

Е.Н. Потрахов

МИКРОФОКУСНАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ – ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Аннотация

Предложено новое направление медицинской диагностики – микрофокусная рентгенография. Микрофокусная рентгенография, в отличие от общепринятой стандартной, позволяет принципиально повысить информативность получаемых рентгеновских снимков, снизить радиационную нагрузку на пациента и медицинский персонал, а также потребляемую электрическую мощность. Описаны диагностические возможности микрофокусной рентгенографии в травматологии.

Понятие «микрофокусная рентгенография» включает в себя совокупность способов получения рентгеновских изображений с помощью источников излучения, размер фокусного пятна которых составляет менее 100 мкм [1]. Исследования, проводимые более 20 лет в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ», показали, что при использовании микрофокусных источников для целей медицинской диагностики проявляется целый ряд особенностей формирования рентгеновского изображения просвечиваемого органа.

Благодаря так называемым, эффектам снижения экспозиционной дозы, псевдообъемного изображения, фазового контраста и некоторым другие [2], микрофокусные рентгенодиагностические комплексы позволяют принципиально повысить информативность рентгеновских снимков и одновременно снизить дозу облучения пациентов и медицинского персонала. При этом мощность, потребляемая рентгеновскими аппаратами, предназначенными для микрофокусной рентгенографии, при прочих равных условиях на один-два порядка меньше, чем аппаратами, используемыми в стандартной рентгенографии.

В 1997 году гарвардским экономистом К. Кристенсеном в книге «Дилемма инноватора» был впервые употреблен термин «подрывная технология» (не путать с «прорывной») для характеристики вновь предлагаемой технологии, фактически «закрывающей» какую-либо существующую технологию. Например, в свое время, цифровые фото- и видеокамеры на основе ПЗС-матриц вытеснили традиционные пленочные фотоаппараты и видеокамеры, а металлопластиковые рамы – деревянные оконные переплеты и т. п.

С этой точки зрения, микрофокусная рентгенография – российская инновационная подрывная технология в медицинской диагностике.

Материалы и методы

Рентгенологические исследования по методике микрофокусной рентгенографии проводились в условиях городского многофункционального стационара. Было обследовано 70 больных с различ-

ными заболеваниями костей и суставов. Выполнялись преимущественно снимки нижних конечностей – стопы, голени, коленного сустава (рис. 1).



Рис. 1. Рентгеновская съемка голеностопа на микрофокусном аппарате

В качестве источника излучения использовался микрофокусный рентгеновский аппарат семейства «Пардус», в качестве приемника рентгеновского изображения – система визуализации AGFA CR 85. Физико-технические условия микрофокусной съемки: напряжение $U_M = 80...125$ кВ; ток $i_M = 0,15$ мА; время экспозиции $t_M = 0,5...1,5$ с; расстояние тубус рентгеновского аппарата – поверхность стола $f_M = 200...250$ мм; средний коэффициент увеличения изображения $m_M = 3$. На рис. 2 представлены примеры полученных «микрофокусных» рентгеновских изображений голеностопа.

Физико-технические условия съемки голеностопа контактным способом стандартной рентгеногра-

фии на аппарате «Диагност-56»: $U_k = 44$ кВ; $i_k = 40$ мА; $t_k = 620$ мс (экспозиция 25 мАс); $f_k = 1000$ мм.

Результаты и обсуждение

Для сравнения просвечивающих возможностей стандартной рентгенографии, выполняемой на аппаратах с характерным размером фокусного пятна около 1 мм, и микрофокусной были выполнены соответствующие оценки (далее параметры контактной съемки отмечены индексом «К», микрофокусной съемки – индексом «М»).

Учитывались следующие факторы:

- в соответствии с теорией обнаружения [3] доза, требуемая в плоскости приемника рентгеновского изображения для отображения малоразмерной малоконтрастной детали, обратно пропорциональна квадрату коэффициента увеличения изображения этой детали. Следовательно, в микрофокусной рентгенографии при съемке с увеличением изображения во столько же раз можно снизить мощность источника излучения по сравнению со способом контактной съемки в стандартной рентгенографии, при котором увеличение изображения практически не происходит;
- мощность источника излучения обратно пропорциональна квадрату фокусного расстояния, которое при съемке одних и тех же объектов в микрофокусной рентгенографии по сравнению со стандартной рентгенографией существенно меньше;

- при съемке с увеличением изображения снижается уровень рассеянного излучения, которое ухудшает контраст обнаруживаемой детали в $(1 + \sigma)$ раз. Можно считать, что $(1 + \delta_k) / (1 + \delta_m) = 2$;
- микрофокусная рентгенография используется в основном при исследовании неподвижных и малоподвижных органов. Поэтому время экспозиции при микрофокусной съемке может быть увеличено по сравнению с контактной съемкой в стандартной рентгенографии.

В итоге «выигрыш» по мощности η микрофокусного аппарата может быть оценен с помощью следующего выражения [4]:

$$\eta = \frac{P_k}{P_m} = \left(\frac{m_m}{m_k}\right)^2 \cdot \left(\frac{f_k}{f_m}\right)^2 \cdot \frac{(1 + \delta_k) t_m}{(1 + \delta_m) t_k}, \quad (1)$$

где P – мощность аппарата; m – коэффициент увеличения изображения; f – фокусное расстояние; δ – отношение интенсивности рассеянного излучения к первичному; t – время экспозиции.

Расчеты в соответствии с выражением (1) дали величину η , равную

$$\eta = \left(\frac{3}{1}\right)^2 \cdot \left(\frac{1000}{250}\right)^2 \cdot 2 \cdot \frac{1}{0,62} = 726.$$

Мощность аппарата «ПАРДУС» в режиме повторно-кратковременного включения составляет $P_m = 15$ Вт [5]. Соответственно



а)



б)

Рис. 2. «Микрофокусные» рентгеновские снимки голеностопа

$$P_K = \mu P_M = 726 \cdot 15 = 10890 \approx 10 \text{ кВт.}$$

Таким образом, можно утверждать, что в микрофокусной рентгенографии аппарат мощностью 15 Вт при съемке конечностей имеет такую же эквивалентную просвечивающую возможность, что и аппарат мощностью 10 кВт в стандартной рентгенографии.

Заключение

В настоящее время цифровая микрофокусная рентгенография предоставляет значительные дополнительные диагностические возможности и уже зарекомендовала себя в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, травматологии, ревматологии, ортопедии и т. д.

Увеличение мощности существующих микрофокусных рентгеновских аппаратов позволит приблизить их к стационарным рентгенодиагностическим аппаратам, используемым, например, в ангиографии, томографии и т. д.

Список литературы:

1. Потрахов Н.Н. Микрофокусная рентгенография в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. – СПб.: ООО «Техномедиа», 2007. 184 с.

2. Потрахов Н.Н., Потрахов Е.Н., Грязнов А.Ю. Особенности и физико-технические условия съемки на рентгенодиагностическом комплексе «ПАРДУС-Стома» // Медицинская техника. 2009. № 3. С. 36-38.
3. Роуз А. Зрение человека и электронное зрение. – М.: Мир, 1977. 216 с.
4. Потрахов Н.Н., Мазуров А.И., Васильев А.Ю. Микрофокусная рентгенография в медицинской диагностике // Променева диагностика, променева терапия. 2011. Вып. 3-4. С. 124-128.
5. Цифровой рентгенодиагностический комплекс «ПАРДУС-Травма». Руководство по эксплуатации. ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед».

Евгений Николаевич Потрахов,
аспирант,

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ»,
г. С.-Петербург,
e-mail: evg2214@yandex.ru

Международное научно-техническое общество приборостроителей и метрологов (МНТО ПМ) – издатель журнала «ПРИБОРЫ»

Международное научно-техническое общество приборостроителей и метрологов издает отраслевой научно-технический и производственный журнал «ПРИБОРЫ», отражающий состояние сегодняшнего российского рынка приборостроительной продукции, интересы предприятий и потребителей, результаты деятельности разработчиков новых изделий и систем автоматизации, аналитические обзоры состояния этой сферы науки, техники и производства. Журнал ориентирован на широкий круг специалистов промышленности, предпринимателей, работников фирм и вузов, заинтересованных в систематическом получении актуальной и достоверной информации о выпускаемых в России и странах СНГ приборах и средствах автоматизации, о новых изделиях, предлагаемых потребителям, а также о действующих нормативных документах и рекомендациях. Журнал публикует материалы о новых методах измерений, сбора и представления измерительной и контрольной информации, новых конструкторских и технологических решениях, новых технологиях и материалах, составляющих основу создания новой конкурентоспособной продукции, осуществляет систематические публикации материалов по созданию и эксплуатации систем автоматизации различного назначения для отраслей промышленности, науки, по информационным технологиям, программно-техническим комплексам. Публикуется информация о профиле и продукции отдельных приборостроительных предприятий, их новых разработках, производственных и технологических возможностях и интересах. Тесные связи нашего Общества и редакции с Международной конфедерацией по измерениям (ИМЕКО) позволяют постоянно знакомить наших читателей с материалами этой весьма авторитетной международной профессиональной организации.

Журнал зарегистрирован в ВАК РФ как научное издание.

Журнал выходит 12 раз в год и распространяется по подписке.
Индекс журнала в каталоге Агентства «Роспечать» – 79727.

В редакции можно оформить льготную подписку на 2013 год.
Стоимость годовой подписки (12 экз.) – 11400 руб.

Заявки принимаются по тел./факсу: (495) 695-10-71
или по e-mail: kavalero@mail.ru.

Более подробная информация о журнале «Приборы» – на сайте: www.pribory-smi.ru.