

Объективная оценка погрешности показателей плотности при проведении конусно-лучевой компьютерной томографии в стоматологической практике

А. А. Долгалева¹, А. Б. Данаев¹, Р. Д. Юсупов², Ш. Д. Хоссаин³, Р. Г. Габриелян¹, К. Е. Золотаев¹

¹ Ставропольский Государственный Медицинский Университет, г. Ставрополь, Российская Федерация

² Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, Российская Федерация

³ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Рентгенологический метод в современных реалиях является основным методом оценки состояния костной ткани. Конусно-лучевая компьютерная томография зарекомендовала себя в стоматологической практике надежным методом для оценки костной ткани зубочелюстной системы. В имплантологической стоматологии важным фактором, для получения хорошего результата, является качественная оценка структуры и морфологии костной ткани верхней и нижней челюстей. К сожалению, при проведении замеров оптической плотности зон интереса не всегда возможно получить правильные данные о состоянии костной ткани, кроме того зачастую стоматологам-имплантологам в своей практике приходится визуально оценивать качество костной плотности для проведения лечения, но мы понимаем, что это субъективно. Данная работа нацелена на определение погрешности при подсчете оптической плотности костной ткани программами Dicom-просмотра.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КЛКТ, оптическая плотность, лучевая диагностика в имплантологической стоматологии.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Objective assessment of measurement error in significant cone-beam computed tomography in dental practice

A. A. Dolgalev¹, A. B. Danaev¹, R. D. Yusupov², Hossain Shazmim Jahan³, R. G. Gabrielyan¹, K. E. Zolotaev¹

¹ Stavropol State Medical University, Stavropol, Russian Federation

² Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute-branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russian Federation

³ The Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

SUMMARY

X-ray method in modern realities is the main method for assessing the state of bone tissue. Cone beam computed tomography has proven itself in dental practice as a reliable method for assessing the bone tissue of the dentoalveolar system. In implant dentistry, an important factor in obtaining a good result is a qualitative assessment of the structure and morphology of the bone tissue of the upper and lower jaws. Unfortunately, when measuring the optical density of the areas of interest, it is not always possible to obtain correct data on the state of the bone tissue, moreover, implant dentists often have to visually assess the quality of bone density for treatment in their practice, but we understand that this is subjective. This work is aimed at determining the error in calculating the optical density of bone tissue using Dicom viewer programs.

KEY WORDS: CBCT, optical density, radiation diagnostics in implant dentistry.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Введение

Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), специально предназначена для визуализации челюстно-лицевой области и является основным дополнительным видом исследования в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Первые КЛКТ аппараты появились в 1998 году. В клинической практике первые коммерческие аппараты использованы в 2001 году. За относительно короткий промежуток времени КЛКТ стала экономически выгодной и малодозной альтернативой компьютерной томографии, но нельзя забывать, что представленный метод является относительно молодым и не до конца изучен в точности аналогии полученных результатов с анатомическими структурами. Применение в практике КЛКТ, позволяет отображать интересующие объекты в любой плоскостной мультипланарной проекции или в виде объемной картины, в свя-

зи с этим применяется, как основной из дополнительных методов визуализации изменений, планирования объема лечения, контроль хода лечения и отслеживать отдаленные результаты проведенных манипуляций врачом стоматологом.

В КЛКТ не только позволяет планировать, но также используется в качестве навигационного метода, что позволяет обеспечить лучевое визуальное сопровождение и контроль точности выполнения хирургических вмешательств в режиме реального времени.

Формирование изображения основано на физическом процессе ослабления рентгеновского излучения веществом, которое зависит от спектра поглощения анатомическими структурами рентгеновского излучения и опосредовано сложной математической моделью, реализованной в программном обеспечении КЛКТ. Математическая система воспроизведения в картину полученных данных,

является личной разработкой компании производителя КЛКТ, содержит большое количество индивидуальных особенностей получения изображения, которые могут являться причинами погрешностей при планировании манипуляций дентальной имплантологии. К сожалению алгоритмы реконструкции практически не изменились за последние 25 лет. Для устранения этого недостатка было предложено несколько подходов с использованием различных алгоритмов и геометрии конусного пучка (например, двойные ортогональные круги, винтовая орбита, ортогональная окружность и линия), и они, несомненно, будут включены в будущие проекты КЛКТ.

Инструменты программ КЛКТ позволяют проводить детальное изучение клинической ситуации с возможностью развернутой диагностики. Компьютерное планирование хирургической операции. Программа позволяет на точной компьютерной модели челюсти пациента производить виртуальную установку имплантатов. В результате определяются их размеры, позиции, взаимоотношения с будущей ортопедической конструкцией. Объективно выбираются наиболее оптимальные решения для предстоящей операции. Но в имплантологической стоматологии важным фактором, для получения хорошего результата, кроме вышеназванных возможностей, является качественная оценка структуры и морфологии костной ткани верхней и нижней челюстей, так как кость в зоне установки имплантата должна обеспечивать его первичную стабильность и обладать регенераторным потенциалом для обеспечения вторичной стабильности имплантата. К сожалению, при проведении замеров оптической плотности зон интереса не всегда возможно получить правильные данные о состоянии костной ткани, кроме того зачастую стоматологам-имплантологам в своей практике приходится визуально оценивать качество костной плотности для проведения лечения, но мы понимаем, что это субъективно. Кроме того для оценки плотности костной ткани используют совмещение клинической классификации плотности костной ткани по Misch с классификацией оптической плотности костной ткани, предложенной Хаунсфилдом (HU):

– D1 – плотная компактная кость со средней плотностью костной ткани более 1250 единиц Хаунсфилда;

- D2 – толстая кость с равномерной выраженностью компактного и губчатого вещества со средней плотностью костной ткани по шкале Хаунсфилда от 850 до 1250 единиц;
- D3 – тонкая кость с пористой компактной пластиной и рыхлым губчатым веществом со средней плотностью костной ткани по шкале Хаунсфилда от 350 до 850 единиц;
- D4 – рыхлое, тонкое компактное вещество кости и слой очень рыхлой губчатой кости, средняя плотность костной ткани по шкале Хаунсфилда – от 150 до 350 единиц;
- D5 – сплошная крупноячеистая губчатая кость ниже 150 единиц Хаунсфилда.

Цель исследования: оценка точности определения программами Dicom-просмотра плотности костной ткани зоны интереса при планировании установки имплантата.

Материалы и методы

Для проведения исследования были проанализированы полученные реконструкции в ходе сканирования верхней челюсти выведенного из эксперимента животного (овца) с установкой в зубную лунку фантома содержащего дистиллированную воду (Рисунок 1). Сканирование проводилось в стандартных режимах сканирования верхней челюсти. Анализ изображений проводился посредством четырех разных программ для Dicom-просмотра, где одна из программ является программой разработчика КЛКТ, на котором проводилось исследование и три сторонние программы, находящиеся в свободном доступе и часто используемые стоматологами для анализа КЛКТ-исследований. Анализировались результаты автоматического подсчета рентгенологической плотности с действительной плотностью жидкости содержащейся в фантоме. Расчет отклонения от истинной плотности производился посредством перевода шкалы клинической классификации плотности костной ткани по Misch в процентное соотношение где верхняя граница значений наиболее благоприятной оптической плотности для проведения имплантологического лечения составляет 1250 HU, таким образом $12,5HU=1\%$.

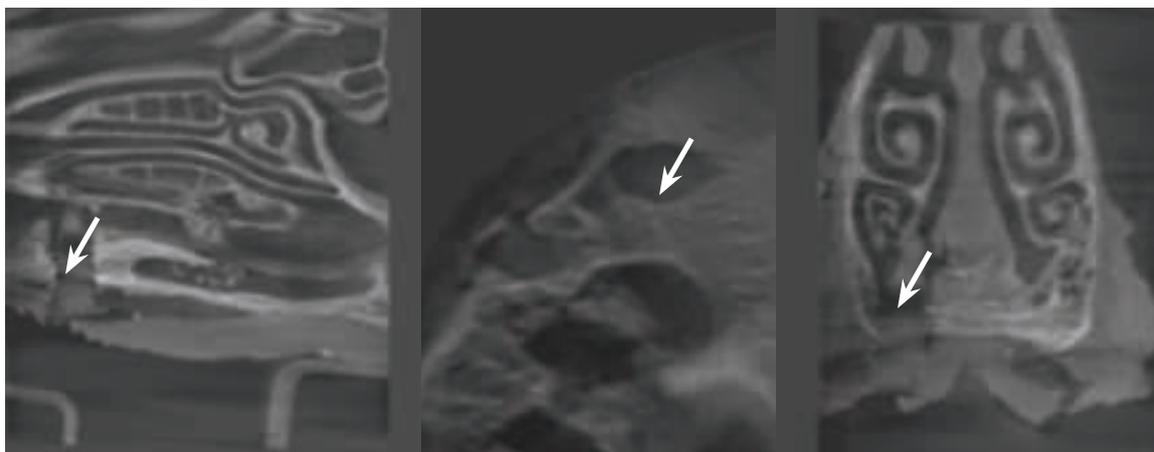


Рисунок 1. Компьютерная томограмма верхней челюсти овцы. Стрелкой указано положение фантома

Результаты

Верхняя челюсть:

Таблица результатов плотности в проекции максимальной интенсивности(MIP)

| Программа | Максимальное значение (HU) | Минимальное значение (HU) | Среднее значение (HU) | Отклонение полученного среднего значения от истинной плотности (%) |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|--|
| 1 (программа разработчика КЛКТ) | 62 | -12 | 25 | 2 |
| 2 | 137 | -414 | -49,92 | 3,99 |
| 3 | 164 | 53 | 108,5 | 8,68 |
| 4 | 50 | -213 | -86,3 | 6,9 |

Таблица результатов плотности в проекции минимальной интенсивности (MinIP)

| Программа | Максимальное значение (HU) | Минимальное значение (HU) | Среднее значение (HU) | Отклонение полученного среднего значения от истинной плотности (%) |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|--|
| 1 (программа разработчика КЛКТ) | 62 | -12 | 25 | 2 |
| 2 | 137 | -414 | -49,92 | 3,99 |
| 3 | 164 | 53 | 55,5 | 4,44 |
| 4 | 43 | -170 | -55,73 | 4,46 |

Таблица результатов плотности в проекции средней интенсивности(average)

| Программа | Максимальное значение (HU) | Минимальное значение (HU) | Среднее значение (HU) | Отклонение полученного среднего значения от истинной плотности (%) |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|--|
| 1 (программа разработчика КЛКТ) | 67 | -64 | 1,5 | 0,12 |
| 2 | 137 | -414 | -49,92 | 3,99 |
| 3 | 164 | 53 | 55,5 | 4,44 |
| 4 | 43 | -219 | -97,75 | 7,82 |

Выводы

1. Программы Dicom-просмотра, использованные в процессе исследования, выдают ту или иную погрешность при подсчете рентгенологической плотности: от 0,12 до 8,68%.
2. При сложности определении степени клинической классификации плотности костной ткани по Misch посредством исследования с наличием артефактов нельзя ссылаться на данные шкалы оптической плотности при получении пограничных результатов степени.
3. Для оценки рентгенологической плотности использование программы разработчика КЛКТ является наиболее оптимальной для получения наиболее достоверных данных при планировании лечения, отклонение максимально составило 2%.
4. Наиболее достоверные результаты при оценке рентгенологической плотности получены в режиме реконструкции average, отклонение составило 0,12%.

Список литературы / References

1. Наумович С. С., Наумович С. А. Конусно-лучевая компьютерная томография: современные возможности и перспективы применения в стоматологии // Современная стоматология. – 2012. – № 2 (55).
Naumovich S. S., Naumovich S. A. Cone-beam computed tomography: modern possibilities and prospects of application in dentistry // Modern dentistry. – 2012. – № 2 (55).
2. L. Feldkamp, L. Davis, and J. Kress. Practical cone-beam algorithm. *Journal of the Optical Society of America*, 1984; 1(6):612–619. https://www.researchgate.net/publication/287772957_Practical_Cone-Beam_Algorithm.
3. Scarfe, William C., and Allan G. Farman. «What is cone-beam CT and how does it work?» *Dental Clinics of North America*. 2008; 52(4): 707-730. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18805225>.
4. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии / Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 132 с. – 100 экз.
Marusina M.Ya., Kaznacheeva A.O. Modern types of tomography / Textbook. – St. Petersburg: St. Petersburg State University ITMO, 2006. – 132 p.
5. Sidky EY, Pan X. Image reconstruction in circular cone-beam computed tomography by constrained, total-variation minimization. *Phys. Med. Biol* 2008; vol. 53:4777–4807. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18701771>.
6. Patsrisawat T, Gacic A, Franchetti F, Puschel M & Moura JMF in Proceedings. (ICASSP '05). *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 2005 v/153–v/156 (Philadelphia, PA, USA, 2005).
7. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL, Biologu C, et al. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer*. 2018;18(8):500–10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29777175>.
8. Freitas DQ, Fontenele RC, Nascimento EHL, Vasconcelos TV, Naujeim M. Influence of acquisition parameters on the magnitude of cone beam computed tomography artifacts. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018 Dec;47(8):20180151. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29916722>.
9. Bezerra ISQ, Neves FS, Vasconcelos TV, Ambrosano GMB, Freitas DQ. Influence of the artefact reduction algorithm of Picasso Trio KAKT system on the diagnosis of vertical root fractures in teeth with metal posts. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44:1-8.
10. Leite, A. F., Vasconcelos, K. D. F., Willems, H., & Jacobs, R. Radiomics and Machine Learning in Oral Healthcare. *PROTEOMICS—Clinical Applications*, 2020, p. 1900040.
11. Zhang Y, Yue N, Su MY, Liu B, Ding Y, Zhou Y, Wang H, Kuang Y, Nie K. Improving CBCT quality to CT level using deep learning with generative adversarial network. *Med Phys*. 2021 Jun;48(6):2816-2826. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33259647>
12. Chen W, Li Y, Yuan N, Qi J, Dyer BA, Sensoy L, Benedict SH, Shang L, Rao S, Rong Y. Clinical Enhancement in AI-Based Post-processed Fast-Scan Low-Dose CBCT for Head and Neck Adaptive Radiotherapy. *Front Artif Intell*. 2021 Feb 11;3:614384. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33733226>.

Статья поступила / Received 01.04.2022
Получена после рецензирования / Revised 10.04.2022
Принята в печать / Accepted 15.04.2022

Информация об авторах

Долгалева Александр Александрович¹, доктор медицинских наук, доцент, начальник центра инноваций и трансфера технологий, профессор кафедры стоматологии общей практики и детской стоматологии

E-mail: dolgalev@dolgalev.pro. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6352-6750>

Данаев Аслан Барадинович¹, ассистент кафедры онкологии и лучевой терапии с курсом ДПО

E-mail: aslandanaev111@mail.ru. ORCID 0000-0003-4754-3101. SPIN: 7266-7722

Юсупов Руслан Доккаевич², доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры хирургической стоматологии с курсом хирургической стоматологии и ЧЛХ

E-mail: doctoryusupov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6137-2516

Хоссаин Шазмим Джахан³, ассистент кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии стоматологии

E-mail: shazmim@mail.ru. ORCID 0000-0002-5410-1849. SPIN: 3760-3732

Габриелян Рузанна Григорьевна¹, ассистент кафедры онкологии и лучевой терапии с курсом ДПО

E-mail: Gabrielyan_ruzanna@mail.ru. ORCID 0000-0002-3655-0237. SPIN: 7266-7722

Золотаев Кирилл Евгеньевич¹, соискатель кафедры стоматологии общей практики и детской стоматологии

E-mail: kzolotaev@yandex.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2347-5378>

¹ Ставропольский Государственный Медицинский Университет, г. Ставрополь, Российская Федерация

² Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, Российская Федерация

³ ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Российская Федерация

Контактная информация:

Долгалева Александр Александрович. E-mail: dolgalev@dolgalev.pro

Author information

Dolgalev A.A.¹, PhD, MD, Head of the Center for Innovation and Technology Transfer, Professor of the Department of General Practice Dentistry and Pediatric Dentistry

E-mail: dolgalev@dolgalev.pro. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6352-6750>

Danaev A.B.¹, assistant of the Department of Oncology and Radiation Therapy with a course of additional professional education

E-mail: aslandanaev111@mail.ru. ORCID 0000-0003-4754-3101. SPIN: 7266-7722

Yusupov Ruslan Dokkaevich², PhD, MD, Head of the Department of Clinical Dentistry with a course of OS and MFS

E-mail: doctoryusupov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6137-2516

Hossain Shazmim Jahan³, DDS, assistant lecturer, the department of oral and maxillofacial surgery

E-mail: shazmim@mail.ru. ORCID 0000-0002-5410-1849. SPIN: 3760-3732

Gabrielyan R.G.¹, assistant of the Department of Oncology and Radiation Therapy with a course of additional professional education,

E-mail: Gabrielyan_ruzanna@mail.ru. ORCID 0000-0002-3655-0237. SPIN: 7266-7722

Zolotaev Kirill Evgenievich¹, Postgraduate of the Department of general and pediatric dentistry

E-mail: kzolotaev@yandex.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2347-5378>

¹ Stavropol State Medical University, Stavropol, Russian Federation

² Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute-branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russian Federation

³ The Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Contact information

Dolgalev A. A. E-mail: dolgalev@dolgalev.pro

Для цитирования: Долгалева А.А., Данаев А.Б., Юсупов Р.Д., Хоссаин Ш.Д., Габриелян Р.Г., Золотаев К.Е. Объективная оценка погрешности показателей плотности при проведении конусно-лучевой компьютерной томографии в стоматологической практике. Медицинский алфавит. 2022;(7): 65–68. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-7-65-68>

For citation: Dolgalev A.A., Danaev A.B., Yusupov R.D., Hossain Shazmim Jahan, Gabrielyan R.G., Zolotaev K. E. Objective assessment of measurement error in significant cone-beam computed tomography in dental practice. Medical Alphabet. 2022;(7): 65–68. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-7-65-68>



БЛАНК–ЗАКАЗ на подписку на журнал 2022 год



«Медицинский алфавит». Серия «**Стоматология**» – 4 выпуска в год (2800 руб. в год).
Электронная версия любого журнала – 500 руб. (за выпуск).

Присылайте, пожалуйста, запрос на адрес medalfavit@mail.ru.

ООО «Альфмед»

ИНН 7716213348/КПП 771701001

Р/с № 40702810738090108773

ПАО «СБЕРБАНК РОССИИ» г. МОСКВА

К/с 30101810400000000225 БИК 044525225

Годовая подписка на журнал «Медицинский алфавит. Серия «**Стоматология**» – 4 выпуска в год 2022.

Цена 2800 руб в год (печатная версия) или 2000 руб (электронная версия).

Как подписаться

1. Оплатить квитанцию в любом отделении Сбербанка у кассира с получением кассового чека. Журналы высылаются только если Вы прислали адрес доставки на электронную почту издательства. Отправить скан квитанции с кассовым чеком, выданным кассиром банка, на e-mail: medalfavit_pr@bk.ru, или podpiska.ma@mail.ru.
2. Оплата через онлайн-банки издательством принимается только на сайте <https://medalfavit.ru/podpiska-na-zhurnaly/> в разделе **Издательство медицинской литературы**.