

# Установление корреляции между воздействием на зубы механических нагрузок в ходе ортодонтического лечения и появлением в них дентиклей

В.А. Осипова , Н.В. Зубкова , А.А. Коляда 

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, г Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ veraosipova@mail.ru

## Резюме

**ВВЕДЕНИЕ.** В процессе лечения на брекет-системах могут быть исправлены патологии прикуса, височно-нижнечелюстного сустава, улучшены эстетика лица и улыбки. Однако наряду с положительным влиянием брекет-систем, существует ряд негативных эффектов, одним из которых является образование дентиклей в результате воздействия механических нагрузок в процессе ортодонтического лечения. Изучение не только достоинств, но и недостатков брекет-систем может позволить с помощью современных технологий минимизировать минусы лечения на несъемной ортодонтической аппаратуре.

**ЦЕЛЬ.** Установление влияния механических сил, приложенных к зубу в ходе ортодонтического лечения с применением брекет-системы, на образование и увеличение в размерах дентиклей.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Изучена 41 конусно-лучевая компьютерная томограмма (КЛКТ) пациентов в возрасте от 11 до 59 лет, отобранных методом случайной выборки, проходивших лечение на несъемной ортодонтической аппаратуре в течение двух лет. Всего было найдено 90 зубов, в пульпе которых дентикли образовались первично или произошло увеличение их в размерах. Был проведен анализ КЛКТ в программном обеспечении Planmeca Romexis Review до и через 2 года после проведенного ортодонтического лечения. Статистически значимыми признавались результаты при  $p < 0,05$ .

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В 87,2% ( $n = 30$ ) случаев было зафиксировано формирование и развитие дентиклей после ношения ортодонтических конструкций). Первичное образование дентиклей произошло в 46,2% ( $n = 18$ ) случаев, а увеличение в размерах дентиклей наблюдалось в 25,6% ( $n = 10$ ) случаев.

**ВЫВОДЫ.** Полученные статистические данные подтверждают взаимосвязь воздействия на зубы механических нагрузок в ходе ортодонтического лечения и возникновения дентиклей.

**Ключевые слова:** дентикли, петрификаты, брекет-система, конусно-лучевая компьютерная томография

**Информация о статье:** поступила – 13.02.2024; исправлена – 02.04.2024; принята – 06.04.2024

**Конфликт интересов:** Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарности:** Финансирование и индивидуальные благодарности для декларирования отсутствуют.

**Для цитирования:** Осипова В.А., Зубкова Н.В., Коляда А.А. Установление корреляции между воздействием на зубы механических нагрузок в ходе ортодонтического лечения и появлением в них дентиклей. *Эндодонтия Today*. 2024;22(2):102–108. <https://doi.org/10.36377/ET-0016>

## Establishing correlation between teeth exposure to mechanical loads during orthodontic treatment and occurrence of denticles in teeth

Vera A. Osipova , Natalya V. Zubkova , Alisa A. Kolyada 

Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

✉ veraosipova@mail.ru

## Abstract

**INTRODUCTION.** Treatment with braces can correct pathologies of the bite, temporomandibular joint, and improve the facial and smile aesthetics. However, along with the positive effects of braces, there are a number of negative effects, one of which is the formation of denticles caused by mechanical stress during orthodontic treatment. Understanding not only the advantages, but also the disadvantages of braces systems can minimize the negative effects of treatment with non-removable orthodontic appliances by means of modern technologies.

**AIM.** Establishing the effects of mechanical forces applied to the tooth during orthodontic treatment with braces on the formation and growth of denticles.

**MATERIALS AND METHODS.** 41 cone-beam computed tomograms (CBCTs) of patients aged 11 to 59 years, randomly selected, treated with non-removable orthodontic appliances for two years were studied. A total of 90 teeth were found in which pulp denticles formed primarily or grew in size. CBCT was analyzed in Planmeca Romexis Review software before and 2 years after orthodontic treatment. Findings were recognized as statistically significant at  $p < 0.05$ .

**RESULTS.** The formation and development of denticles after wearing orthodontic appliances was observed in 87.2% ( $n = 30$ ) of cases. Primary denticle formation occurred in 46.2% ( $n = 18$ ) of cases, and an increase in denticle size was observed in 25.6% ( $n = 10$ ) of cases.

**CONCLUSIONS.** The obtained statistical data supports the relationship between the effects of mechanical stress on teeth during orthodontic treatment and denticle formation.

**Keywords:** denticles, calcifications, braces, cone-beam computerized tomography

**Article info:** received – 13.02.2024; revised – 02.04.2024; accepted – 06.04.2024

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

**Acknowledgments:** There are no funding and individual acknowledgments to declare.

**For citation:** Osipova V.A., Zubkova N.V., Kolyada A.A. Establishing correlation between teeth exposure to mechanical loads during orthodontic treatment and occurrence of denticles in teeth. *Endodontics Today*. 2024;22(2):102–108. (In Russ.) <https://doi.org/10.36377/ET-0016>

## ВВЕДЕНИЕ

Проблематика дентиклей подробно рассмотрена в аспекте терапевтической стоматологии с точки зрения трудностей, связанных с эндодонтическим лечением зубов, в каналах которых находятся дентикли. Наличие кальцификатов трактует необходимость использования дополнительных материалов, инструментов и временных затрат врача-стоматолога на лечения зубов с конкрементозным пульпитом [1]. Однако в аспекте ортодонтии вопрос влияния механических нагрузок на образование дентиклей изучен недостаточно.

Брекет-система оказывает значительное влияние на челюстно-лицевую область в процессе ортодонтического лечения [2–4]. Наряду с положительным влиянием брекет-систем, существует ряд негативных эффектов, к которым в том числе относится образование дентиклей.

Несмотря на наличие большой базы знаний в рамках темы осложнений после лечения на несъемных ортодонтических конструкциях, биологические механизмы достаточно хорошо изучены только относительно изменений в тканях пародонта, однако в пульпе зуба также могут формироваться патологические изменения, приводящие к обызвествлению и образованию дентиклей [5; 6].

Ортодонтическое лечение основывается на приложении механических сил к зубу в течении заранее определенного периода времени, от нескольких месяцев до лет. В 2015 г. было доказано, что клетки периодонта претерпевают ряд молекулярных изменений в результате воздействия этих сил [7]. Применение силы вызывает начальную воспалительную реакцию в периодонтальной связке (PDL) на ранних стадиях перемещения зубов. Эта стадия включает вазодилатацию наряду с переносом лейкоцитов из крови в ткани пародонта [8]. Затем инициируется взаимодействие между этими мигрировавшими клетками и клетками периодонта. В свою очередь, вырабатывается множество биохимических сигнальных молекул, включая цитокины. В течение одного-двух дней за этим следует хроническая воспалительная реакция, при которой фибробласты, эндотелиальные клетки, остеобласты и альвеолярные клетки костного мозга сменяют острую фазу. На этой стадии лейкоциты продолжают мигрировать и модулируют процесс ремоделирования [9].

Иностранные авторы приводят данные гистологических методов исследования, отражающих реакции пульпы, варьирующиеся от застоя в кровеносных сосудах до некроза в ответ на ортодонтическое лечение [10]. Влияние механических сил в рамках биомеханики перемещения зубов связаны со снижением частоты дыхания тканевых клеток наряду со

снижением активности щелочной фосфатазы и другими процессами, включая апоптоз, вакуолизацию одонтобластов и повреждение тканей. Кроме того, происходит увеличение количества микрососудов, что указывает на более высокие уровни ангиогенных факторов роста в тканях пульпы. Многие переменные, включая тип и направление движения кровотока в тканях пульпы, а также распределение, интенсивность и продолжительность усилия, влияют на то, насколько сильно изменяется пульпа зуба [11; 12].

В исследовании 2023 г. (J. Huokuna et al.) было установлено влияние ортодонтического лечения на уменьшение кровотока в пульпе и снижение чувствительности зубов, на что указывали повышенные пороговые значения реакции и увеличенное количество отрицательных ответов на тесты чувствительности зубов. Кроме того, наблюдалось повышение уровня экспрессии или активности ферментов и нейропептидов, связанных с гипоксией и воспалением. Также сообщалось о формировании фиброзной ткани в пульпе [13].

На фоне изменения микроциркуляция в здоровой пульпе зуба инициируется воспалительная реакция как часть сложного защитного механизма для поддержания целостности и здоровья пульпы зуба. Поэтому общепринято, что оценка кровоснабжения пульпы зуба является самым ранним показателем и может быть единственным доступным достоверным показателем фактического состояния пульпы [11]. Так, в отечественном исследовании О.А. Фролов и соавт. провели исследование сосудистых изменений пульпы на фоне ортодонтического лечения и выявили некоторые изменения со стороны гемодинамики. Например, было выявлено статистически достоверное снижение индекса периферического сопротивления (Пурсело) группы наблюдений после лечения, что свидетельствует об уменьшении сосудистого сопротивления току. Поскольку размер площади капиллярной фильтрации, величина транскапиллярного обмена и объемная скорость капиллярного кровотока в большей мере зависят от функциональной емкости капиллярного русла, определяемой числом открытых капилляров, то между этими параметрами имеется прямая зависимость. При этом снижение индекса Пурсело объясняется тем, что появляются артериоло-венулярные и венуло-венулярные анастомозы. То есть в результате длительно существующей нагрузки (ортодонтическое лечение) происходит сброс крови по шунтам, при этом уменьшается нутритивный кровоток и увеличивается юкстакапиллярный кровоток. В результате, можно сделать вывод, что ишемия тканей, возникающая в результате перемещения зубов при проведении ортодонтического лечения,

происходит ввиду статистически достоверного снижения эластических свойств сосудов, а также снижения периферического сопротивления кровотоку, что было выявлено в результате исследования [14].

Изучение не только достоинств, но и недостатков брекет-систем может позволить минимизировать минусы лечения на несъемной ортодонтической аппаратуре [11; 15].

## ЦЕЛЬ

Целью исследования явилось установление влияния механических сил, приложенных к зубу в ходе ортодонтического лечения с применением брекет-системы, на образование и увеличение в размерах дентиклей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучена 41 конусно-лучевая компьютерная томограмма (КЛКТ) пациентов, отобранных методом случайной выборки, проходивших лечение на несъемной ортодонтической аппаратуре в течение двух лет. Объектом исследования стали пациенты, у которых было установлено первичное образование или увеличение в размерах дентиклей. Предметом исследования стали зубы, в пульпе которых были зафиксированы морфологические изменения, возникшие в ходе ортодонтического лечения и установленные методом изучения отобранных КЛКТ и статистического анализа полученных данных. Всего было найдено 90 зубов, в пульпе которых дентикли образовались первично или произошло увеличение их в размерах.

Был проведен анализ конусно-лучевых компьютерных томограмм (КЛКТ) в программном обеспечении Planmeca Romexis Review до, во время и через 2 года после проведенного ортодонтического лечения. Использованы стандартные физико-технические условия сканирования: напряжение на рентгеновской трубке 120 кВ, сила тока 5 мА, экспозиция 23 секунды 3 импульса на каждые 6 секунд вращения, полный оборот вокруг объекта сканирования 360, размер вокселя 0,25, диаметр цилиндра 14 см, высота 8,5 см.



**Рис. 1.** Частота встречаемости различных клинических случаев

**Fig. 1.** Incidence rate of different clinical events

Статистический анализ полученных данных проводился на компьютере с использованием пакетов прикладных программ. Статистически значимыми признавались результаты при  $p < 0,05$ .

По полученным данным в ходе изучения КЛКТ-исследований все пациенты были стратифицированы на четыре группы:

- группа 1 – после ортодонтического лечения дентикли образовались впервые;
- группа 2 – дентикли увеличились в размерах;
- группа 3 – произошло увеличение в размерах дентиклей, а также первичное их образование в других зубах;
- группа 4 – не было обнаружено дентиклей как до, так и после ортодонтического лечения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенный сравнительный анализ КЛКТ-исследований пациентов до и через 2 года после ортодонтического лечения позволил сделать следующие выводы. Большую долю в выборке занимают пациенты, у которых отмечалось отсутствие дентиклей до лечения и было установлено первичное их образование после проведенного лечения – 46,2% ( $n=18$ ). Примерно четверть клинических случаев приходится на пациентов, у которых дентикли были до лечения и увеличились в размерах после – 25,6% ( $n=10$ ). Меньший удельный вес занимают пациенты, у которых наблюдалось увеличение в размере дентиклей после лечения и произошло первичное образование в других зубах – 15,4% ( $n=6$ ). И наименьшую группы составляют пациенты, у которых до и после лечения наблюдалось отсутствие дентиклей – 12,8% ( $n=5$ ), что подтверждает теорию о влиянии сил, приложенных к зубу в ходе ортодонтического лечения, на возникновение и прогрессирование развития дентиклей. В результате статистического анализа полученных данных были получены достоверные различия. Было обнаружено, что достоверно чаще встречается отсутствие дентиклей до лечения и первичное образование после проведенного лечения – 46,2% (рис. 1, табл. 1).

**Таблица 1.** Частота встречаемости различных клинических случаев

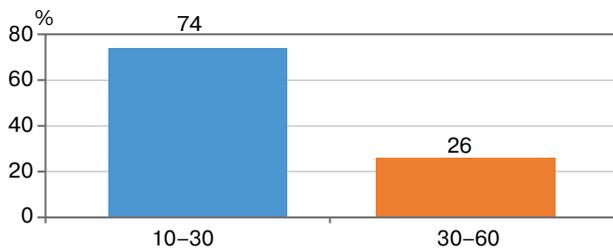
**Table 1.** Incidence rate of different clinical events

Группа	N	%
Отсутствие дентиклей до и после проведенного лечения	5	12,8
Отсутствие дентиклей до лечения и первичное образование после проведенного лечения	18	46,2
Наличие дентиклей до лечения и увеличение их в размере после проведенного лечения	10	25,6
Наличие одного дентикля до лечения и увеличение его в размере после проведенного лечения, а также первичное образование дентиклей в других зубах	6	15,4

*Примечание.*  $p$ -value = 0,003 (статистическая значимость различий между группами согласно срокам исследования, при  $p < 0,05$ ).

*Note.*  $p$ -value = 0,003 (statistical significant differences between groups according to the study period, at  $p < 0,05$ ).

Также было установлено, что в отобранной группе большую часть составляли пациенты молодого возраста от 10 до 30 лет (74%), меньшую пациенты среднего и пожилого возраста (26%). При этом разница статистически значима ( $p=0,001$ ) (рис. 2, табл. 2).



**Рис. 2.** Частота встречаемости дентиклей в зависимости от возраста

**Fig. 2.** Incidence rate of denticles by age

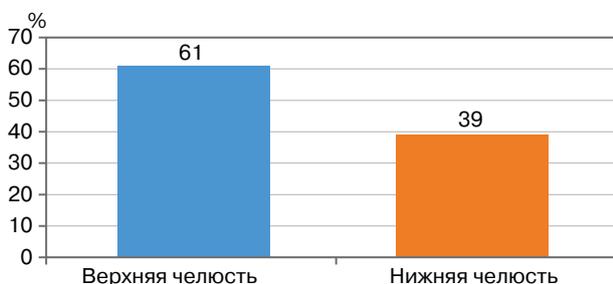
**Таблица 2.** Статистический анализ частоты встречаемости дентиклей в зависимости от возраста

**Table 2.** Statistical analysis of incidence rate of denticles by age

Возраст	N	%
10-30	23	74
30-60	8	26

*Примечание.*  $p$ -value = 0,001 (статистическая значимость различий между группами согласно срокам исследования, при  $p < 0,05$ ).

*Note.*  $p$ -value = 0,003 (statistical significant differences between groups according to the study period, at  $p < 0.05$ ).



**Рис. 3.** Частота встречаемости дентиклей в полости зубов на верхней и нижней челюстях

**Fig. 3.** Incidence rate of denticles in maxillary and mandibular dental cavities

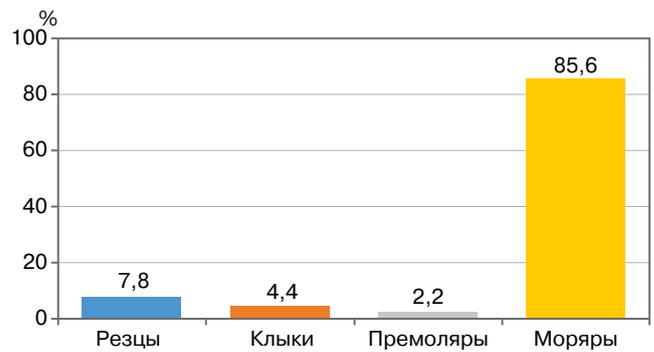
**Таблица 3.** Статистический анализ частоты встречаемости дентиклей в полости зубов на верхней и нижней челюстях

**Table 3.** Statistical analysis of incidence rate of denticles in maxillary and mandibular dental cavities

Группа	N	%
Верхняя челюсть	55	61
Нижняя челюсть	35	39

*Примечание.*  $p$ -value = 0,003 (статистическая значимость различий между группами согласно срокам исследования, при  $p < 0,05$ ).

*Note.*  $p$ -value = 0,003 (statistical significant differences between groups according to the study period, at  $p < 0.05$ ).



**Рис. 4.** Частота встречаемости дентиклей в зависимости от группы

**Fig. 4.** Incidence rate of denticles by group

**Таблица 4.** Статистический анализ частоты встречаемости дентиклей в зависимости от группы зубов

**Table 4.** Statistical analysis of incidence rate of denticles by tooth group

Группа зубов	N	%
Резцы	7	7,8
Клыки	4	4,4
Премоляры	2	2,2
Моляры	77	85,6

*Примечание.*  $p$ -value = 0,001 (статистическая значимость различий между группами согласно срокам исследования, при  $p < 0,05$ ).

*Note.*  $p$ -value = 0,003 (statistical significant differences between groups according to the study period, at  $p < 0.05$ ).

Кроме того, основываясь на данных, которые мы получили в ходе исследования, можно сделать вывод, что дентикли чаще возникают в зубах верхней челюсти (61%), реже – в зубах нижней челюсти (39%). Статистическая обработка полученных данных подтвердила результат. В ходе сравнительного анализа между исследуемыми группами были обнаружены достоверные различия по наличию дентиклей ( $p=0,003$ ). Дентикли у данных пациентов достоверно чаще встречались в зубах верхней челюсти – 61% (рис. 3, табл. 3).

В ходе нашего исследования мы также установили, что чаще всего дентикли возникают в зубах жевательной группы, среди которых большую долю занимают моляры (85,6%). Это может быть связано с тем, что именно на моляры в большей мере воздействует механическая нагрузка, в том числе в ходе ортодонтического лечения. Меньший удельный вес имеют зубы фронтальной группы – 7,8% приходится на резцы и 4,4% на клыки. На премоляры приходится лишь 2,2%. Различие статистически значимо ( $p=0,001$ ) (рис. 4, табл. 4).

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Клинический пример 1

Пациент В., 36 лет, обратился с целью прохождения ортодонтического лечения. В рамках первичного обследования было выполнено рентгенологическое исследование – КЛКТ. В ходе анализа КЛКТ было установлено отсутствие признаков наличия

дентиклей или других обызвествленных образований в полости зуба 2.7 (рис. 5). На рис. 6 представлена КЛКТ спустя два года ортодонтического лечения с применением металлической лигатурной брекет-системы на обе челюсти (последняя дуга – 020 сталь). В ходе анализа КЛКТ обнаруживается округлое обызвествленное образование с пристеночным расположением, крупных размеров, заполняющее почти всю коронковую часть полости зуба 2.7. Данный дентикль относится к интерстициальным (пристеночный дентикль, окруженный слоем вторичного дентина), поскольку отсутствует разница в рентгеноконтрастности на границе дентикля и дентина стенки полости зуба.

### Клинический пример 2

Пациент П., 29 лет, обратился с целью прохождения ортодонтического лечения. В рамках первичного обследования было выполнено рентгенологическое исследование – КЛКТ. В ходе анализа КЛКТ

было установлено отсутствие признаков наличия дентиклей или других обызвествленных образований в полости зуба 2.1 (рис. 7). На рис. 8 представлена КЛКТ в процессе ортодонтического лечения с применением металлической лигатурной брекет-системы на обе челюсти (последняя дуга на верхней челюсти 17x25 TMA). В полости зуба 2.1 обнаруживается крупного размера дентикль, расположенный в корневом канале вблизи устья. Он имеет пристеночное расположение и obturiрует корневой канал на 2/3. Обладает слабо выраженной рентгеноконтрастностью.

### Выводы

1. Полученные данные и их статистическая обработка позволяют сделать вывод в пользу подтверждения теории о влиянии механических нагрузок в ходе ортодонтического лечения на образование и прогрессирование дентиклей. В 87,2% ( $n=30$ ) случаев было зафиксировано формирование



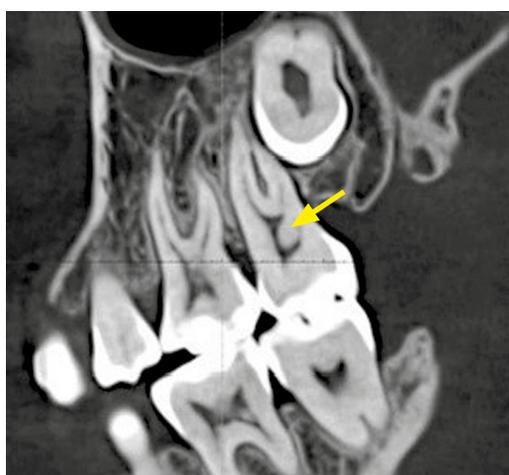
**Рис. 5.** КЛКТ-исследование до ортодонтического лечения

**Fig. 5.** CBCT examination before orthodontic treatment



**Рис. 7.** КЛКТ-исследование до ортодонтического лечения

**Fig. 7.** CBCT examination before orthodontic treatment



**Рис. 6.** КЛКТ-исследование спустя два года ортодонтического лечения

**Fig. 6.** CBCT examination after two years of orthodontic treatment



**Рис. 8.** КЛКТ-исследование в процессе ортодонтического лечения

**Fig. 8.** CBCT examination during orthodontic treatment

и развитие дентиклей после ношения ортодонтических конструкций. Первичное образование дентиклей произошло в 46,2% ( $n=18$ ) случаев, а увеличение в размерах дентиклей наблюдалось в 25,6% ( $n=10$ ) случаев.

2. В исследуемой выборке дентикли чаще встречались у пациентов в возрасте 10–30 лет (74%), реже у пациентов среднего и пожилого возрастов (26%).

3. Дентикли чаще возникали в зубах верхней челюсти (61%), реже – в зубах нижней челюсти (39%).

4. Дентикли чаще образовывались в зубах жевательной группы, среди которых большую долю занимают моляры (85,6%). Это может быть связано с тем, что именно на моляры в большей мере воздействует механическая нагрузка, в том числе в ходе ортодонтического лечения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Осипова В.А., Молокова В.А., Антонова И.Н., Коляда А.А. Дентикли: возможности диагностики и перспективы лечения (обзор литературы, часть 2). *Клиническая стоматология*. 2023;26(3):46–51. [https://doi.org/10.37988/1811-153X\\_2023\\_3\\_46](https://doi.org/10.37988/1811-153X_2023_3_46)  
Osipova V.A., Molokova V.A., Antonova I.N., Kolyada A.A. Denticles: study diagnostic and perspectives of treatment (a review, part II). *Clinical Dentistry (Russia)*. 2023;26(3):46–51. (In Russ.) [https://doi.org/10.37988/1811-153X\\_2023\\_3\\_46](https://doi.org/10.37988/1811-153X_2023_3_46)
- Бандура Е.А., Серова А.А., Шевякова Ю.А. Общее и местное влияние брекет-систем. *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. 2015;10(5):1211–1212. Режим доступа: <https://medconfer.com/files/archive/2015-10/2015-10-5-A-4907.pdf> (дата обращения: 03.02.2024).  
Bandura E.A., Serova A.A., Shevyakova Yu.A. General and local influence of bracket systems. *Bulletin of Medical Internet Conferences*. 2015;10(5):1211–1212. (In Russ.) Available at: <https://medconfer.com/files/archive/2015-10/2015-10-5-A-4907.pdf> (accessed: 03.02.2024).
- Оправин А.С., Вилова Т.В., Кузьмина Л.Н., Оводова Г.Ф., Давыдова Н.Г., Гагарина Т.Ю. *Эндодонтия. Болезни пульпы*. Архангельск: Северный государственный медицинский университет; 2015. 225 с.  
Opravin A.S., Vilova T.V., Kuzmina L.N., Ovodova G.F., Davydova N.G., Gagarina T.Yu. *Endodontics. Diseases of the pulp*. Arkhangelsk: Northern State Medical University; 2015. 225 p.
- Dhinesh K., Delphine Priscilla A.S. Calcified Canal and Negotiation – A Review. *Res J Pharm Technol*. 2018;11(8):3727–3730. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2018.00683.2>
- Li Y., Zhan Q., Bao M., Yi J., Li Y. Biomechanical and biological responses of periodontium in orthodontic tooth movement: up-date in a new decade. *Int J Oral Sci*. 2021;13(1):20. <https://doi.org/10.1038/s41368-021-00125-5>
- Suttorp C.M., Xie R., Lundvig D.M., Kuijpers-Jagtman A.M., Uijttenboogaart J.T., Van Rheden R., Maltha J.C., Wagener F.A. Orthodontic forces induce the cytoprotective enzyme Heme Oxygenase-1 in rats. *Front Physiol*. 2016;7:283. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00283>
- Javed F., Al-Kheraif A.A., Romanos E.B., Romanos G.E. Influence of orthodontic forces on human dental pulp: A systematic review. *Arch Oral Biol*. 2015;60(2):347–356. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2014.11.011>
- Krishnan V., Davidovitch Z. (eds) *Biological mechanisms of tooth movement*. Wiley-Blackwell; 2009. 256 p.
- Böhl M., Ren Y., Fudalej P.S., Kuijpers-Jagtman A.M. Pulpal reactions to orthodontic force application in humans: A systematic review. *J Endod*. 2012;38(11):1463–1469. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.07.001>
- Krishnan V., Davidovitch Z. (eds) *Biological mechanisms of tooth movement*. 2<sup>nd</sup> ed. NJ: Wiley-Blackwell; 2015. 314 p.
- Vinagre A., Castaheira C., Messias A., Paima P.J., Ramos J.C. Management of pulp canal obliteration-systematic review of case reports. *Medicina (Kaunas)*. 2021;57(11):1237–1238. <https://doi.org/10.3390/medicina57111237>
- Vitali F.C., Cardoso I.V., Mello F.W., Flores-Mir C., Andrada A.C., Dutra-Horstmann K.L., Duque T.M. Effect of orthodontic force on dental pulp histomorphology and tissue factor expression: A systematic review. *Angle Orthod*. 2021;91(6):830–842. <https://doi.org/10.2319/012221-65.1>
- Huokuna J., Loimaranta V., Laine M.A., Svedström-Oristo A.L. Adverse effects of orthodontic forces on dental pulp. Appearance and character. A systematic review. *Acta Odontol Scand*. 2023;81(4):267–277. <https://doi.org/10.1080/00016357.2022.2137232>
- Фролов А.О., Попов С.А., Артюшенко Н.К., Шалак О.В. Ультразвуковая доплерография в диагностике сосудистых изменений пульпы вертикально перемещаемых зубов с опорой на мини-имплантаты. *Институт стоматологии*. 2017;(1):64–66.  
Frolov A.O., Popov S.A., Artushenko N.K., Shalak O.V. Doppler ultrasound pulp diagnosis of teeth intruded with temporary anchorage devices. *The Dental Institute*. 2017;(1):64–66. (In Russ.)
- Siddiqui S.H., Mohamed A.N. Calcific metamorphosis: A review. *Int J Health Sci*. 2016;10(3):437–442. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/9233/6e8f1d1ff79863aea77e3ac182321d2c9dfc.pdf> (accessed: 03.02.2024).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Осипова Вера Анатольевна** – к.м.н., доцент кафедры пропедевтики стоматологических заболеваний, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»; 197022, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6/8; <https://orcid.org/0000-0002-1989-5460>

**Зубкова Наталья Вениаминовна** – к.м.н., доцент кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»; 197022, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6/8; <https://orcid.org/0000-0002-2709-5893>

**Коляда Алиса Александровна** – студент стоматологического факультета, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»; 197022, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6/8; <https://orcid.org/0000-0003-3437-4716>

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Vera A. Osipova** – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Dental Diseases Propaedeutics, Pavlov First St. Petersburg State Medical University; 6/8, Lev Tolstoy St., St. Petersburg 197022, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-1989-5460>

**Natalya V. Zubkova** – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Pavlov First St. Petersburg State Medical University; 6/8, Lev Tolstoy St., St. Petersburg 197022, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-2709-5893>

**Alisa A. Kolyada** – Student of the Faculty of Dentistry, Pavlov First St. Petersburg State Medical University; 6/8, Lev Tolstoy St., St. Petersburg 197022, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-3437-4716>

**ВКЛАД АВТОРОВ**

В.А. Осипова – существенный вклад в замысел и дизайн исследования; подготовка статьи или ее критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания.

Н.В. Зубкова – существенный вклад в замысел и дизайн исследования; подготовка статьи или ее критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания.

А.А. Коляда – существенный вклад в замысел и дизайн исследования; подготовка статьи или ее критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания.

**AUTHOR'S CONTRIBUTION**

Vera A. Osipova – has made a substantial contribution to the concept or design of the article; drafted the article or revised it critically for important intellectual content.

Natalya V. Zubkova – has made a substantial contribution to the concept or design of the article; drafted the article or revised it critically for important intellectual content.

Alisa A. Kolyada – has made a substantial contribution to the concept or design of the article; drafted the article or revised it critically for important intellectual content.