



Сравнительная оценка точности объема корневого канала зубов с помощью томографических методик исследования в эксперименте

Васильев Ю.А.

ГБОУ ВПО "Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова"
Министерства здравоохранения России, Москва, Россия

Comparative Evaluation of Accuracy Volume Root Canal Teeth with High-Tech Methods Research Experiment

Vasil'ev Yu.A.

A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia

Цель исследования: изучение точности различных рентгенологических томографических методик в оценке объема корневого канала.

Материал и методы. Изучены тест-объекты (фантомы), содержащие различные группы зубов, позволяющие проводить рентгенологическое исследование в одинаковом положении. Методы исследования: МСКТ, конусно-лучевая-компьютерная томография (КЛКТ), КЛКТ с высоким разрешением (ВР) и микрокомпьютерная томография.

Результаты. При сравнительной оценке методов исследования индекс превышения значений микрокомпьютерной томографии составил от 2 до 16 раз, преобладая над другими рентгенологическими томографическими методиками. Методики сравнения достоверно не отличаются друг от друга в точности определения объема.

Выводы. Величина превышения была наибольшей для КЛКТ, затем по величине превышения следовало сравнение с МСКТ, наименьшим превышение оказалось для КЛКТ-ВР.

Ключевые слова: МСКТ, КЛКТ, микро-КТ, зубы, корневые каналы.

The aim: to study the accuracy of various radiographic tomographic techniques in the evaluation of the volume of the root canal.

Materials and methods. Test objects (phantoms) containing various groups of teeth, allowing to carry out X-ray examination in the same position were studied. The research methods: multislice computed tomography, cone-beam computed tomography, cone-beam computed tomography with high resolution and microcomputer tomography.

Results. The index values exceeding microcomputer tomography ranged from 2 to 16 times dominating over other radiological tomographic techniques at a comparative assessment of methods of research. Comparison methodology was not significantly different from each other in the accuracy of the determination of volume.

Conclusion. The excess was greatest for CBCT, then the excess should compare with MSCT, the smallest excess proved to CBCT-HR.

Key words: MSCT, CBCT, micro-CT, teeth, root canal.

Введение

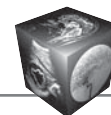
Исследование анатомического строения зубов традиционно находится в центре повышенного внимания врачей различных специальностей [1–7]. Оценка морфологического строения корневых каналов, получение новых данных о дополнительных

Для корреспонденции: Васильев Юрий Александрович – 109421, Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д. 15, к. 1, кв. 70.
Тел.: +7-906-771-67-76. E-mail: dr.vasilev@me.com

Васильев Юрий Александрович – заочный аспирант кафедры лучевой диагностики ГБОУ ВПО "МГМСУ им. А. И. Евдокимова" МЗ РФ.

Contact: Vasil'ev Yuri Aleksandrovich – 109421, 15/1 Aviakonstruktora Milya str., fl.70, Moscow. Phone: +7-906-771-67-76.
E-mail: dr.vasilev@me.com

Vasil'ev Yuri Aleksandrovich – post-graduate student of Radiology Department of A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry.



ответвлениях (канальцах), изучение размеров и форм пульпарной камеры (полости зуба), типов корневых каналов, их позиционирования в корне – необходимое условие для последующего терапевтического, хирургического и, в первую очередь, эндодонтического лечения [1, 8–11]. Анатомия корневых каналов влияет на эффективность их обработки намного больше, чем применяемый метод лечения.

Кроме того, вид и строение апикальных отверстий зубов отличаются большим разнообразием и ограниченностью визуализации их с помощью радиовизиографии [6, 12]. В то же время наряду с бурным развитием методов обработки изображений появилась реальная возможность объемного представления зуба и всех его анатомических составляющих, что позволяет создать анатомические модели зубов, необходимые для пространственного их представления [1, 13].

Таким образом, изучение анатомии зубов в объемно-пространственном изображении является новой научной задачей, решение которой позволяет в дальнейшем осуществить виртуальное представление (моделирование) и прогнозирование методов лечения, в том числе эндодонтического [1].

В последние несколько лет появились научные исследования, посвященные изучению морфологических особенностей зубов с помощью микро-томографических сканеров [3–5, 11], которые предназначены для получения изображений в ультравысоком разрешении, сравнимом с гистологическим, но без разрушения структуры зуба. Применение микро-томографических сканеров расширило представление об анатомии зубочелюстной системы [3, 5, 6, 10].

Цель исследования

Сравнить точность томографических технологий рентгенографии в характеристике объема корневых каналов зубов.

Материал и методы

Создано 5 фантомов с одно- и многокорневыми зубами, объединяющих зубы по группам и не дающих артефактов при сканировании.

Далее каждому фантому выполнены МСКТ, конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), конусно-лучевая компьютерная томография высокого разрешения (КЛКТ-ВР) и микрокомпьютерная томография (микро-КТ).

МСКТ тест-объектов (фантомов) зубов выполняли на аппарате Brillians 64 Philips (Голландия) в режиме спирального сканирования. Исследования осуществляли при горизонтальном располо-

жении тест-объектов (фантомов) зубов на специальной подставке, для того чтобы объект находился строго в середине при центрации его в гентри.

КЛКТ выполняли на томографе I-CAT (США) в двух режимах – стандартном и высокого разрешения. Фантом устанавливали вертикально на специальную подставку для того, чтобы луч центрации находился в центре фантома, далее исследование фантомов осуществляли в режиме высокого разрешения.

Микро-КТ проводили на аппарате Skyskan 1172 Brucer (Бельгия). Фантомы помещали в камеру микро-томографа в вертикальном положении. Толщину среза выбирали минимально возможной, она составила 18 мкм.

Для сравнения выборочных значений, полученных с помощью различных методик для одних и тех же образцов зубов, использовали непараметрический критерий Вилкоксона для связанных выборок. Достоверными считали различия, значимые на уровне $p < 0,05$.

Так как шкала получаемых значений была достаточно тонкой, использовали также параметрический критерий Стьюдента (t -критерий). Для того чтобы избежать искажения в оценке значимости результатов сравнения, вместо традиционной оценки доверительных интервалов, основанной на допущениях о распределении, доверительные интервалы строились с использованием бутстрапа (bootstrap). Доверительные интервалы, основанные на построении бутстрап-распределений, строились также для оценок среднего значения и стандартного распределения соответствующих параметров.

Результаты и их обсуждение

Были проведены вычисление и анализ объема корневых каналов всех зубов с использованием сравнения томографических методик между собой. Так, из табл. 1 на бутстрап-распределениях t -статистики видно, что оценки объема каналов, полученные с помощью микро-КТ, статистически достоверно отличаются от аналогичных оценок, полученных с помощью МСКТ, КЛКТ и КЛКТ-ВР. Оценки, получаемые с помощью КЛКТ, КЛКТ-ВР и МСКТ, со статистической точки зрения между собой не различались.

Чтобы оценить, в чем состояли наблюдаемые различия, были построены “облака рассеяния”. Для каждой пары сравниваемых методик объем каналов, оцененный с помощью одной методики, был расположен против аналогичного размера (для того же зуба), оцененного с помощью другой методики. При полном совпадении оценок все точки на получаемых графиках будут расположены

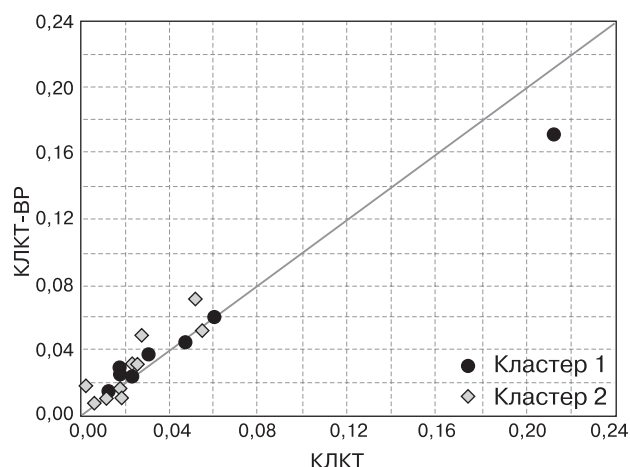


Рис. 1. Сравнительный анализ оцененных величин объема каналов КЛКТ и КЛКТ-ВР.

на главной диагонали. В случае систематического расположения точек выше (или ниже) главной диагонали можно говорить о систематическом завышении (занижении) оценок, получаемых с помощью одной методики, относительно величин, получаемых с помощью другой методики.

На рис. 1 видно, что распределение по медианной оси анализируемых групп КЛКТ и КЛКТ-ВР практически идентично, а достоверных различий между ними получено не было. На рис. 2 и 3 в группах МСКТ – КЛКТ и МСКТ – КЛКТ-ВР определяется неравномерное распределение групп зубов, а каждая из анализируемых методик выявляла дистальные отделы корневых каналов по-разному, но достоверных различий между группами МСКТ и КЛКТ получено не было.

Как видно из табл. 1 и на рис. 4 и 5, были получены значительные различия в группах микро-КТ – КЛКТ, микро-КТ – КЛКТ-ВР и микро-КТ – МСКТ. Это связано с тем, что при подсчете объема погрешность в методиках КЛКТ, КЛКТ-ВР и МСКТ происходит по всем трем значениям объема.

Чтобы формально оценить величину превышения, для каждого зуба был подсчитан дополнительный индекс – отношение оценки объема каналов, полученной с помощью микро-КТ, к соответствующим оценкам, полученным с помощью других методик. Для величин этого индекса были подсчитаны соответствующие выборочные средние и медианные значения, выборочное максимальное и минимальное значения, а также выборочные квартили. Результаты представлены в табл. 2. Гистограммы полученных индексов представлены на рис. 6.

Величина превышения в оценке по одному измерению подсчитана как корень третьей степени из медианного значения превышения.

Очевидно, что полученные значения распределены со смещением, и медианное значение по выборке в целом является более информативным, чем выборочное среднее.

В паре методик микро-КТ – КЛКТ медианное значение рассчитанного индекса составило 6,25, иными словами, объем каналов, оцененный с помощью микро-КТ, в среднем по выборке в 6 раз превышал объем каналов, оцененных для тех же зубов с помощью КЛКТ. В минимальном случае объем каналов по микро-КТ превышал аналогичный объем по КЛКТ в 2 раза, в максимальном случае – в 13 раз; половина анализируемых зубов на

Таблица 1. Достоверность различий в оценках объема каналов, полученных разными томографическими методиками

Сравниваемые методики	Число степеней свободы	Выборочное значение t-критерия	Пороговое значение t-критерия для $p < 0,05$	Процент незначимых различий для бутстрап-выборок
КЛКТ и КЛКТ-ВР	18	-0,143	$\pm 2,101$	0,762
КЛКТ и МСКТ	9	-0,961	$\pm 2,262$	0,762
КЛКТ-ВР и МСКТ	9	-0,184	$\pm 2,262$	0,942
Микро-КТ и КЛКТ	12	7,786	$\pm 2,179$	0,000
Микро-КТ и КЛКТ-ВР	8	5,606	$\pm 2,306$	0,000
Микро-КТ и МСКТ	6	4,730	$\pm 2,447$	0,000

Таблица 2. Отношение оценок объема каналов, полученных с помощью микро-КТ, к аналогичным оценкам, полученным с помощью других методик

Параметр	Среднее значение	Медианное значение	Минимальное выборочное значение	Максимальное выборочное значение	25-й процентиль	75-й процентиль	Превышение в оценке по одному измерению
Микро-КТ / КЛКТ	6,49	6,25	2,35	13,45	3,46	8,56	1,84
Микро-КТ / КЛКТ-ВР	6,54	3,87	1,13	15,09	2,87	11,27	1,57
Микро-КТ / МСКТ	5,13	5,84	0,46	11,35	2,07	7,14	1,80

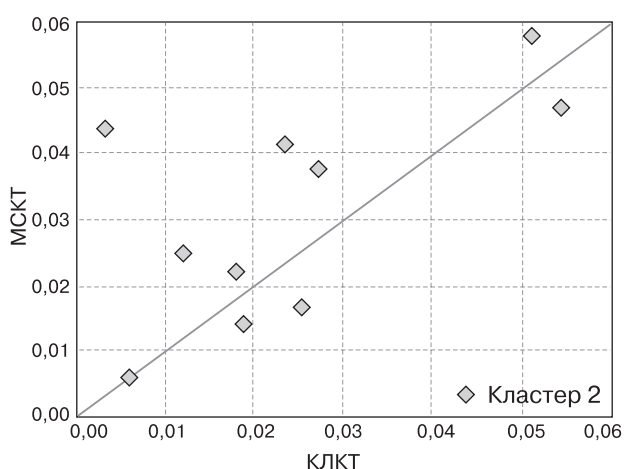
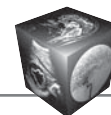


Рис. 2. Сравнительный анализ оцененных величин объема каналов КЛТ и МСКТ.

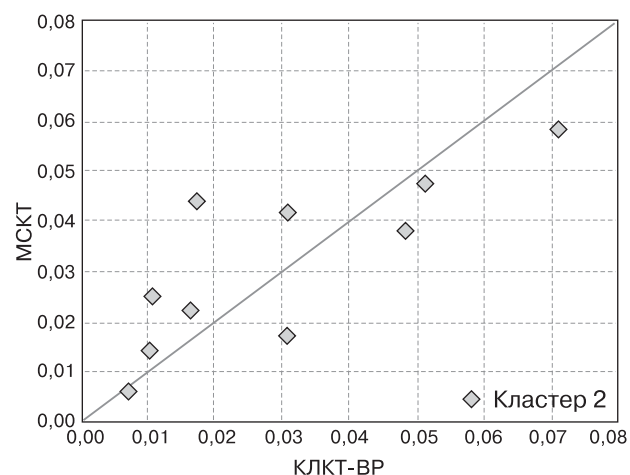


Рис. 3. Сравнительный анализ оцененных величин объема каналов КЛТ-ВР и МСКТ.

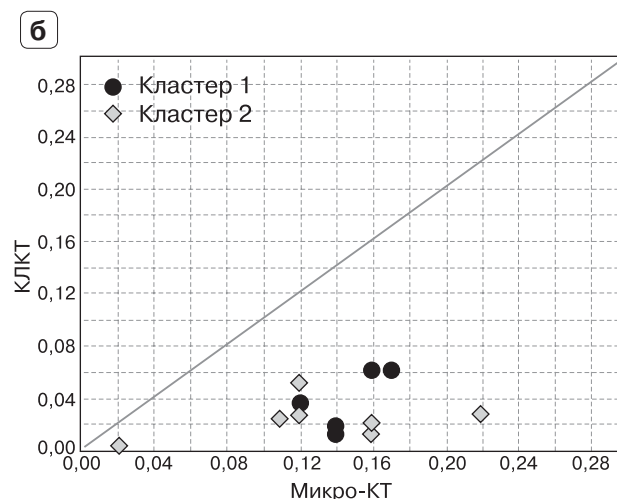
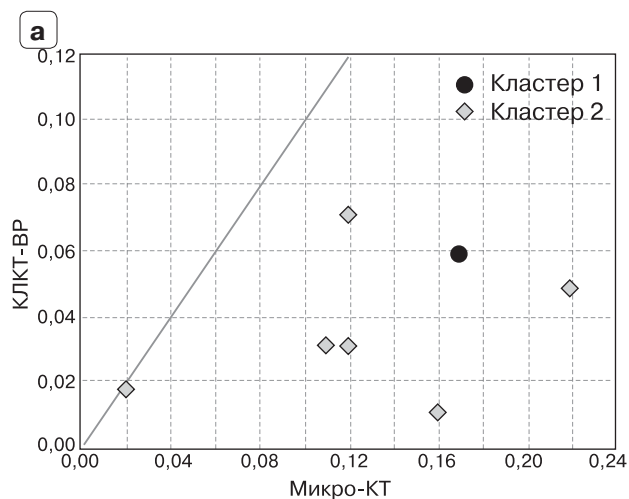


Рис. 4. Сравнительный анализ оцененных величин объема каналов. а – КЛТ-ВР и микро-КТ; б – КЛТ и микро-КТ.

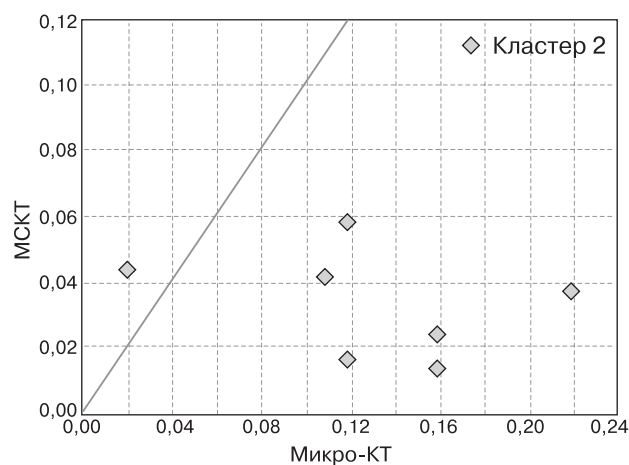


Рис. 5. Сравнительный анализ оцененных величин объема каналов МСКТ и микро-КТ.

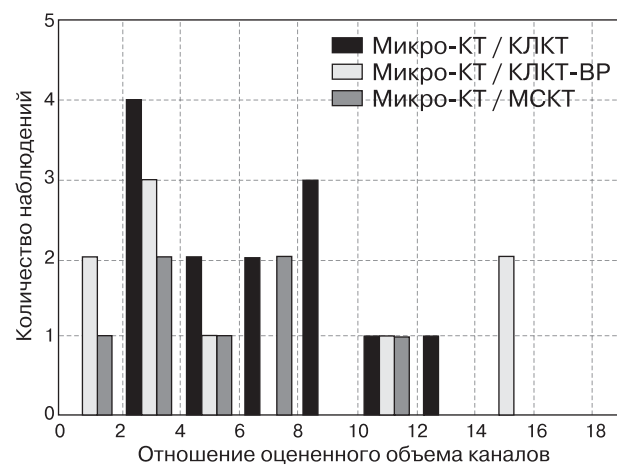


Рис. 6. Величины отношения оценок объема, полученных с помощью микро-КТ, к оценкам, полученным с помощью других методик.

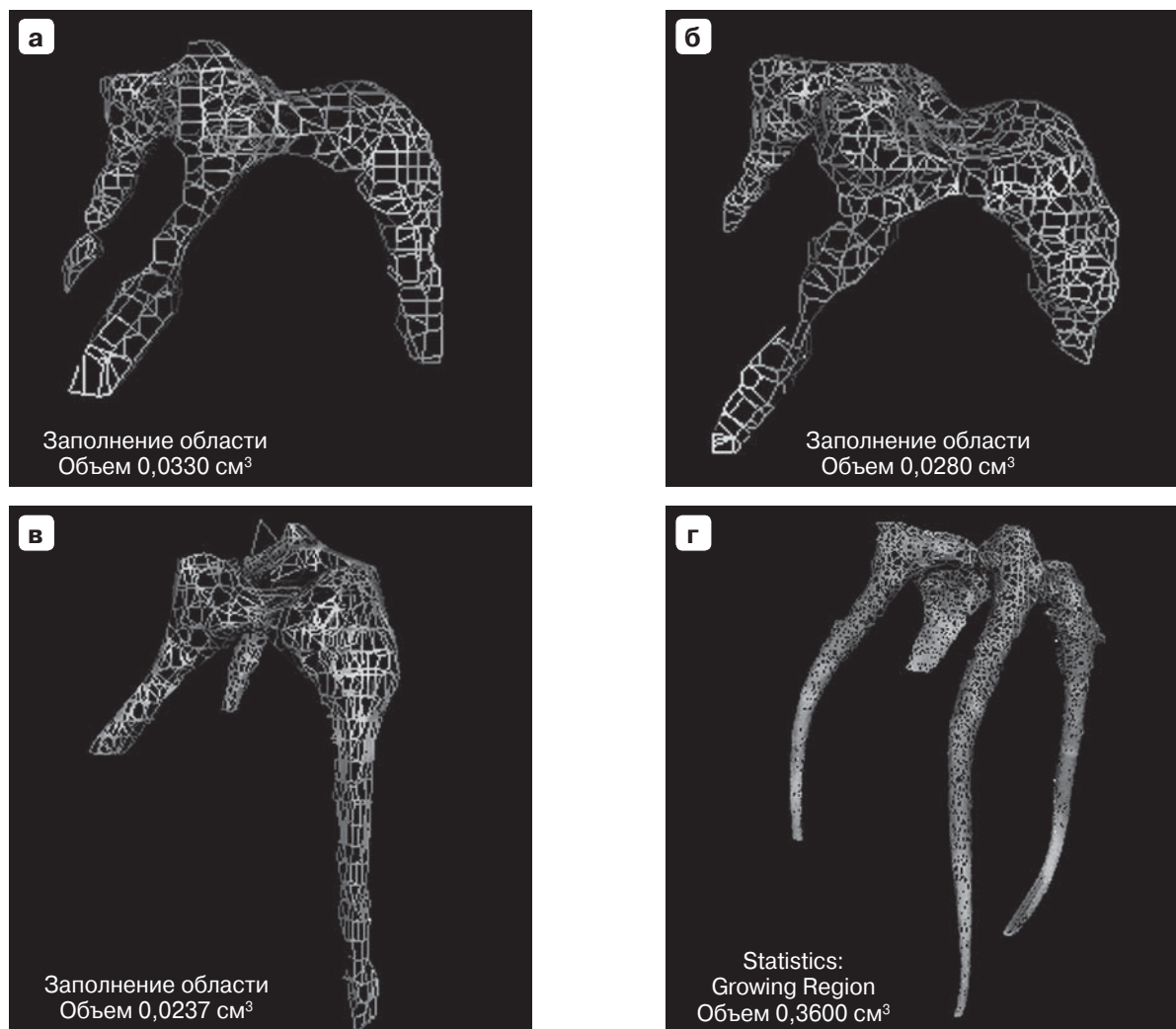


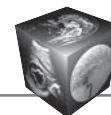
Рис. 7. Величины объема корневого канала для методик сравнения. а – КЛКТ-ВР, б – КЛКТ, в – МСКТ, г – микро-КТ.

ходились в границах превышения от 3 до 9 раз. В табл. 2 приведен еще один индекс – превышение в оценке по одному измерению. Речь идет о том, что объем рассчитывался в трехмерном пространстве и является по существу произведением соответствующих величин длины, ширины и высоты. Поэтому, говоря о превышении в объеме, следует понимать, что они означают в терминах разницы в размерах одномерных параметров. В данном случае речь идет о том, что по каждому измерению (длине, ширине и высоте) микро-КТ определяло объем канала в среднем в 1,8 раза выше, чем КЛКТ. Данная оценка, полученная как корень третьей степени из пропорции величин объемов, дает хорошее представление о разнице методик в определении одномерных параметров, так как является в некотором роде интегральной в отличие от оценок, полученных по отдельным срезам.

В паре методик микро-КТ – КЛКТ-ВР медианное значение превышения составило 3,87, т.е. ми-

кро-КТ определяла объем каналов в среднем в 4 раза выше, чем КЛКТ-ВР. Минимальное значение индекса составило около 1 (практически нет различий в оценках), максимальное – 15. Половина значений рассчитанного индекса лежит в границах от 3 до 11. В терминах разницы в оценке по каждому из измерений (длине, ширине и высоте) речь идет о том, что для микро-КТ ее размеры в среднем в 1,57 раза выше, чем КЛКТ-ВР.

В паре методик микро-КТ – МСКТ медианное значение рассчитанного индекса составило 5,13. Объем каналов, определенный с помощью микро-КТ, превышал аналогичный объем, рассчитанный с помощью МСКТ, в среднем в 5 раз. Минимальное значение этого значения составило 0,5 (в единственном случае МСКТ дала оценку объема каналов большую, чем микро-КТ), максимальное значение – 11. Половина значений полученного индекса лежит в границах от 2 до 7. С точки зрения разницы по каждому из одномерных параметров



микро-КТ оценивала одномерные размеры в среднем в 1,8 раза выше, чем МСКТ.

Необходимо заметить также, что при анализе выборочного среднего значения можно было бы говорить о том, что в анализируемых трех парах методик практически не наблюдается разницы в величине рассчитываемого индекса – во всех случаях объем каналов, рассчитанный с помощью микро-КТ, превышает аналогичные объемы, полученные с помощью других методик, в среднем в 5–6 раз. Анализ медианного значения позволяет сделать более детальные выводы: величина превышения была наибольшей для КЛКТ, затем по величине превышения следовало сравнение с МСКТ, наименьшим превышение оказалось для КЛКТ-ВР. Отметим, однако, еще раз, что и в наилучшем случае (в сравнении с КЛКТ-ВР) микро-КТ оценивала объем каналов почти в 4 раза выше.

Таким образом, на рис. 7 видно, что полученные результаты свидетельствуют о значительном количестве потерянных данных в визуализации корневого канала томографическими методиками – МСКТ, КЛКТ и КЛКТ-ВР.

Необходимо также отметить, что работы по определению объема корневого канала с помощью микро-КТ ведутся множеством ученых из разных стран мира, таких как США, Китай Япония, Бразилия и др. [1, 8–11]. Микро-КТ стала “золотым стандартом” для проведения исследований анатомических структур зуба [3, 5, 11]. Таким образом, полученные в результате проведенного исследования данные подтверждают результаты, полученные авторами, проводившими анализ корневых каналов зубов. Так, например, при сравнении аппаратов КЛКТ различных производителей было доказано, что в 65% случаев дистальные отделы корневых каналов и микроканалцев выявить не представлялось возможным ввиду большего для их выявления размера пикселя [6].

Выводы

1. Оценки объема каналов, полученные с помощью микро-КТ, статистически достоверно отличаются от аналогичных оценок, полученных с помощью КЛКТ, КЛКТ-ВР и МСКТ, во всех случаях объем каналов, рассчитанный с помощью микро-КТ, превышает аналогичные объемы, полученные с помощью других методик, в среднем в 5–6 раз.

2. Величина превышения была наибольшей для КЛКТ, затем по величине превышения следовало сравнение с МСКТ и наименьшим оказалось превышение для КЛКТ-ВР.

3. Оценки, получаемые с помощью КЛКТ, КЛКТ-ВР и МСКТ, со статистической точки зрения между собой не различались.

Список литературы / References

1. Swain M.V., Xue J. State of the Art of Micro-CT Applications in Dental Research. *Int. J. Oral. Sci.* 2009; 1(4): 177–188.
2. Алпатова В.Г., Васильев А.Ю., Кисельникова Л.П. Сравнительная оценка информативности цифровой микрофокусной рентгенографии с многократным увеличением изображения и радиовизиографии в эксперименте. *Институт стоматологии.* 2010; 46: 80–81. Alpatova V.G., Vasilev A.Yu., Kiselnikova L.P. Comparative study of digital X-ray microfocus with multiple zoom and radiovisiography in the experiment. *Institut stomatologii.* 2010; 46: 80–81. (In Russian)
3. Meder-Cowherd L., Williamson A.E., Johnson W.T. et al. Apical morphology of the palatal roots of maxillary molars by using micro-computed tomography. *J. Endod.* 2011; 37 (8): 1162–1165.
4. Васильев А.Ю., Петровская В.В., Перова Н.Г. Малодозовая микрофокусная рентгенография в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. *Радиология-практика.* 2011; 6: 26–33. Vasilev A.Yu., Petrovskaya V.V., Perova N.G. Low dose microfocus radiography in dentistry and maxillofacial surgery. *Radiologiya-praktika.* 2011; 6: 26–33. (In Russian)
5. Laila G.F., Giulio G., Rodrigo S.C., dos Santos M. Assessing apical transportation in curved canals: comparison between cross-sections and micro-computed tomography. *Braz. Oral. Res.* 2012; 26 (3): 222–227.
6. Bence T.S., Levente P., Regina M. et al. Comparative evaluation of cone-beam CT equipment with micro-CT in the visualization of root canal system. *Ann. Ist Super Sanità.* 2012; 48 (1): 49–52.
7. Потрахов Е.Н. Микрофокусная рентгенография – инновационная технология медицинской диагностики. *Медицинская техника.* 2012; 5: 44–46. Potrakhov E.N. Microfocus X-ray - the innovative technology of medical diagnostics. *Meditinskaya tekhnika.* 2012; 5: 44–46. (In Russian)
8. Moore J., Fitz-Walter P., Parashos P. A micro-computed tomographic evaluation of apical root canal preparation using three instrumentation techniques. *Int. Endod. J.* 2009; 42 (12): 1057–1064.
9. Villas-Bôas M.H., Bernardineli N., Cavenago B.C. et al. Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *J. Endod.* 2011; 37 (12): 1682–1686.
10. Nicola M.G., Gianluca P., Gianluca G. et al. Present and future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental and root canal morphology. *Ann. Ist Super Sanità.* 2012; 48 (1): 26–34.
11. Grover C., Shetty N. Methods to study root canal morphology: A review. *ENDO (longEngl).* 2012; 6 (3): 171–182.
12. Markvart M., Bjørndal L., Darvann T.A. et al. Three-dimensional analysis of the pulp cavity on surface models of molar teeth, using X-ray micro-computed tomography. *Acta Odontol. Scand.* 2012; 70 (2): 133–139.
13. Markvart M., Darvann T.A., Larsen P. et al. Micro-CT analyses of apical enlargement and molar root canal complexity. *Int. Endod. J.* 2012; 45 (3): 273–281.