

Макарова Д.В.

## ВОЗМОЖНОСТИ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОСТЕЙ И СУСТАВОВ

*Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова*

**Актуальность.** Повреждения конечностей чаще всего являются результатом спортивных, производственных и бытовых травм. К примеру, на долю голеностопного сустава приходится до 25% от общего количества травм опорно-двигательного аппарата и 40–60% от числа повреждений нижней конечности [4]. Травмы лучезапястного сустава и кисти составляют 25–65% от всех повреждений опорно-двигательного аппарата, дегенеративные и воспалительные процессы зарегистрированы у 1% населения в популяции [3, 10].

Прослеживается тенденция увеличения числа повреждений и заболеваний конечностей. Зачастую они становятся причиной инвалидизации лиц трудоспособного возраста [2, 3].

Рядом исследователей отмечено, что только часть случаев инвалидности при патологии данной локализации может быть связана с тяжестью самого повреждения или болезни. Большинство из них являются следствием ошибок и осложнений, возникших в процессе диагностики и лечения [5]. До настоящего времени в большинстве российских лечебно-диагностических учреждений для изучения изменений при повреждениях и заболеваниях дистальных отделов конечностей ограничиваются стандартной рентгенографией [2–4]. С внедрением в клиническую практику магнитно-резонансной томографии (МРТ), мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ), ультразвукового исследования (УЗИ) и цифровой микрофокусной рентгенографии с прямым многократным увеличением изображений возможности диагностики патологии структур данной анатомической области существенно расширились [1, 4–7].

В настоящее время благодаря появлению современных конусно-лучевых компьютерных томографов стало возможным проведение исследований в ортопедии, травматологии и ревматологии с получением высококачественных изображений при сравнительно низкой лучевой нагрузке на пациента [2, 8–10].

Имеются лишь единичные публикации среди доступных отечественных и зарубежных литературных источников, освещающие некоторые возможности использования КЛКТ в диагностике заболеваний и повреждений костей и суставов [2, 8–10].

**Цель исследования** – детальный анализ возможностей КЛКТ в оценке формы и структуры анатомических образований конечностей.

**Материалы и методы.** В группе добровольцев, состоящей из 107 человек в возрасте от 24 до 67 лет КЛКТ кистей была выполнена в 37,4% (n=40) случаев, стоп – в 7,5% (n=8), лучезапястных суставов – в 42,1% (n=45), локтевых суставов – в 3,7% (n=4), коленных суставов – в 3,7% (n=4) и голеностопных суставов – в 5,6% (n=6) случаев на аппарате NewTom 5G (QR s.r.l., Италия).

Исследования выполнялись на базе Центра стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ГБОУ ВПО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России. Для оценки диагностической эффективности КЛКТ, ее результаты сопоставлялись с данными МСКТ, выполненной на аппарате Brilliance 64 (Philips, Голландия), цифровой стандартной рентгенографии и цифровой микрофокусной рентгенографии с прямым многократным увеличением изображения на аппарате «Пардус» (Россия). Вышеперечисленные исследования выполнялись по поводу аналогичной патологии. Также были сделаны фотографии зон интереса имеющих визуальные изменения.

Исследования кистей, лучезапястных и локтевых суставов на конусно-лучевом компьютерном томографе проводились в положении пациента сидя позади гентри с применением специализированных рентгенонегативных подставок. Кисть располагалась в среднефизиологическом положении, КЛКТ локтевых суставов проводились при позиционировании конечности таким образом, чтобы предплечье и кисть тыльной поверхностью прилежали к плоскости стола (рис. 1, а). КЛКТ стоп,

голеностопных и коленных суставов выполнялись в положении пациента сидя на томографическом столе с использованием специализированных рентгенонегативных подставок при позиционировании стопы подошвенной поверхностью к столу, голеностопного и коленного суставов – голень располагалась параллельно к плоскости стола (рис. 1, б).

В основе получения изображений при КЛКТ лежит сканирование исследуемой области импульсным рентгеновским пучком лучей, сфокусированным таким образом, что излучение распространяется в виде пирамиды. В дальнейшем ослабленное тканями рентгеновское излучение попадает на детектор. Благодаря данной методике, всего за один оборот гентри 360 градусов вокруг области исследования, получается первично трехмерное изображение, готовое к дальнейшей постпроцессорной обработке (рис. 2).



Рис. 1а. Укладка конечности для проведения КЛКТ кисти, лучезапястного и локтевого сустава

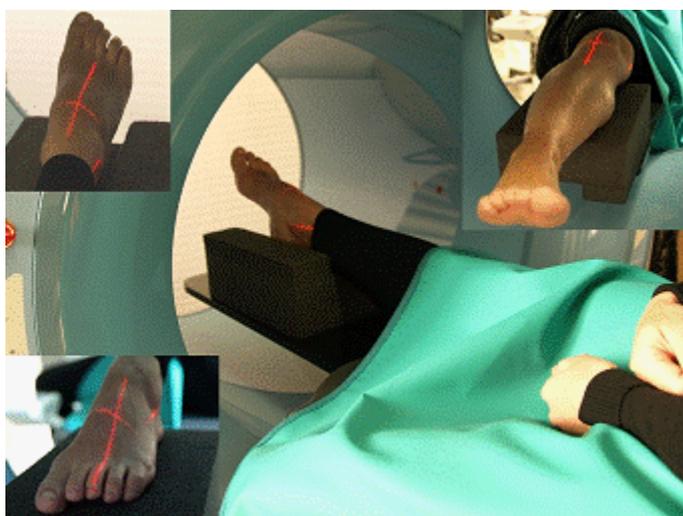


Рис. 1б. Укладка конечности для проведения КЛКТ стопы, голеностопного и коленного сустава

КЛ система позволяет избежать потерь графической информации в промежутках между срезами, что является важным фактором при исследованиях таких сложных анатомических областей, как дистальные отделы конечностей. По данным разработчиков отличительными особенностями методики является возможность получения первично трехмерного изображения с высоким пространственным разрешением и последующим построением мультипланарных реконструкций. Высокое качество томограмм характеризуется оптимальным соотношением сигнал/шум, равномерностью точности и динамического диапазона градации серого (16 бит), получаемых в результате использования плоскостной панели детектора.

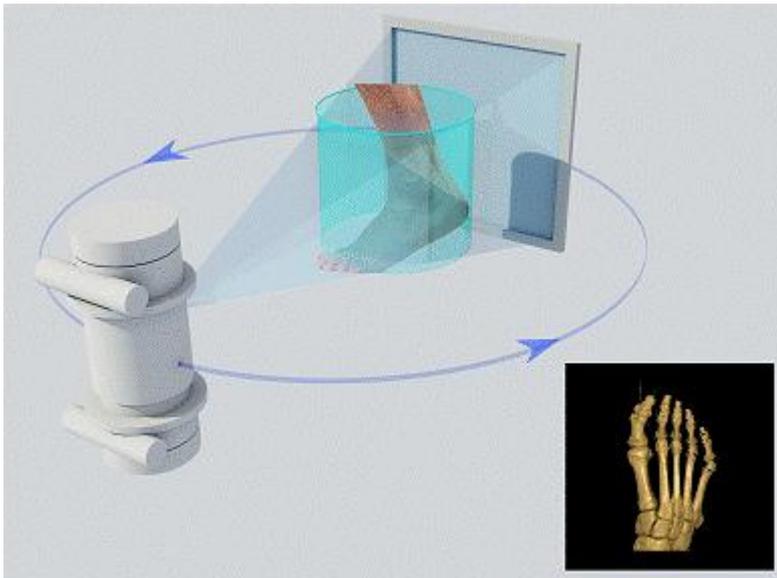


Рис. 2. Принцип получения первично трехмерного изображения (схема)

**Результаты и их обсуждение.** При КЛКТ конечностей были получены изображения высокого разрешения, с детальным отображением костной структуры и мелких структурных изменений, отломков и дефектов костей, размерами от 2 мм, качество которых было сопоставимо, а в ряде случаев, превосходило цифровые микрофокусные рентгенограммы (рис. 3, а–в). Данные изменения также достоверно визуализировались на мультисрезовых компьютерных томограммах, но не определялись при стандартной рентгенографии.



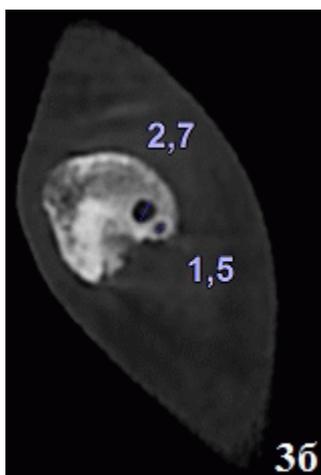


Рис. 3. Данные лучевых исследований левой стопы с признаками вальгусной деформации I пальца. При КЛКТ (а, б) и цифровой микрофокусной рентгенографии с прямым 3-кратным увеличением изображения (в) получены убедительные данные о структурной перестройке костной ткани в виде изменения направления костных балок на уровне головки проксимальной фаланги и головки плюсневой кости I пальца. На мультипланарных КЛКТ визуализируются очаги разряжения от 1,5 мм, соответствующие кистовидной перестройке, но достоверно не определяются при цифровой микрофокусной рентгенографии с прямым многократным увеличением изображения

При стандартной рентгенографии зачастую практически не удается выявить наличие добавочных костей таких сложных по своему строению анатомических образований, как кисти и стопы в связи с наличием суммационных эффектов. На КЛ-томограммах удавалось достоверно визуализировать добавочные кости кистей и стоп, как проявление вариантов развития (рис. 4, а-в). Стало возможным уточнить их локализацию и пространственное расположение. Данные, полученные при проведении КЛКТ были сопоставимы с мультисрезовыми компьютерными томограммами. Особую ценность подобная информация может представлять при наличии указания пациентом на травматическое повреждение в анамнезе. На микрофокусных рентгенограммах с прямым многократным увеличением изображения дистальных отделов конечностей получить данные о наличии добавочных костей не всегда представлялось возможным.

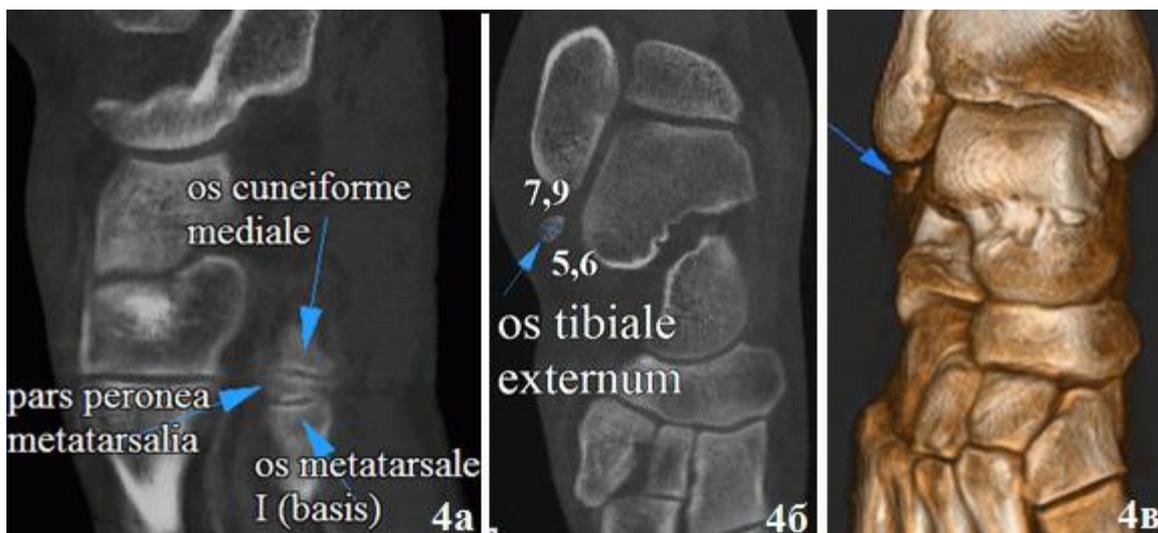


Рис. 4. На КЛ-томограмме правой стопы между суставными поверхностями основания I плюсневой и медиальной клиновидной костей с подошвенной стороны определяется сверхкомплектная (добавочная кость) – pars peronea metatarsalia (синяя стрелка). Размер ее 10,7 x 15,1 мм, контуры четкие, закругленные, структура – трабекулярная (а). На КЛ-томограмме и 3D-реконструкции правого голеностопного сустава по медиальной поверхности определяется сверхкомплектная (добавочная кость) – os tibiale externum (синяя стрелка), овальной формы, имеющая трабекулярную структуру. Размеры ее достигают 5,6 x 7,9 мм, контуры четкие, ровные (б, в)

При КЛКТ была возможна оценка состояния плотных мягкотканых образований: капсульно-связочного аппарата, сухожилий и апоневрозов, а также определение скоплений избыточного количества жидкости при синовитах и тендовагинитах (рис. 5, а–г). На стандартных рентгенограммах и цифровых микрофокусных рентгенограммах с прямым многократным увеличением изображения оценить мягкотканые структуры достоверно не удалось.

Особое внимание обращает на себя отсутствие значимых артефактов от металлоконструкций или инородных тел металлической плотности при КЛКТ. Это имеет решающее значение при оценке формы, контуров и структуры костей при исследованиях сложных по своему анатомическому строению сегментов конечностей в травматологии и ортопедии при планировании и контроле результатов лечения при повреждениях и заболеваниях конечностей. При МСКТ визуализировалось большое количество артефактов от металлоконструкций и инородных тел металлической плотности, что затрудняло оценку контуров и структуры костей (рис. 6, а–б).



Рис. 5. а,б – КЛ-томограммы левого голеностопного сустава. Достоверно визуализируется место прикрепления и частично ход плантарного апоневроза синие стрелки и ахиллово сухожилие с признаками уплотнения и фиброзных изменений –стрелки. в, г – КЛ-томограмма и фото правого локтевого сустава. Лучевые признаки отложения кристаллов мочевой кислоты в подкожно-жировой клетчатке – подагрический тофус –стрелки

**Заключение.** В ходе детального анализа изображений, полученных при КЛКТ костей и суставов конечностей удалось определить возможности и показания к применению методики для диагностики повреждений и заболеваний:

- КЛКТ является методикой выбора при оценке небольших (от 2 мм) участков патологической перестройки и посттравматических изменений костной ткани, а также сложных по своему анатомическому строению сегментов, где при проведении стандартной рентгенографии наиболее выражены суммационные эффекты;

- методика позволяет оценивать состояние плотных мягкотканых структур, выявлять скопления избыточного количества жидкости в полости суставов, синовиальных сумках и сухожильных влагалищах;

- артефакты от металлоконструкций и инородных тел металлической плотности являются незначительными, не снижают информативность и качество изображений и не затрудняют анализ результатов исследования при динамическом наблюдении при контроле результатов лечения;

- учитывая сравнительно низкую лучевую нагрузку и высокое качество изображений, КЛКТ может быть рекомендована, как приоритетная методика на первом этапе диагностики, полностью заменяя стандартную рентгенографию.

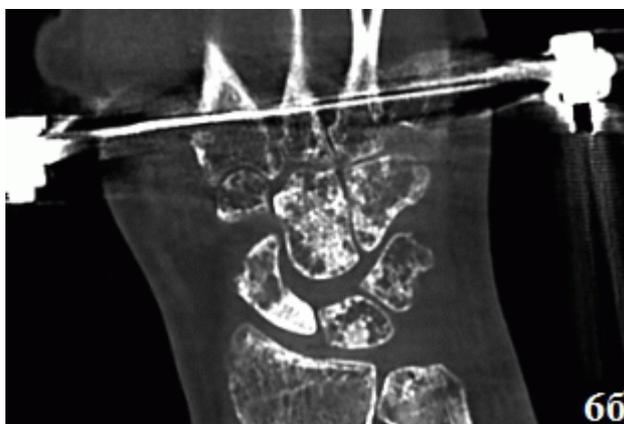


Рис. 6. КЛ-томограмма правого коленного сустава при наличии погружной металлоконструкции (винта) (а) – артефакты отсутствуют (синие стрелки). Достоверно визуализируются контуры кортикальных пластинок и детально отображается структура костной ткани. На КЛ-томограмме правой кисти с наличием дистракционного аппарата значимые артефакты отсутствуют (б). Прослеживаются кортикальные пластинки и костно-мозговые каналы костей. КЛКТ-картина ложного сустава ладьевидной кости с признаками аваскулярного некроза. Определяется участок склеротических изменений полулунной кости с потерей трабекулярной структуры, окруженный ободком склероза – признаки аваскулярного некроза. При стандартной рентгенографии достоверно определялось наличие ложного сустава с признаками аваскулярного некроза ладьевидной кости, но не визуализировалось наличие аваскулярного некроза полулунной кости (в)

#### **Список использованных источников:**

1. Буланова И.М., Смирнова В.А., Бойчак Д.В. Малодозовая микрофокусная рентгенография в характеристике костной ткани (клинико-экспериментальное исследование)// Радиология – практика. 2011. № 4. С. 13–20.
2. Васильев А.Ю., Блинов Н.Н. (мл.), Егорова Е. А. Конусно-лучевая компьютерная томография – новая технология исследования в травматологии// Мед. виз. 2012. № 4. С. 2–6.
3. Васильев А.Ю., Буковская Ю.В. Лучевая диагностика повреждений лучезапястного сустава и кисти: Рук-во для врачей. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. С. 5–6.
4. Еськин Н.А. Ультразвуковая диагностика в травматологии и ортопедии. - М.: Социально-политическая МЫСЛЬ, 2009. 440 с.
5. Пашникова И.С., Пчелин И.Г., Труфанов Г.Е., Фокин В.А. Инверсионная травма голеностопного сустава и стопы: роль магнитно-резонансной томографии в острый период травмы// Вестник Российской Военно-медицинской Академии. 2012. Т. 1. С. 83–91.
6. Пугачева Е.Н. Ультразвуковая диагностика мягкотканых образований опорно-двигательного аппарата: Дис. ... канд. мед. наук. - СПб.: ГОУ ВПО "Военно-медицинская академия", 2011. 129 с.
7. Рапопорт И.Э., Лучихина Е.Л., Погожева Е.Ю., Смирнов А.В., Каратеев Д.Е. Магнитно-резонансная томография кистей как метод ранней диагностики ревматоидного артрита// Тер. архив. 2010. Т. 82. № 5. С. 14–22.
8. De Cock J., Mermuys K., Goubau J., Van Petegem S., Houthoofd B., Casselman J.W. Cone-beam computed tomography: a new low dose, high resolution imaging technique of the wrist, presentation of three cases with technique// Skeletal Radiol. 2012. № 41. V 1. P. 93-96.
9. Mermuys K., Vanslambrouck K., Goubau J., Steyaert L, Casselman JW. Use of digital tomography: case report of a suspected scaphoid fracture and technique// Skeletal Radiol. 2008. V. 37 (6). P. 569–572.
10. Ramdhian-Wihlm R., Le Minor J. M., Schmittbuhl M., Jeantroux J., Mac Mahon P., Veillon F., Dosch J.-C., Dietemann J.-L., Bierry G. Cone-beam computed tomography arthrography: an innovative modality for the evaluation of wrist ligament and cartilage injuries// Skeletal Radiol. 2012. V. 41. P. 936–969.