

<http://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-2-89-94>

Конусно-лучевая компьютерная томография в анализе эндодонтического лечения зубов (в эксперименте)

Петровская В.В.^{1, *}, Потрахов Н.Н.², Васильев А.Ю.³

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России,

ул. Десятская, 20, стр. 1, Москва, 127473, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)», ул. Профессора Попова, 5, Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация

³ ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики»,

ул. Авиаконструктора Миля, 15, корп. 1, Москва, 109431, Российская Федерация

Резюме

Цель исследования – определить особенности и эффективность использования микрофокусной конусно-лучевой компьютерной томографии (микро-КЛКТ) и конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) при анализе анатомии зубов и качества эндодонтического лечения.

Материал и методы. В экспериментальных условиях с помощью микро-КЛКТ и КЛКТ обследованы 8 препаратов удаленных зубов до и после эндодонтического лечения корневых каналов с применением различных видов пломбировочного материала.

Результаты. Микро-КЛКТ показала высокую информативность в определении вида, характера и качества пломбирования каналов, было диагностировано множество трещин и дополнительных канальцев. По данным микро-КЛКТ, верхушки зубов не запломбированы, эндодонтический материал неравномерно и неплотно заполняет просвет каналов, хорошо прослеживается ход гуттаперчевых штифтов, дифференцируется характер эндодонтического материала.

Заключение. Применение микро-КЛКТ открывает новые возможности в стоматологии с объемной визуализацией зубов, позволяя получать на рентгеновском изображении мелкие и малоконтрастные детали анатомического строения.

Ключевые слова: зубы; эндодонтическое лечение; эксперимент; конусно-лучевая компьютерная томография; микрофокусная конусно-лучевая компьютерная томография.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Петровская В.В., Потрахов Н.Н., Васильев А.Ю. Конусно-лучевая компьютерная томография в анализе эндодонтического лечения зубов (в эксперименте). *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2019; 100 (2): 89–94. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-2-89-94>

Статья поступила 22.01.2018 После доработки 14.02.2018 Принята к печати 26.02.2018

Cone Beam Computed Tomography in the Analysis of Endodontic Treatment of Teeth (in an Experiment)

Viktoriya V. Petrovskaya^{1, *}, Nikolay N. Potrakhov², Aleksandr Yu. Vasil'ev³

¹ A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Ministry of Health of the Russian Federation, ul. Delegatskaya, 20, stroenie 1, Moscow, 127473, Russian Federation

² Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ul'yanov (Lenin), ul. Professora Popova, 5, St. Petersburg, 197376, Russian Federation

³ Central Research Institute of Radiology,

ul. Aviakonstruktora Milya, 15, korpus 1, Moscow, 109431, Russian Federation

Abstract

Objective. To determine peculiarities when using microfocus cone beam computed tomography (micro-CBCT) and cone beam computed tomography (CBCT) to analyze the anatomy of the teeth and the quality of endodontic treatment.

Material and methods. Micro-CBCT and CBCT were experimentally used to examine 8 extracted tooth preparations before and after endodontic root canal treatment using different types of filling material.

Results. Micro-CBCT showed the high informative value of determining the type, nature, and quality of canal filling and diagnosed many cracks and accessory canals. According to the micro-CBCT findings, the tooth apices were not filled; the lumen of the canals was unevenly and loosely filled with endodontic material; the passages of guttapercha points were well traced; the nature of the endodontic material was differentiated.

Conclusion. Micro-CBCT opens up new opportunities in dentistry with tooth volume visualization, allowing the minor and low-contrast details of the anatomical structure of the teeth to be seen on the X-ray image.

Keywords: teeth; endodontic treatment; experiment; cone beam computed tomography; microfocus cone beam computed tomography.

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

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

For citation: Petrovskaya V.V., Potrakhov N.N., Vasil'ev A.Yu. Cone beam computed tomography in the analysis of endodontic treatment of teeth (in an experiment). *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2019; 100 (2): 89–94 (in Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-2-89-94>

Received 22.01.2018 Revised 14.02.2018 Accepted 26.02.2018

Введение

В стоматологической практике для анализа вида эндодонтического материала и качества пломбирования корневых каналов все чаще используют конусно-лучевую компьютерную томографию (КЛКТ) [1–3]. Данная методика позволяет получить объемное изображение зубов, изучить морфологические особенности пульпарной камеры, проходимость корневых каналов, что является необходимым условием для качественного эндодонтического лечения зубов. Однако из-за наличия высокоплотных эндодонтических материалов невозможно дифференцировать степень прилегания пломбировочного материала и наличие дополнительных каналцев [3–5].

Сочетание микрофокусной технологии съемки и конусно-лучевого принципа получения изображения имеет значительные перспективы и позволяет рассчитывать на получение новой и дополнительной информации об анатомических особенностях зубочелюстной системы [6–10].

Цель нашего исследования – определить особенности и эффективность использования микро-КЛКТ и КЛКТ при анализе анатомии зубов и качества эндодонтического лечения.

Материал и методы

Для эксперимента были отобраны препараты 8 удаленных зубов, проведена их конусно-лучевая компьютерная томография до и после эндодонтического лечения различными пломбировочными материалами. В ходе экспериментального исследования в качестве материалов для эндодонтического лечения использовались гуттаперчевые штифты разных марок с разным характером заполнения корневых каналов, стоматологический силикофосфатный цемент, резорцинформальде-

гидная паста, цинк-фосфатный цемент, паста на основе параформальдегида, цинк-оксид эвгенола, паста на основе эпоксидной смолы.

Для более детального анализа характера пломбировочного материала проводили микро-КЛКТ в лабораторных условиях. Препараты зубов устанавливали на вращающуюся платформу, которую поворачивали на 360° и с шагом в 5° выполняли снимок (рис. 1).

После выполнения исследования был получен набор данных для построения трехмерной реконструкции изучаемого объекта.

Результаты

В ходе эксперимента проводился анализ возможностей различных видов КЛКТ в определении особенностей строения зубов, диагностике количества

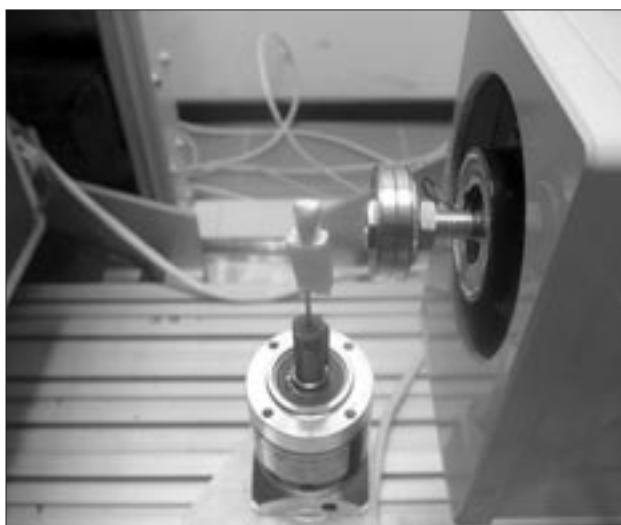


Рис. 1. Проведение микро-КЛКТ в экспериментальных условиях



Рис. 2. Препараты удаленных зубов



Рис. 3. КЛКТ: препараты зубов в коронарной плоскости. Определяются краевые дефекты коронок, что свидетельствует о наличии кариозных процессов в пределах эмали и дентина, визуализируются корни зубов и, менее отчетливо, количество каналов



а



б



в

Рис. 4. Этапы проведения эндодонтического лечения препаратов зубов:

а – формирование полости зуба; б – удаление наркотизированной пульпы и корневых каналов; в – obturation корневых каналов эндодонтическими материалами

корневых каналов, оценке качества эндодонтического лечения, характера пломбировочного материала.

При внешнем осмотре препаратов у всех зубов были обнаружены различные виды кариозных изменений, определены однокорневые зубы, также у 6 зубов отмечены внешние повреждения в виде трещин и сколов (рис. 2).

На следующем этапе экспериментального исследования была выполнена КЛКТ, в ходе которой диагностированы кариозные полости по жевательным поверхностям в пределах эмали и дентина, у каждого зуба визуализировалось по одному корню с одним или двумя каналами (рис. 3).

По данным КЛКТ определить количество дополнительных каналов (ответвлений), патологических включений и трещин, а также положение апикального отверстия не представлялось возможным.

Следующий этап эксперимента заключался в подготовке корневых каналов зубов к пломбированию различными видами эндодонтических материалов (рис. 4).

Из корневых каналов была удалена наркотизированная пульпа, полость зуба и корневые каналы

обработаны физиологическим раствором, высушены и заполнены различными эндодонтическими материалами, каждый зуб был пронумерован в соответствии с выбранным эндодонтическим материалом. Во всех случаях полость зуба была закрыта временной пломбой.

В ходе экспериментального исследования для лечения корневых каналов использовались несколько видов эндодонтических материалов. Все материалы имели разную структуру, характер приготовления и заполнения корневых каналов. Во всех случаях пломбировочные материалы после приготовления (замешивания) имеют однородную полужидкостную консистенцию для равномерного заполнения корневых каналов.

Препараты зубов были запломбированы различными эндодонтическими материалами (случайная выборка) (см. таблицу).

Для трехмерного сравнительного анализа особенностей анатомического строения зуба, характера эндодонтического материала и качества пломбирования выполнялись КЛКТ и микро-КЛКТ.

По данным КЛКТ определялось большое количество артефактов от высокоплотного пломбиро-

Распределение препаратов зубов и пломбировочного материала

Порядковый номер препарата зуба	Название пломбировочного материала	Свойства и характер пломбировочного материала
1	Гуттаперчевые штифты	Правильная лентовидная форма, штифты разного размера, уложены в корневые каналы Z-образно, в горизонтальном направлении
2	Цинк-оксид эвгенола	Порошок и раствор, формируют пастообразное вещество однородной структуры
3	Гуттаперчевые штифты	Правильная лентовидная форма, штифты разного размера, уложены в корневые каналы в вертикальном направлении
4	Паста на основе параформальдегида	Порошок и раствор, формируют пастообразное вещество
5	Резорцинформальдегидная паста	Порошок и раствор, формируют пастообразное вещество однородной консистенции
6	Цинк-фосфатный цемент	То же
7	Силикофосфатный цемент	»
8	Паста на основе эпоксидной смолы	Порошок и смола, густой однородной консистенции

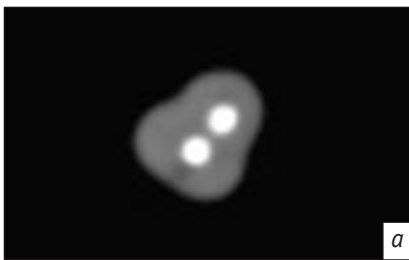


Рис. 5. КЛКТ: препараты зубов под номерами 1 (а) и 2 (б) в аксиальной плоскости на уровне средней трети корней. Определяется плохая дифференцировка структуры пломбировочного материала, который равномерно и плотно прилегает к стенкам корневых каналов

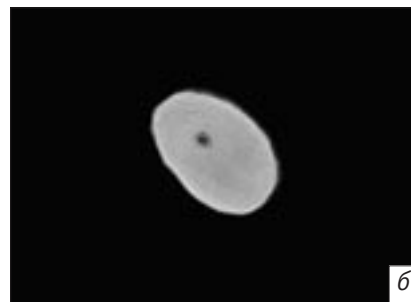


Рис. 6. Микро-КЛКТ: препараты зубов под номерами 2, 3, 6 в аксиальной плоскости на уровне верхушек корней. Определяются следы пломбировочного материала (цинк-оксид эвгенола) (а), отсутствует пломбировочный материал в корневых каналах на уровне верхушек корней зубов (б, в)

вочного материала, что не позволяло оценить характер его прилегания к стенкам каналов. В ходе исследования выявлено, что во всех случаях каналы запломбированы неравномерно, не до верхушек.

В полости зубов дифференцировать временный пломбировочный материал от различных видов эндодонтических препаратов невозможно. Наблюдалось большое количество артефактов, это не позволяло полноценно на всем протяжении каналов проследить степень прилегания материала к их стенкам, также не было возможности визуализировать наличие дополнительных каналов, трещин и апикальных отверстий (рис. 5).

Для более детальной оценки характера и качества эндодонтического лечения, определения од-

нородности пломбировочного материала, выявления дополнительных канальцев и трещин была проведена микро-КЛКТ. Результаты исследования показали высокую информативность этого метода по сравнению с КЛКТ. У препаратов под номерами 1, 3, 4, 5, 6, 7 верхушки зубов оказались не запломбированы, у зубов под номерами 2 и 8 отмечены следы пломбировочного материала, на остальном протяжении корневые каналы во всех случаях протечены неудовлетворительно, эндодонтический материал неравномерно и неплотно заполняет просвет каналов (рис. 6).

У препаратов зубов под номерами 1 и 5 определялись дополнительные каналы, в которых следов пломбировочного материала нет. Из всех материалов гуттаперчевые штифты были наиболее высо-

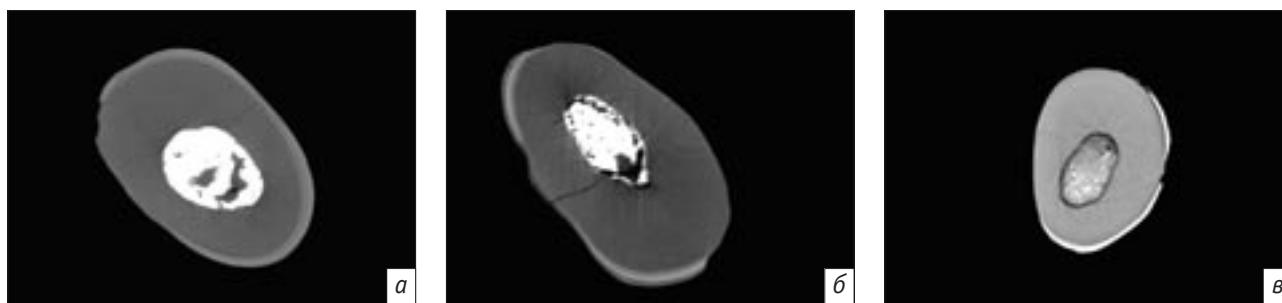


Рис. 7. Микро-КЛКТ: препараты зубов под номерами 3, 5, 1 в аксиальной плоскости на уровне шеек зубов. Определяются неравномерно расположенный пломбировочный материал (гуттаперчевые штифты) в области устья корневого канала (а), менее контрастный материал неравномерной консистенции (резорцинформальдегидная паста) (б), слабоконтрастный материал неоднородной консистенции (силикофосфатный цемент) (в)



Рис. 8. Микро-КЛКТ: препарат зуба под номером 1 в аксиальной плоскости на уровне корня. Определяются значительные артефакты от пломбировочного материала (гуттаперчевых штифтов) (а), неплотное прилегание фрагментов штифтов к стенкам корневых каналов (б), трещины на поверхности корня с распространением к центру (а, б), верхушка без признаков эндодонтического лечения (в)

корентгеноконтрастными по сравнению с другими эндодонтическими материалами, а силикофосфатный цемент – менее рентгеноконтрастным, с плотными точечными вкраплениями. Все эти особенности эндодонтических материалов по результатам КЛКТ не были диагностированы.

По данным микро-КЛКТ во всех случаях эндодонтический пломбировочный материал в каналах с различными характеристиками четко дифференцировался от временного пломбировочного материала (рис. 7).

Гуттаперчевые штифты в каналах препаратов 1 и 3 располагались косогоризонтально и косовертикально, со множеством промежутков между ними, материал неплотно прилежал к стенкам корневых каналов. Во всех случаях определяется множество мелких повреждений корня в виде трещин, которые направлены поперечно и вертикально от поверхности к корневым каналам, некоторые из них не доходят до корневого канала (рис. 8).

Обсуждение

По результатам микро-КЛКТ отмечена более высокая информативность этого метода по сравнению с КЛКТ в оценке качества эндодонтического лечения, положения и хода пломбировочного материала. При проведении микро-КЛКТ удалось

выявить неравномерное заполнение пломбировочным материалом корневых каналов, недоведение его до верхушек зубов, а также множество мелких повреждений корней, трещин и дополнительных канальцев.

Полученные нами результаты по визуализации мало контрастных деталей с использованием микро-КЛКТ соответствуют экспериментальным данным зарубежных и отечественных авторов [5, 7, 9, 10]. В ходе исследования были определены преимущества микро-КЛКТ, которые заключались в получении изображения высокого разрешения, позволяющего детализировать анатомические особенности зубов и оценить результаты применения различных эндодонтических материалов.

Заключение

Микро-КЛКТ показала более высокую информативность по сравнению с КЛКТ в изучении анатомического строения зубов и результатов использования различного эндодонтического материала. Применение микро-КЛКТ открывает новые возможности в стоматологии с объемной визуализацией зубов, позволяя получать на рентгеновском изображении мелкие и мало контрастные детали анатомического строения.

Литература

1. Алпатова В.Г., Васильева А.Ю., Кисельникова Л.П., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю., Селягина А.С., Петровская В.В. Сравнительная оценка информативности цифровой микрофокусной рентгенографии с многократным увеличением изображения и радиовизиографии в эксперименте. *Институт стоматологии*. 2010; 1 (46): 80–1.
2. Васильев А.Ю. Возможности конусно-лучевой компьютерной томографии в оценке состояния костей и суставов кисти. *Радиология – практика*. 2012; 6: 54–61.
3. Ludlow J.B., Davies-Ludlow L.E. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2006; 35: 219–26. DOI: 10.1259/dmfr/14340323
4. Аржанцев А.П. Конусно-лучевая компьютерная томография челюстно-лицевой области: Учебное пособие. М.: Медицина; 2012.
5. Кисельникова Л.П. Детская терапевтическая стоматология. Национальное руководство. 2-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2016.
6. Васильев А.Ю., Петровская В.В. Возможности микрофокусной радиовизиографии в оценке структуры костной ткани и костно-пластического материала в эксперименте. *Биотехносфера*. 2014; 4 (34): 3–6.
7. Васильев Ю.А. Сравнительная оценка точности объема корневого канала зубов с помощью томографических методов исследования в эксперименте. *Медицинская визуализация*. 2014; 6: 8–13.
8. Потрахов Н.Н. (ред.) Микрофокусная рентгенография в медицине. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ»; 2015.
9. Olejniczak A.J., Grine F.E. Assessment of the accuracy of dental enamel thickness measurements using micro-focal X-ray computed tomography. *Anat. Rec. Part Discov. Mol. Cell. Evol. Biol.* 2006; 288 (3): 263–75. DOI: 10.1002/ar.a.20307
10. Rühli F.J., Kuhn G., Evison R. Diagnostic value of micro-CT in comparison with histology in the qualitative assessment of historical human skull bone pathologies. *Am. J. Phys. Anthropol.* 2007; 133 (4): 1099–111. DOI: 10.1002/ajpa.20611

References

1. Alpatova V.G., Vasil'ev A.Yu., Kisel'nikova L.P., Potrakhov N.N., Gryaznov A.Yu., Selyagina A.S., Petrovskaya V.V. Comparative evaluation of information value of digital microfocus radiography with multiple magnification image and radiovisography in the experiment. *Institut Stomatologii (The Dental Institute)*. 2010; 1 (46): 80–1 (in Russ.).
2. Vasil'ev A.Yu. Opportunities of cone-beam computed tomography in the assessment of bones and joints of the hand. *Radiologiya – Praktika (Radiology – Practice)*. 2012; 6: 54–61 (in Russ.).
3. Ludlow J.B., Davies-Ludlow L.E. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2006; 35: 219–26. DOI: 10.1259/dmfr/14340323
4. Arzhantsev A.P. Cone-beam computed tomography of the maxillofacial region. Moscow: Meditsina; 2012 (in Russ.).
5. Kisel'nikova L.P. Children's therapeutic dentistry: National guidelines. 2nd ed. Moscow: GEOTAR-Media; 2016 (in Russ.).
6. Vasil'ev A.Yu., Petrovskaya V.V. Possibilities of a microfocus radiovisography in an assessment bone structure and osteoplastic material in experiment. *Biotechnosfera (Biotechnosphere)*. 2014; 4 (34): 3–6 (in Russ.).
7. Vasil'ev Yu.A. Comparative evaluation of the accuracy of the volume of the root canal of teeth with the help of tomographic techniques to study in the experiment. *Meditsinskaya Vizualizatsiya (Medical Visualization)*. 2014; 6: 8–13 (in Russ.).
8. Potrakhov N.N. (Ed.) Microfocus radiography in medicine. St. Petersburg; 2015 (in Russ.).
9. Olejniczak A.J., Grine F.E. Assessment of the accuracy of dental enamel thickness measurements using microfocus X-ray computed tomography. *Anat. Rec. Part Discov. Mol. Cell. Evol. Biol.* 2006; 288 (3): 263–75. DOI: 10.1002/ar.a.20307
10. Rühli F.J., Kuhn G., Evison R. Diagnostic value of micro-CT in comparison with histology in the qualitative assessment of historical human skull bone pathologies. *Am. J. Phys. Anthropol.* 2007; 133 (4): 1099–111. DOI: 10.1002/ajpa.20611

Сведения об авторах | Information about the authors

Петровская Виктория Васильевна*, д. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; orcid.org/0000-0001-8298-9913
E-mail: VVPetrovskay@yandex.ru

Потрахов Николай Николаевич, д. т. н., профессор, заведующий кафедрой электронных приборов и устройств, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»; orcid.org/0000-0001-8806-0603

Васильев Александр Юрьевич, д. м. н., чл.-корр. РАН, генеральный директор, ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики»; orcid.org/0000-0002-0635-4438

Viktoriya V. Petrovskaya*, Dr. Med. Sc., Associate Professor of Department of Radiology, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0001-8298-9913
E-mail: VVPetrovskay@yandex.ru

Nikolay N. Potrakhov, Dr. Tech. Sc., Professor, Chief of Chair of Electron Devices and Systems, Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ul'yanov (Lenin); orcid.org/0000-0001-8806-0603

Aleksandr Yu. Vasil'ev, Dr. Med. Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, General Director, Central Research Institute of Radiology; orcid.org/0000-0002-0635-4438