

Клиническое исследование: Дозы облучения и качество рентгеновских снимков Клиники Erasmus, Брюссель, и St. Vincent de Paul, Париж

Введение

Рентгенографическая система EOS предназначена для проведения общего рентгенологического исследования, которое обычно осуществляется с применением обычных рентгеновских пленочных или цифровых систем (DR, CR). Система EOS позволяет за один сеанс получать снимок либо всего тела пациента, либо заданной области исследования. Два рентгеновских снимка в перпендикулярных плоскостях, полученных одновременно в переднезадней (AP) или заднепередней (PA) проекции и в боковой проекции, используются для последующей трехмерной 3D реконструкции различных анатомических структур скелета.

Система EOS это двухпроекционная рентгенографическая система со следующими инновационными характеристиками:

- Значительное снижение дозы рентгеновского облучения и более высокое качество изображения по сравнению с обычными системами (DR, CR) и томографическими системами применительно к пациенту в прямостоящем вертикальном положении.
- Трехмерная 3D реконструкция и визуализация изображения скелетной структуры на основе двух снимков в двух проекциях.

Соответственно, низкие дозы облучения в совокупности с высоким качеством изображения делает возможным более частое обследование пациентов и имеет большое значение для обследования детей. Трехмерная 3D реконструкция позволяет определять клинические параметры, которые потенциально являются более релевантными, чем параметры, определяемые на обычном рентгенографическом оборудовании. Положение с весовой нагрузкой делает возможным проведение всех вычислений в функциональном положении пациента.

Целью данной статьи является обзор конструктивных особенностей системы EOS, которые позволяют реализовать возможности получения более высокого качества рентгеновского снимка при одновременном снижении дозы рентгеновского облучения.

Кроме того, в данной статье будут представлены результаты первого клинического исследования по сопоставлению результатов, полученных на основе применения системы EOS и обычных (пленочных систем) в терминах качества снимков (на основе Европейского стандарта EURO 16261 IN) и доз рентгеновского облучения (по данным экспозиционных доз облучения проникновения слоев воздуха – ESAK – Entrance Surface Air Kerma).

Технологии малых доз облучения системы EOS

В системах EOS применяется новый тип газового детектора частиц, за изобретение которого французский физик Джордж Шарпак получил Нобелевскую премию. Данная технология основана на эффекте умножения заряда в сжатом газе. Такая электронная лавинная ионизация приводит к появлению электрического сигнала, который используется для оцифровки пикселей строки изображения. Система сконструирована таким образом, чтобы минимизировать уровень рассеиваемой радиации, увеличить отношение сигнал-шум и динамический диапазон, что в совокупности позволяет получать рентгеновские снимки очень высокого качества при невысокой дозе радиационного облучения. Кроме того, алгоритмы собственной разработки, использующие теоретические априорные модели, позволяют выполнять трехмерную 3D реконструкцию при уровнях используемого радиационного излучения от приблизительно 500 до 1000 раз меньшего, по сравнению с тем, что применяется в обычных рентгеноскопических системах.

Минимизация уровня рассеиваемой радиации

Используемая технология щелевого сканирования позволяет минимизировать количество рассеиваемой радиации, попадающей на линейный детектор вследствие того, что облучаемый объем тела пациента ограничен как со стороны источника излучения, так и со стороны детектора очень узкой щелью апертуры, что позволяет значительно снизить рассеивание рентгеновских лучей. Такой эффект коллимации (юстировки лучей) позволяет отсекал все рентгеновские лучи, чья траектория не соответствует фокальному пятну рентгеновской трубки. Такое значительное уменьшение рассеянной радиации приведет к более высокому отношению сигнал-шум на входе детектора, что в результате приведет к повышению качества изображения на снимке при одновременном снижении дозы рентгеновского облучения, необходимой для получения информации такого же качества.

Улучшенное отношение Сигнал-Шум:

Детектор, используемый в системе EOS, выполняет прямую конверсию (преобразование) и усиление энергии рентгеновских лучей на основе электронного лавинообразного эффекта ионизации. Каждый фотон рентгеновского излучения непосредственно приносит частичку энергии в измеряемый электрический сигнал и способствует снижению статистической флюктуации преобразования рентгеновских лучей, что в результате приводит к получению более высокого отношения сигнал – шум, чем это возможно при использовании обычных пленочных или цифровых рентгенографических технологий.

Более высокий динамический диапазон:

Амплитуда лавинной ионизации может управляться подачей высокого напряжения на цель анода для триггерного переключения. Таким образом, поскольку усиление детектора регулируется для каждого вида экспозиции, он в максимальной степени расширяет амплитуду сигнала по всему динамическому диапазону, не допуская при этом предельного насыщения. В результате достигается оптимальный уровень контрастности для каждого вида экспозиции и прекрасный уровень визуализации как твердых, так и мягких тканей в ходе единственной экспозиции.

Клиническое исследование

1.1 Материал и метод исследований

Сопоставительное исследование было проведено в клиниках Erasmus (Брюссель) и St. Vincent de Paul (Париж) на 64 пациентах с диагнозом сколиоз путем сравнения доз рентгеновского облучения, применяемого на аппаратуре EOS и обычных пленочных рентгеновских систем как для переднезадней (AP) проекции, так и для боковой проекции рентгеновских снимков позвоночного столба. 64 пациента, 41 женщина и 23 мужчины (средний возраст = 14,7± 4,8 лет – BMI (индекс массы тела) = 19,8± 4,6 кг/м²) согласились на исследование сколиоза или последующее наблюдение, с полным рентгенографическим обследованием позвоночного столба. Всем пациентам было назначено проведение исследования в заднепередней (PA) и боковой (LAT) проекциях. Каждый пациент прошел обследование на оборудовании EOS, точно с такими же техническими условиями (задание кВ и выбор положения пациента), какие могли бы быть при исследовании на обычном пленочном рентгеноскопическом оборудовании. Качество рентгеноскопических снимков и уровень дозы (ESAK) оценивались для каждого снимка. Была использована специальная форма оценки качества изображения на основе Европейских рекомендаций по выбору критериев качества педиатрических рентгеноскопических снимков [1]. Она основана на оценке качества "включения" и "воспроизведения" анатомических свойств. Снимки, полученные на стандартной рентгеноскопической аппаратуре, после оцифровки, и снимки, полученные на стандартном оборудовании EOS, оценивались двумя врачами-рентгенологами. Статистическая оценка согласованности результатов между исследователями была выполнена с использованием теста на основе критерия Уилкоксона ("Wilcoxon test"). Уровень значимости теста, р-значение ("p-value") был зафиксирован на уровне 5%, а согласованность результатов оценивалась на основе величины параметра капши ("kappa value").

Расчет параметров экспозиционных доз облучения (ESAK) выполнялся обычным способом с учетом различных параметров (исходные данные при получении снимков, выходные уровни излучения рентгеновской трубки, данные морфологических параметров пациента). Значения ESAK соответствуют поступающим к пациенту дозам без отраженного излучения.

1.2 Результаты

1.2.1 Дозиметрия

Дозы рентгеновского облучения, измеренные в обычных системах, были значительно выше уровней доз используемых системой EOS в обеих проекциях – заднепередней PA и боковой (p < 0.001). Среднее значение величины ESAK для обычных систем оказалось на уровне 0,81±0,24 мГр для PA проекции и 1,67±0,65 мГр для бокового вида, в то время как значение ESAK для системы EOS был на уровне 0,12±0,03 мГр для PA проекции и 0,19±0,04 мГр - для боковой (см. Таблицу 1 и Таблицу 2). Это соответствует снижению дозы облучения от 85% до 89% для систем EOS по сравнению с обычными пленочными рентгеновскими системами для PA проекции и боковой проекции соответственно.

Таблица 1: Экспозиционные дозы облучения (ESAK) – для РА проекции

РА (N=59)	Система EOS			Обычная система			Среднее отношение Обычные/EOS
	кВ	мА/с линия	ESAK (мГр)	кВ	мАс	ESAK (мГр)	
Средн.	69.7	0.75	0.12	70.1	58.4	0.81	7.1 ± 2.5 [2.4 - 16.9] (достоверное отклонение: p < 0.001)
СКО	5.2	0.16	0.03	5.0	11.4	0.24	
Мин.	56	0.42	0.06	56	20.0	0.26	
Макс.	88	1.33	0.22	88	80	1.78	

Таблица 2: Экспозиционные дозы облучения (ESAK) – для боковой проекции

LAT (N=52)	Система EOS			Обычная система			Среднее отношение Обычные/EOS
	кВ	мА/с линия	ESAK (мГр)	кВ	мАс	ESAK (мГр)	
Средн.	83.2	0.73	0.19	82.9	82.7	1.67	9.2 ± 3.9 [3.9 - 22.8] (достоверное отклонение: p < 0.001)
СКО	8.9	0.11	0.04	8.0	18.8	0.65	
Мин.	66	0.53	0.07	68	50.0	0.72	
Макс.	120	0.83	0.27	120	125	3.60	

Примечание: Отношение средних доз облучения обычных систем и систем EOS был получен не простым делением средних величин их доз облучения, а путем вычисления на основе всех полученных дозиметрических данных в ходе исследования.

1.2.2 Качество рентгеновских снимков

Для снимков в РА проекции два исследователя обнаружили значительное преимущество снимков, полученных с использованием системы EOS в области тел и ножек позвонков. По трем критериям включения не было обнаружено значительной разницы между двумя методами (p > 0.1). И наконец, расхождение было обнаружено при оценке геометрического воспроизведения суставных, боковых и остистых отростков: один исследователь обнаружил значительное превосходство систем EOS для всех трех объектов (p < 0.01), а другой не нашел большой разницы.

Для боковой проекции превосходство систем EOS обнаружено по трем критериям (шейный и грудной: p < 0.001, поясничный: p < 0.05). Включение в рассмотрение области копчика не выявило большого различия, в то время как по основанию черепа один исследователь обнаружил преимущество систем EOS (p=0.05), в то время как другой исследователь нашел эту разницу незначительной (p=0.07).

В таблицах 3 и 4 представлены обобщенные значения распределения средних значений оценок разных исследователей для двух проекций – заднепередней (РА) и боковой.

Таблица 3: Распределение средних оценок, полученных от двух исследователей по критериям включения и воспроизведения (для заднепередней - РА проекции)

	Фронтальная проекция (n=44)					
	Да		Сомнительно		Нет	
	Рентген. пленка	EOS	Рентген. пленка	EOS	Рентген. пленка	EOS
Основание черепа Incl	82%	93%	0%	7%	11%	0%
Копчик Incl.	98%	99%	2%	0%	0%	1%
Подвздошная кость Incl.	94%	100%	5%	0%	1%	0%
Тела позвонков R	80%	97%	16%	3%	5%	0%
Ножки позвонков R	82%	97%	9%	3%	9%	0%
Суставные отростки R	60%	76%	27%	19%	13%	5%
Остистые отростки R	77%	88%	14%	11%	9%	1%
Боковые отростки R	67%	83%	25%	16%	8%	1%

Incl. = "включение"
R = "воспроизведение"

Таблица 4: Распределение средних оценок, полученных от двух исследователей по критериям включения и воспроизведения (для боковой проекции)

	Боковая проекция (n=41)					
	Да		Сомнительно		Нет	
	Рентген. пленка	EOS	Рентген. пленка	EOS	Рентген. пленка	EOS
Основание черепа Incl.	87%	74%	7%	5%	6%	21%
Копчик Incl.	100%	99%	0%	1%	0%	0%
Шейный отдел позв. R	26%	93%	28%	1%	46%	6%
Грудной отдел. позв. R	2%	74%	49%	26%	49%	0%
Пояснич. отдел позв. R	80%	100%	17%	0%	2%	0%

Incl. = "включение"
R = "воспроизведение"

1.3 Обсуждение результатов и выводы

Системы EOS позволяют получать цифровые рентгеновские снимки в вертикальной прямостоящей позиции пациента с весовой нагрузкой, при этом со значительным снижением дозы облучения – до приблизительно 85% по сравнению с обычными рентгеновскими системами и, как минимум, не худшим общим качеством снимков, а для боковой проекции и с более высоким качеством изображения. Эти особенности открывают новые возможности в плане дополнительного обследования пациентов и учета его позиционного баланса.

Врачи – рентгенологи, которые принимали участие в исследовании, отметили, что применение системы EOS позволяет избежать случаев недоэкспонирования (недостаточного облучения), являющегося типичным для обычных пленочных систем. Кроме того, они особенно приветствовали возможность получения снимков длинномерных объектов непосредственно в цифровом формате без необходимости "сшивания" нескольких снимков.

Необходимо отметить, что другие системы (CR типа) имеют возможность получения снимков с применением малых доз облучения, но это реализуется за счет ухудшения качества рентгеновского снимка по ряду параметров [4]. В режиме флюорооскопии этот метод применяет дозы облучения, сопоставимые с используемыми дозами в системе EOS. Однако качество рентгеновского снимка при этом значительно хуже у пленочных систем [2-3].

В ряде неопубликованных исследований показано на менее представительных выборках, что для других анатомических зон дозы облучения EOS ниже, чем в системах типа DR, CR или пленочных системах. Более углубленные исследования сейчас находятся в завершающей стадии в ряде мест в Монреале, Канада (на фантомах и на реальных пациентах в количестве 30-40 человек) и скоро будут опубликованы. В этих исследованиях рассматривается сопоставительный анализ применения системы EOS по отношению к обоим типам систем CR и DR для получения снимков легких, области таза и позвоночного столба. Все предварительные данные этих Монреальских исследований с большой долей вероятности подтверждают результаты настоящего исследования, описанного выше.

1.4 Литература

- European Commission (1996) European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. Report EUR 16261EN
- Geijer H, Verdonck B, Beckman KW, Andersson T, Persliden J (2003) Digital radiography of scoliosis with a scanning method: radiation dose optimization. Eur Radiol 13:543-551
- España ML, Gómez G, Romero A, Miñambres A, Albi G, Floriano A, Rodriguez A, López Franco P (2004) Valoración de un sistema de scan digital frente a un sistema convencional cartulina película en exploraciones de columna total in pediatría. Radioprotección 11:25 – 31
- Hansen J, Jurik AG, Fiirgaard B, Egund N (2003) Optimisation of scoliosis examinations in children. Pediatr Radiol 33:752-65



EOS imaging SA.
10 rue Mercœur | 75011 Paris France | +33 (0) 155 25 60 60

EOS imaging Inc.
185 Alewife Brook Parkway #410 | Cambridge, MA 02138 USA | 678.564.5400

www.eos-imaging.com