

Сравнительная характеристика физико-технических параметров конусно-лучевых компьютерных томографов для исследования конечностей

Аннотация

Представлены обзор и сравнение физико-технических параметров конусно-лучевых (КЛ) КТ-аппаратов для исследования конечностей, которые представлены на рынках России и Европы. В данный обзор включены все доступные КЛКТ-аппараты, позволяющие проводить исследования конечностей. Информация об их характеристиках была получена из официальных открытых источников и в большинстве случаев уточнена у представителей компаний-производителей. В обзор включены 8 аппаратов от 5 производителей. В результате все доступные характеристики аппаратов были систематизированы и проанализированы.

Введение

В современной ортопедической практике широкое применение получила многосрезовая компьютерная томография (МСКТ), которая применяется в диагностике различных патологических изменений костно-суставной системы: травматических, неопластических, воспалительных и др. Современные МСКТ-аппараты представляют собой систему, в которой узкоколлимированный веерообразный пучок рентгеновского излучения и многорядный линейный детектор совершают круговое вращение вокруг пациента для получения серии изображений интересующей области. Использование нескольких рядов линейных детекторов и спирального хода сканирования позволяет ускорить процесс сбора данных и охватить большую зону интереса, а благодаря малым размерам пикселя детектора (менее 1 мм) улучшается пространственное разрешение, повышая качество построения трехмерных реконструкций [1]–[3].

Особенностью конусно-лучевых компьютерных томографов (КЛКТ) является использование двухкоординатных детекторов большей площади, а рентгеновское излучение имеет вид конуса с большим углом раствора при его вершине (широко расходящийся пучок рентгеновского излучения). В совокупности это позволяет получать трехмерное изображение с высоким пространственным разрешением за один оборот излучателя и детектора и без перемещения объекта диагностики сквозь гентри томографа, при этом лучевая нагрузка при КЛКТ значительно ниже, чем при МСКТ [4], [5].

КЛКТ широко применяется в диагностике заболеваний и повреждений челюстно-лицевой области, лор-органов около 20 лет, однако благодаря своим преимуществам данная методика также представляет интерес в обследовании пациентов ортопедического профиля. В связи с этим в последнее время разные компании-производители разработали специализированные КЛКТ-аппараты для исследования конечностей, которые в том числе позволяют проводить исследования с нагрузкой при вертикальном положении пациента [1], [5], [6].

Материалы и методы

В доступной англо- и русскоязычной медицинской литературе отсутствуют статьи, посвященные сравнению физико-технических параметров специализированных КЛКТ-аппаратов для исследования конечностей. В данный обзор включены все известные КЛКТ-аппараты, позволяющие проводить исследования костно-суставной системы, представленные на рынке Российской Федерации и Европы в настоящее время.

Первоначально информация о каждом аппарате была собрана из официальных открытых источников: веб-сайтов, проспектов и буклетов фирм-производителей, после чего официальным представителям компаний были отправлены электронные письма с целью подтверждения и уточнения данных.

Результаты

Полученные данные были обработаны, систематизированы и оформлены в виде таблицы (табл. 1).

В данный обзор были включены восемь КЛКТ-аппаратов от пяти разных компаний: четыре аппарата из США, два – из Италии, по одному – из Финляндии и Южной Кореи. Половина сравниваемых аппаратов являются узкоспециализированными, на которых возможно проводить исследования только верхних и нижних конечностей. Положения пациента во время исследования на разных аппаратах могут отличаться: стоя (5 аппаратов), сидя (8) или лежа (6). Стоит отметить, что у 4-х аппаратов есть возможность проведения исследования в положении стоя с аксиальной нагрузкой, что важно, например, для оценки изменения взаимоотношения костей мелких суставов стопы.

Габариты аппаратов достаточно вариabельны: наиболее компактным является аппарат «InReach» («CurveBeam», США): размер 154 × 58 × 91 см, масса 136 кг, а самый крупный аппарат – «NewTom 5G XL» («QR s.r.l.», Италия) – 360 × 175 × 178 см, 660 кг. Однако последняя модель позволяет проводить исследования не только конечностей, но и челюстно-лицевой области, лор-органов, шейного отдела позвоночника. Внутренние размеры гентри варьируются от диаметра 20 × 25 см (апертура аппарата в этом случае имеет продолговатую форму) до 58,5 см.

Все аппараты оснащены плоскпанельными детекторами из аморфного кремния с возможностью варьировать размер поля сканирования, силу тока и напряжение рентгеновской трубки в зависимости от диагностической задачи. Наибольшая величина поля сканирования отмечается у аппаратов «LineUp» и «PedCAT» («CurveBeam», США) и имеет размер до 20 × 35 см.

Размер вокселя получаемого изображения составляет от 0,075 до 0,400 мм, а величина серой шкалы варьируется от 14 до 16 бит. Размер фокусного пятна в большинстве случаев составляет 0,5 мм (у 4-х аппаратов), а самая малая его величина (0,3 мм) – у аппарата «NewTom 5G» («QR s.r.l.», Италия).

У большинства аппаратов угол ротации трубки достигает 360° (75 %) и лишь у 2-х аппаратов составляет 270°.

В зависимости от аппарата время экспозиции при сканировании объекта достаточно сильно отличается, время реконструкции изображения также варьируется от 30 до 300 с.

Количество изображений, получаемых за одно исследование, составляет от 360 до 720 шт.

У каждого аппарата установлено уникальное программное обеспечение собственной разработки фирмы-производителя.

Обсуждение

Из сравниваемых аппаратов узкоспециализированными для ортопедических исследований являются модели производ-

Таблица 1

Физико-технические параметры сравниваемых КЛКТ-аппаратов

Характеристика	InReach («CurveBeam»)	LineUp («CurveBeam»)	NewTom 5G («QR, s.r.l.»)	NewTom 5G XL («QR, s.r.l.»)	OnSight 3D Extrinity System («Carestream»)	PedCAT («CurveBeam»)	Philon 1.0 («NFR»)	Verity («Planned»)
Размеры, см	154 x 58 x 91	127 x 159 x 125	230 / 360 (с креслом/столом) x 175 x 178	360 x 175 x 178	152,4 x 183 x Н/д	119,4 x 149,9 x 121,9	115 x 88,5 x x 143,3 / 173,3 (без/с монито- ром)	76 x 184 x 160
Масса, кг	136	340	660	660	Н/д	181,8	275	350
Диаметр генери, см	20 x 25	30,96	58	58,5	40	30	41	40
Тип детектора	Плоскопанельный из аморфного кремния							
Поле сканирования, см	17 x 16	До 20 x 35	До 18 x 16	До 21 x 19	До 21 x 22	До 20 x 35	До 22 x 16	До 20 x 25
Серая шкала, бит	16	14	16	16	Н/д	14	Н/д	16
Размер вокселя, мм	200	300	75...300	100...300	Н/д	300, 370	200...400	127
Напряжение на трубке, кВ	100...120	60, 100, 120	60...120	60...120	Н/д	100, 120	50...130	80...96
Сила тока, мА	5	5	1...18,3	1...18,3	Н/д	5	4...10	2,4...12
Размер фокусного пятна, мм	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	Н/д	0,6
Угол ротации, град.	360	360	360	360	270	360	360	270
Положение пациента	Стоя / сидя / лежа	Стоя / сидя	Сидя / лежа	Сидя / лежа	Стоя / сидя / лежа	Стоя / сидя	Сидя / лежа	Стоя / сидя / лежа
Время экспозиции, с	5,9	1,3...6	3,6...6,7	0,9...9	Н/д	10	7,2	4,5...18
Время сканирования, с	24	0,15...21	18...36	18...36	20...25	16...32	14,4	18
Время реконструкции, с	До 300	До 180	Менее 60	Менее 60	Н/д	До 180	До 163	30...120
Количество изображений за сканирование	480	480 / 720	360 / 480	360 / 480	Н/д	360	360	300...600
Установленное ПО	Собственного производства	Собственного производства	NNT	NNT	Н/д	Собственного производства	Н/д	Planmeca Romexis © 3D Med
Страна-произво- дитель	США	США	Италия	Италия	США	США	Южная Корея	Финляндия
Возможность исследования с аксиальной нагрузкой	-	+	-	-	+	+	-	+

ства компаний «Carestream» (США) и «CurveBeam» (США). Все остальные аппараты позволяют применять их также при обследовании других локализаций, например челюстно-лицевой области и лор-органов.

Отличительной особенностью специализированных КЛКТ-аппаратов для костно-суставной системы и одновременно их преимуществом стала возможность проведения исследований в положении стоя с вертикальной нагрузкой, что позволяет более достоверно оценить взаимоотношение анатомических структур, в первую очередь костей стопы в момент физиологической нагрузки. Эта функция реализована на аппаратах производства компаний «Carestream», «Planmed» и «CurveBeam» («pedCAT»).

Одним из основных параметров, позволяющих провести сравнение КЛКТ-аппаратов, является величина поля сканирования. В случае обследования костно-суставной системы интересующая врача зона должна быть полностью охвачена во время исследования, тем самым аппараты с большим полем сканирования обладают преимуществом перед другими. Однако чем больше поле сканирования, тем выше лучевая нагрузка на пациента. В связи с этим в большинстве аппаратов размер поля сканирования возможно варьировать в зависимости от области исследования.

Другой важной характеристикой является размер вокселя: чем он ниже, тем выше пространственное разрешение получаемого изображения. Однако при этом также повышается и лучевая нагрузка. Именно по этой причине у большинства аппаратов есть возможность выбора различной величины вокселя в зависимости от задачи диагностического исследования.

Таким образом, все обсуждаемые физико-технические параметры должны быть четко оптимизированы в протоколах сканирования в зависимости от задач каждого исследования с целью максимального снижения лучевой нагрузки на пациента, но при безусловном обеспечении качества изображений на необходимом диагностическом уровне.

Отсутствие сравнения величин дозовых нагрузок для разных аппаратов в представленной статье связано в первую очередь с невозможностью унификации этих данных. Разные диагносты применяют различные физико-технические параметры сканирования, поэтому объективное сравнение лучевой нагрузки практически невыполнимо.

Заключение

В обзоре систематизированы и проанализированы все доступные характеристики КЛКТ-аппаратов, предназначенных для исследований костно-суставной системы. Отмечается тенденция к созданию все большего количества узкоспециализированного рентгеновского оборудования, в частности КЛКТ-аппаратов для исследования костно-суставной системы. Результаты анализа могут быть полезны разработчикам специализированного рентгеновского оборудования, а также специалистам, которые планируют приобретение, установку и эксплуатацию соответствующих аппаратов.

Список литературы:

1. Carrino J.A., Muhit A.A., Zbijewski W. et al. Dedicated cone-beam CT system for extremity imaging // Radiol. 2014. Vol. 270. № 3. PP. 816-824.
2. Posadzy M., Desimpel J., Vanhoenacker F. Cone beam CT of the musculoskeletal system: Clinical applications // Insights Imag. 2018. Vol. 9. № 1. PP. 35-45.
3. Venkatesh E., Elluru S.V. Cone beam computed tomography: Basics and applications in dentistry // J. Istanbul Univ. Fac. Dent. 2017. Vol. 51. № 3. PP. S102-S121.
4. Васильев А.Ю., Блинов Н.Н. (мл.), Егорова Е.А. Конусно-лучевая компьютерная томография – новая технология исследования в травматологии // Медицинская визуализация. 2012. № 4. С. 65-68.
5. Васильев А.Ю., Блинов Н.Н. (мл.), Егорова Е.А., Макарова Д.В., Дутова М.О. Возможности конусно-лучевой компьютерной томографии в оценке состояния костей и суставов кисти // Радиология – практика. 2012. № 6. С. 54-61.
6. Pugmire B.S., Shailam R., Sagar P. et al. Initial Clinical Experience with extremity cone-beam CT of the foot and ankle in pediatric patients // AJR Am. J. Roentgenol. 2016. Vol. 206. № 2. PP. 431-435.

Валентин Александрович Нечаев,
канд. мед. наук, врач-рентгенолог,
отделение лучевой диагностики,
ГБУЗ «НИКИО им. Л.И. Свержевского ДЗМ»,
Александр Юрьевич Васильев,
член-корреспондент РАН,
д-р мед. наук, профессор,
кафедра лучевой диагностики,
ФГБОУ ВО «Московский государственный
медико-стоматологический университет
им. А.И. Евдокимова» Минздрава России,
директор,
ООО «Центральный научно-исследовательский
институт лучевой диагностики»,
г. Москва,
e-mail: dfkz2005@gmail.com

* * * * *