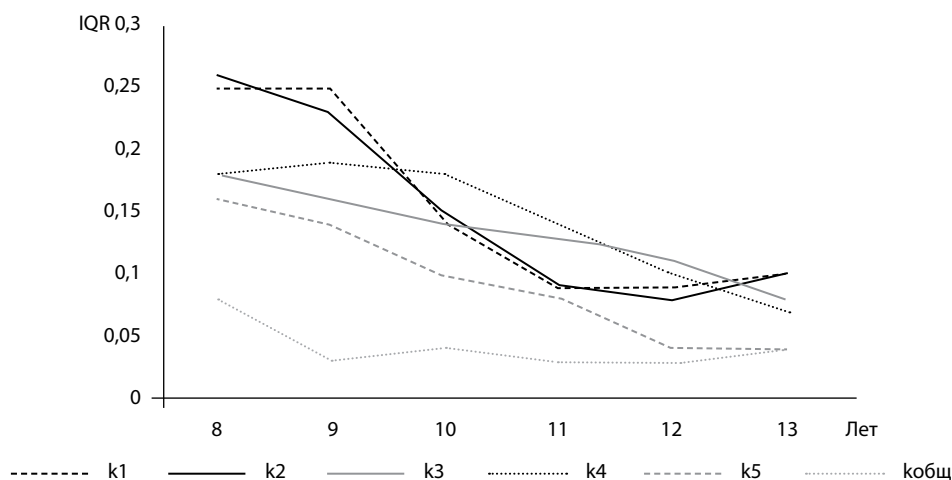


Рис. 4. Межквартильный размах (IQR) показателей сегментарной и общей конусности корневого канала зуба 11 у детей в возрасте 8–13 лет

Fig. 4. Interquartile range (IQR) of the segmental and overall taper of the root canal of tooth 11 in children aged 8–13 years



В классических руководствах по эндодонтическому лечению детей внимание сосредоточено на особенностях лечения зубов с несформированной верхушкой; после того как диаметр верхушечного отверстия уменьшится до № 40–50 по ISO, ограничения в выборе методов обработки и заполнения корневого канала, как правило, не обсуждаются (иногда в общих словах упоминают риски, связанные с малой толщиной стенок канала) [2]. Поскольку наиболее распространенным методом и «золотым стандартом» эндодонтического лечения остается obturation корневого канала методом латеральной конденсации холодной гуттаперчи, для успеха которого необходимо иметь/обеспечить ту или иную конусность канала, чтобы плотно заполнить его объем штифтами соответствующей конусности с небольшим количеством связующего материала-силера [10], стоматологу нужно знать, в какой степени молодой зуб с недавно сформированной верхушкой может быть пригоден для такой работы.

В результате проведенного исследования появились первые количественные данные о сегментарной конусности канала зуба 11 в первые годы после прорезывания (см. выше). В рамках изучения природы одонтогенеза эти данные можно интерпретировать следующим образом: после прорезывания зуба сужение просвета корневого канала на протяжении от устья до верхушки происходит отнюдь не синхронно – прежде всего формируется апикальный сегмент, затем с разной скоростью утолщаются стенки срединных сегментов корня и в последнюю очередь стенки устьевого сегмента (чем моложе зуб и коронарное сегмент корневого канала, тем более выражены индивидуальные особенности динамики отложения вторичного дентина). Процесс выравнивания контуров канала до прямой линии и, соответственно, совпадения показателей сегментарной конусности с показателями общей занимает около 5 лет. С практической точки зрения полученные нами результаты убедительно указывают на то, что факт созревания верхушки корня молодого зуба сам по себе не означает пригодности канала к стандартному эндодонтическому лечению: канал все еще может иметь ломаные контуры, которые нельзя выровнять в технике шейпинга из-за малой толщины стенок корня; заполнения же поднутрений в сегментах канала с низкой конусностью силером этот метод не предусматривает. Следовательно, для эндодонтического лечения таких зубов необходимо рассматривать другие технические подходы; можно предположить успех инъекционной obturation корневого канала жидкой гуттаперчей или применения метода одного штифта с использованием гирроскопических (кальций-силикатных) силеров.

■ ВЫВОДЫ

1. Показатели общей конусности корневого канала зуба 11 достигают относительной стабильности к 10-летнему возрасту, тогда как показатели сегментарной конусности канала имеют статистически значимые отличия между собой и в сравнении с общей конусностью канала в группах 8-, 9-, 10-, 11- и 12-летних детей. Таким образом, процесс формирования корневого канала зуба 11 до обретения им стандартной линейной конусности продолжается в течение 5 лет после прорезывания.
2. При планировании эндодонтического лечения постоянных верхнечелюстных центральных резцов у детей младше 13 лет важно учитывать особенности морфологии формирующегося корневого канала.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Lee S.M., Yu Y.H., Karabucak B. Endodontic treatments on permanent teeth in pediatric patients aged 6–12 years old. *J Dent Sci.* 2023;18(3):1109–1115.
2. Gupta S., Sodhi S.P.S., Nath G.K.B.R., et al. Endodontic treatment of immature tooth – a challenge. *J Pre-Clin Clin Res.* 2020;14(3):73–79. doi: 10.26444/jpccr/126280
3. Demirjian A., Goldstein H., Tanner J.M. A new system of dental age assessment. *Hum Biol.* 1973;45(2):211–227.
4. Gleiser I., Hunt E.E. The permanent mandibular first molar: its calcification, eruption and decay. *Am J Phys Anthropol.* 1955;13(2):253–283.
5. Moorrees C.F.A., Fanning E.A., Hunt E.E. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res.* 1963;42(6):1490–1502.
6. Nolla C.M. The development of the permanent teeth. *J Dent Child.* 1960;27(4):254–265.
7. Black N., Chai Y. Current understanding of the regulatory mechanism of tooth root development and future perspectives. *J Calif Dent Assoc.* 2023;51(1):2194560. doi: 10.1080/19424396.2023.2194560
8. Goldberg M. Tooth Root Formation. *J Dent Health Oral Res.* 2022;3(3):1–10.
9. GOST R 50351.1–92 (ISO 3630–1–90) (1993). *Dental root-canal instruments. Part 1: Files, reamers, barbed broaches, rasps, paste carriers, explorers and cotton broaches.* Moscow: Standards Publ. (In Russ.)
10. Srivastava S. Root Canal Instrumentation: Current Trends and Future Perspectives. *Cureus.* 2024 Apr 11;16(4):e58045. doi: 10.7759/cureus.58045