

А.А. Левитов, В.И. Дога, Г.С. Белицкая**СЛОТ-РЕНТГЕНОГРАФИЯ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: edumed@list.ru

А.А. Левитов – врач-рентгенолог; В.И. Дога – зав. отделением, врач-рентгенолог, к.м.н.; Г.С. Белицкая – врач-рентгенолог

Реферат

Слот (щелевая)-рентгенография – это рентгенологическое исследование, при котором за один проход рентгеновской трубки над пациентом выполняется планарная рентгенография узким направленным пучком с дальнейшей компьютерной шшивкой полученных изображений на рабочей станции. Применение инновационных методик захвата и обработки изображений в сочетании с широкоформатным плоскостанельным детектором позволяет получать изображения большой протяженности, от одной до нескольких анатомических областей. При проведении исследования рентгеновская трубка и плоскостанельный детектор движутся в параллельных плоскостях друг относительно друга с постоянной скоростью вдоль оси тела. Таким образом достигается минимальное искажение полученного изображения и возможность получения обработанных изображений без визуальных дефектов. Это дает возможность проводить более точную диагностику патологических изменений. Слот-рентгенография может проводиться в положении пациента как стоя, так и лежа в зависимости от области интереса и поставленных задач. Возможно выполнение снимков как в прямой, так и в боковой проекции без потери качества.

Слот-рентгенография эффективно применяется для диагностики патологических изменений суставов и позвоночника, в том числе сколиозов, укорочений конечностей, нестабильности сегментов позвоночника, патологии вен нижних конечностей, а также как метод оценки качества проведенного лечения. Данная методика характеризуется удобством и безопасностью для пациента, минимальными временными затратами и низкой лучевой нагрузкой.

Применение данной методики значительно повышает информативность рентгенологического обследования, выводит его на качественно новый уровень, предоставляя врачу широкий спектр диагностических возможностей.

Ключевые слова: *слот-рентгенография, цифровая рентгенография, лучевая диагностика, плоскостанельные детекторы, протезирование суставов*

Поступила: 27.06.2018. Принята к публикации: 29.11.2018

Введение

Применение современных технологий в обычных рутинных, известных десятилетиями, методиках обследования позволяет значительно совершенствовать диагностический процесс и вывести его на качественно новый уровень.

Казалось бы, еще 10–15 лет назад в рентгенологии не могло появиться ничего более нового и совершенного, чем существовало на тот момент: аналоговые пленочные снимки, непосредственная работа с реактивами или использование проявочных машин, контактная рентгенография – все это было обычными трудовыми буднями сотрудников рентгенологических отделений.

С развитием цифровых техник и технологий появилась возможность получать данные сначала на CR-кассеты на основе фотостимулируемых люминофоров с их дальнейшей оцифровкой в дигитайзерах, а в дальнейшем – непосредственно на цифровой плоскостанельный матричный детектор, с которого информация выводилась непосредственно на экран монитора рабочей станции аппарата. Применение подобных детекторов, которые дают возможность получать большой объем данных за единицу времени обследования, позволило значительно усовершенствовать диагностический процесс, внедрить новые методики, которые ранее были недоступны при использовании аналоговых аппаратов и фотопленок. Например, давно известен такой метод обследования, как цифровой линейный томосинтез [1]. Данная методика прекрасно показала себя в диагностическом процессе и широко используется, например, как скрининг у онкологических пациентов [2].

До появления процедуры слот-рентгенографии для получения изображения большой по длине анатомической структуры выполнялись так называемые снимки «на протяжении», когда исследуемый объект снимался отдельными частями на пленку со строго определенными, неизменными условиями, и далее полученные снимки склеивались между собой посредством клея или липкой ленты. Получался обзорный снимок исследуемой области, который превосходил реальные размеры в 1,5–2 раза. При выполнении подобных протяженных снимков двух конечностей выполнялись отдельные снимки каждой конечности, которые потом склеивались в одно изображение, что значительно затрудняло анализ и интерпретацию полученных изображений и дальнейшую работу со снимками, к примеру, при подборе эндопротеза, когда крайне важно точное соблюдение всех размеров (рис. 1).

Кроме того, при выполнении снимков «на протяжении» необходимы более длительные экспозиции, а ошибки в позиционировании приводили к повторным облучениям пациентов, что наряду с не менее чем трехкратным облучением пациента для получения снимка «на протяжении» одной конечности обуславливало дополнительную лучевую нагрузку на пациента и приводило к тому, что пациенты получали относительно высокие уровни доз облучения за одно исследование.

Слот (щелевая)-рентгенография

Слот (щелевая)-рентгенография – это инновационная рентгенологическая процедура, при которой за один проход рентгеновской трубки над пациентом производится двумерная рентгенография узким направленным пучком излучения с дальнейшей компью-



Рис. 1. Пример снимков «на протяжении» двух нижних конечностей, выполненных на аналоговой пленке.

терной сшивкой полученных изображений на рабочей станции (рис. 2).

Данная процедура является дополнительной программно-технической возможностью для аппаратов, на которых проводятся стандартные рентгенологические обследования. Благодаря этому нет необходимости изыскивать дополнительные площади и переоборудовать рентгенодиагностические кабинеты.

Описание метода

Поворотная система деки стола дает возможность проводить исследования в положении пациента как стоя, так и лежа в зависимости от области интереса и поставленных задач. В случае с тяжелобольными или маломобильными пациентами в условиях выполнения исследования под нагрузкой данная процедура может быть проведена с углом наклона деки стола в диапазоне от $+1^\circ$ до $+89^\circ$.

К примеру, для проведения слот-рентгенографии нижних конечностей предпочтительным считается проведение исследования в вертикальном положении для получения физиологической нагрузки на нижние конечности, что, в свою очередь, позволяет максимально точно выявить возможные деформации и перекосы костей таза и нижних конечностей.

Благодаря тому, что сканирование производится узким пучком рентгеновского излучения, система позволяет выполнять снимки в прямой и боковой проекциях любых анатомических областей вне зависимости от комплекции и массы тела пациента. Однако наибольшее распространение данная методика получила при исследовании позвоночника, верхних и нижних конечностей.

Слот-рентгенографию возможно проводить при величине фокусного расстояния (SID) от 120 до 150 см. Для стандартизации получаемых данных рекомендовано проводить слот-рентгенографию при одинаковом значении SID.

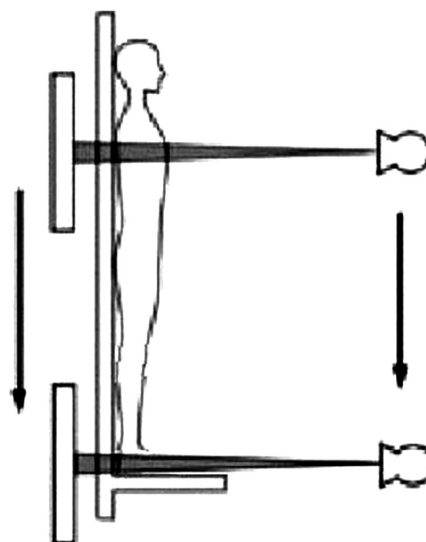


Рис. 2. Общий принцип работы рентгенодиагностической системы при выполнении слот-рентгенографии

После выбора на пульте анатомической программы согласно области интереса и, при необходимости, корректировки глубины, производится рентгенография узким направленным пучком. Размеры данного пучка зависят от выбранных условий: для слот-рентгенографии в стандартных условиях ширина пучка составляет 40 мм, в условиях слот-рентгенографии высокой четкости ширина пучка уменьшается до 20 мм. Скорость проведения слот-рентгенографии также отличается – 15 с для стандартных условий и около 25–30 с для слот-рентгенографии высокой четкости. Это позволяет свести до минимума стресс и дискомфорт, которые получают пациенты при проведении исследования (рис. 3а,б).

Результатом исследования является серия последовательных рентгенограмм, которые путем компьютерного наложения и сшивки формируются в конечное изображение слот-рентгенографии. Данная обработка занимает порядка 10–15 с рабочего времени, проходит полностью в автоматическом режиме и не оказывает влияния на работу рентгенодиагностического кабинета. Другими словами, сразу после проведения процедуры слот-рентгенографии может проводиться исследование любой сложности без потери качества (рис. 4)

На современных аппаратах максимально возможная область захвата при проведении слот-рентгенографии составляет 145×42 см и ограничена техническими возможностями аппарата. Теоретически, при решении технических ограничений, возможно проведение слот-рентгенографии пациента от свода черепа до стоп для оценки всех возможных нарушений и деформаций скелета и опорно-двигательного аппарата.

Чувствительность метода

Матрицы плоскочувствительных детекторов современных цифровых аппаратов с функцией слот-рентгенографии имеют размер 2880×2880 пикселей, позволяя получить максимально точное и детализированное



Рис. 3. Примеры выбора анатомических программ и условий слот-рентгенографии на сенсорной панели рентгенодиагностического аппарата

изображение любого исследуемого объекта даже при большом увеличении на мониторе врачебной станции.

При проведении процедуры слот-рентгенографии происходит захват изображения в форме узкой щели шириной от 20 до 40 мм в зависимости от условий исследования, когда рентгеновская трубка и плоскопанельный детектор перемещаются в параллельных плоскостях с постоянной скоростью вдоль направления оси тела. Таким образом достигается минимальное искажение полученного изображения и возможность получения обработанных изображений без визуальных дефектов.

Лучевая нагрузка на пациента

Как было сказано выше, при выполнении слот-рентгенографии получается серия сканов шириной от 20 до 40 мм, каждый со сравнительно небольшой дозой облучения. Это достигается, прежде всего, тем, что исследование проводится за один проход трубки над пациентом и нет необходимости производить данную процедуру повторно.

По данным исследований ряда зарубежных авторов [4, 5], при проведении слот-рентгенографии пациент получает как минимум в два раза меньшую лучевую нагрузку в сравнении с традиционными рентгенографическими методиками. В зависимости от поставленных задач это различие может многократно увеличиваться [5].

Область применения

Область применения слот-рентгенографии характеризуется довольно широким диапазоном. Наиболее часто она используется для исследования опорно-двигательного аппарата на предмет выявления всевозможных перекосов, искривлений, патологических изменений суставов и позвоночника (рис. 5а,б).

Благодаря тому, что сканирование происходит узким направленным пучком рентгеновского излучения, различие толщины тканей исследуемого объекта зачастую не сказывается на конечном результате.

Кроме того, на рабочей станции есть возможность проведения различных измерений длин, построения

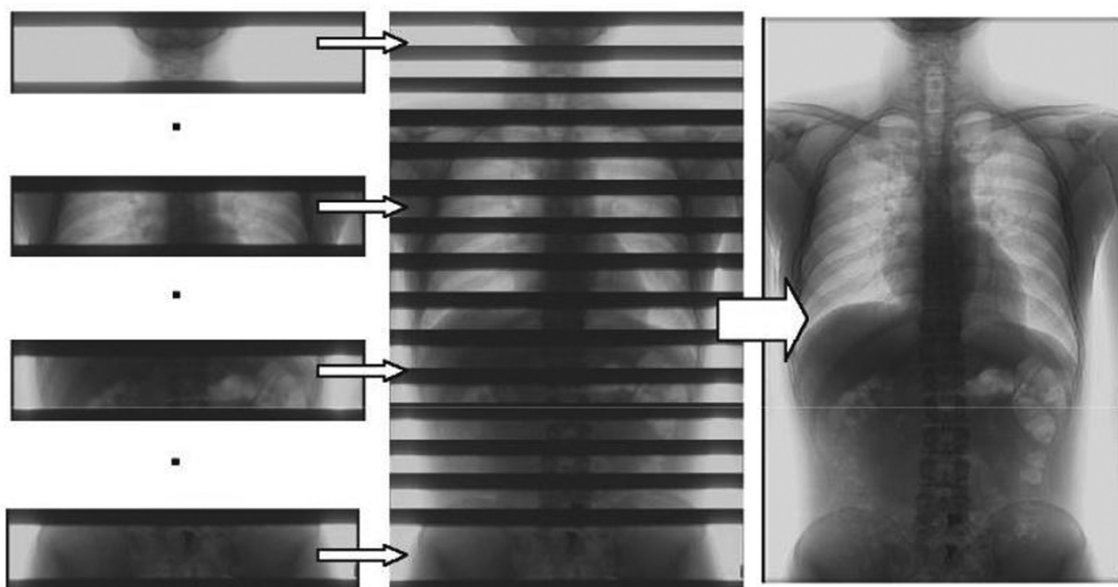


Рис. 4. Получение данных слот-рентгенографии и реконструкция полученных срезов [3]

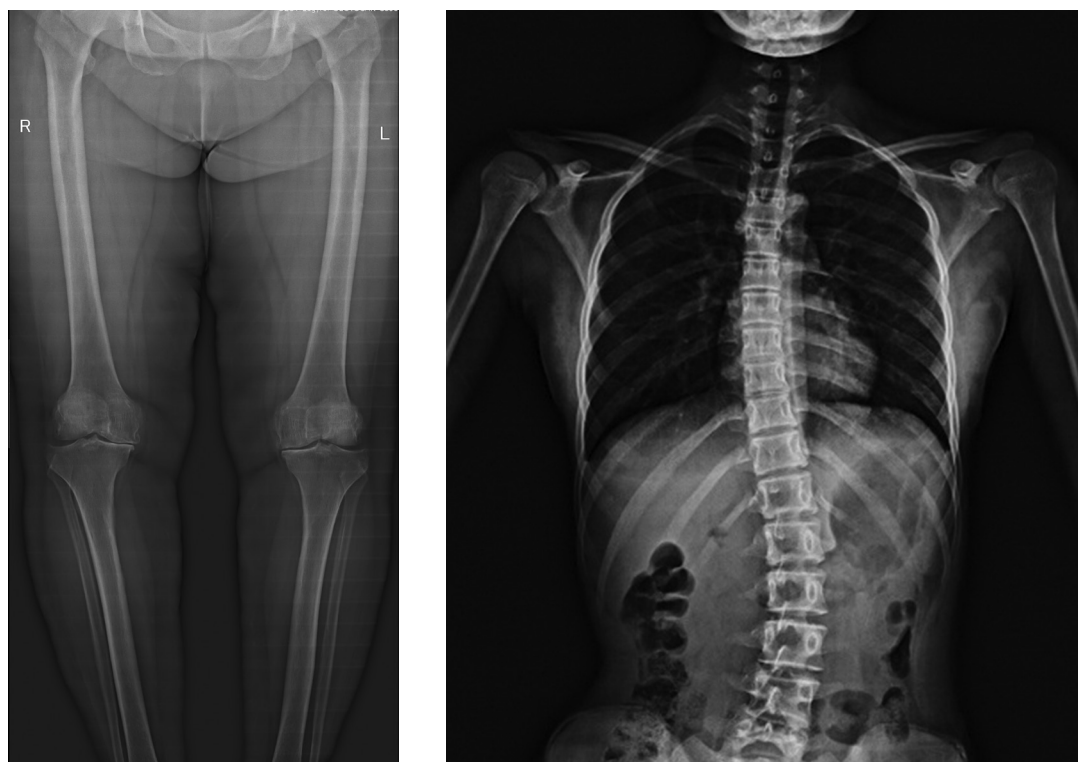


Рис. 5. Примеры исследований методом слот-рентгенографии

углов, внесения аннотаций для удобства работы медицинского персонала (рис. 6 а,б).

Слот-рентгенография также используется и как метод оценки качества проведенного лечения патологии опорно-двигательного аппарата. Пример на рис. 7 взят из исследований японских врачей [5], проведен-

ных на аппарате с функцией слот-рентгенографии [6]. При проведении слот-рентгенографии у пациентки был выявлен С-образный сколиоз III степени в нижне-грудном и поясничном отделах с компенсаторной торсией Th7-L5 позвонков и деформацией грудной клетки в нижних отделах. Была проведена операция по устра-

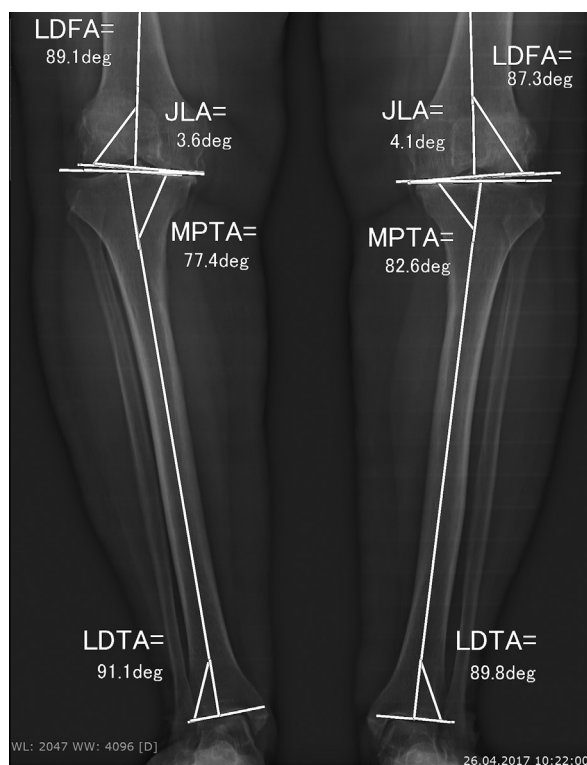


Рис. 6. Пример работы с изображениями слот-рентгенографии на рабочей станции аппарата

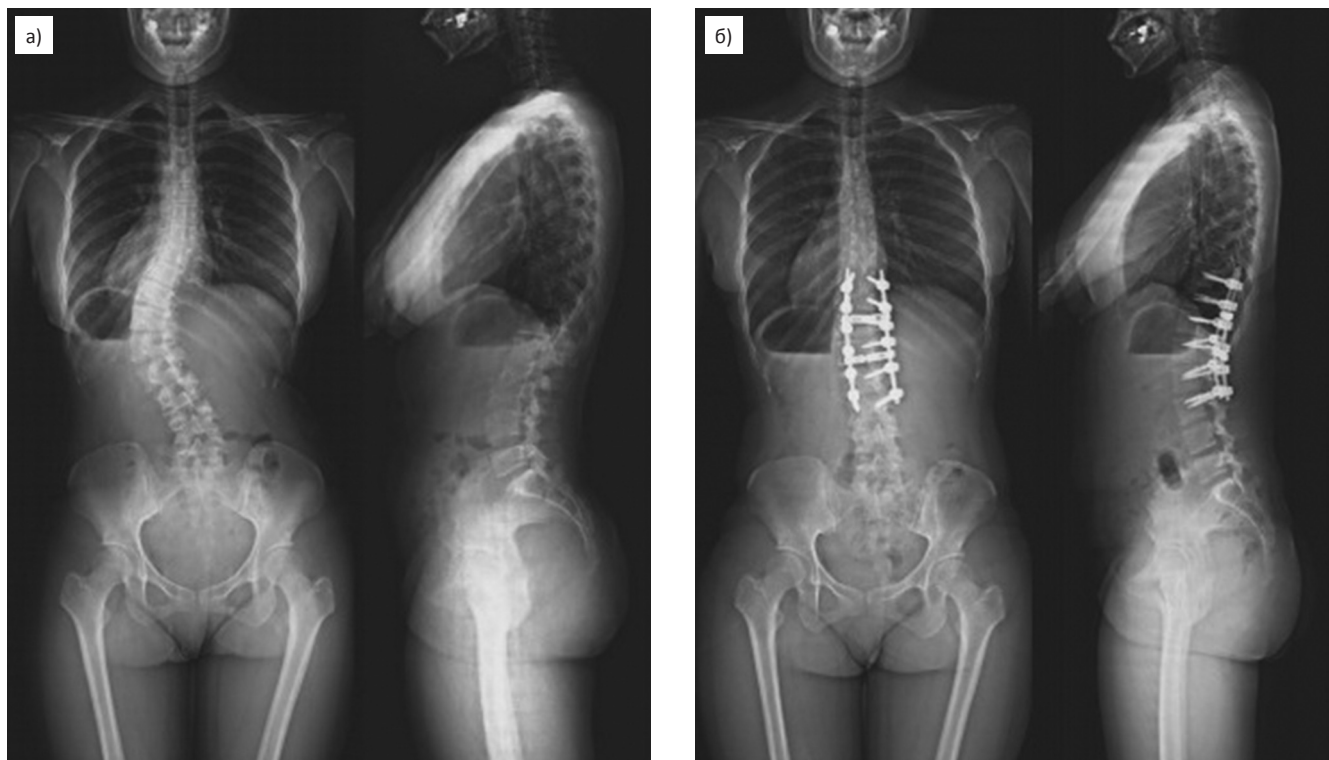


Рис. 7. Снимки слот-рентгенографии пациентки до и после операции по устранению сколиотической деформации грудного и поясничного отделов позвоночника [4]

нению сколиотической деформации грудной клетки с установкой металлоконструкции с крепежными винтами (рис. 7 а, б).

Спустя некоторое время была выполнена контрольная слот-рентгенография для оценки результатов проведенного исследования. В случае установки металлоконструкции у врача есть возможность дополнить проведение слот-рентгенографии проведением цифрового линейного томосинтеза для выявления возможных костных изменений в зоне оперативного вмешательства в области установки металлических конструкций, что также является весьма эффективным способом оценки отдаленных результатов проведенного лечения.

Кроме того, имеются сообщения о применении слот-рентгенографии при проведении флебографии нижних конечностей [4]. Сочетание данных методик позволяет получить наиболее полную картину распределения контрастного вещества по венозному руслу и максимально точно выявить локализацию патологических изменений (рис. 8).

Заключение

Таким образом, слот-рентгенография является рентгенологическим методом функционального обследования пациентов с патологией опорно-двигательного аппарата. Она позволяет максимально точно диагностировать возможные изменения и используется также как метод оценки качества проведенного лечения. Минимальное время обследования, минимальные неудобства для пациента, низкий уровень



Рис. 8. Опыт применения слот-рентгенографии при проведении флебографии нижних конечностей [5]

облучения в ходе исследования позволяют рекомендовать данную методику для широкого применения в ортопедической практике и хирургии, когда необходимо оценить возможные патологические изменения опорно-двигательного аппарата.

Авторы статьи выражают благодарность за предоставленные снимки (рис. 1, 3а, 3б, 5а, 6а, 6б) А.В. Згонниковой (ГБУ здравоохранения города Севастополя «Городская больница № 9»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левитов А.А., Краснюк В.И., Дога В.И. Цифровой линейный томосинтез: новые возможности лучевой диагностики // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2014. Т. 59. № 3. С. 32–38.
2. Левитов А.А., Краснюк В.И., Ситникова Е.В., Дунаев А.П. Эффективность цифрового линейного томосинтеза в определении очаговых образований легких, подозрительных на метастатическое поражение, в сравнении с цифровой

рентгенографией у больных раком молочной железы // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2013. Т. 57. № 2. С. 46–52.

3. Kazuya Goto. Clinical experiences with slot radiography using Sonialvision safire II, and its utility – lower limb region // Medical Now. 2009. № 65. P. 23–26.
4. Shigeji Ichikawa. Experience of using slot radiography – experimental use for lower extremity venography // Medical Now. 2009. № 66.
5. Yasuhide Koshika, Hogaku Gen, Seiji Konishi et al. Investigation of the reliability of spinopelvic parameter measurements – Intraobserver And Interobserver Reliability. <https://www.shimadzu.com/med/literature/fluoro/k25cur0000003yfx-att/od0gjn00000077uh.pdf>, 37
6. Yukio Amamiya. Using the Sonialvision G4 for orthopedics – utility of the slot advance application // Medical Now. 2014. № 76.

Для цитирования: Левитов А.А., Дога В.И., Белицкая Г.С. Слот-рентгенография. Новые возможности лучевой диагностики // Мед. радиология и радиационная безопасность. 2019. Т. 64. № 1. С. 74–79.

DOI: 10.12737/article_5c55fb630f2228.33688535

Medical Radiology and Radiation Safety. 2019. Vol. 64. No. 1. P. 74–79

Medical Practice Issue

DOI: 10.12737/article_5c55fb630f2228.33688535

Slot-Radiography. New Possibilities of Radiation Diagnostics

A.A. Levitov, V.I. Doga, G.S. Belitskaya

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia. E-mail: edumed@list.ru

A.A. Levitov – Radiologist; V.I. Doga – Head of Dep., Radiologist, PhD Med.; G.S. Belitskaya – Radiologist

Abstract

Slot-radiography is an x-ray examination in which a two-dimensional radiography with a straight beam and further computer stitching of the images obtained on the workstation during a single-pass of x-ray tube over a patient. The application of innovative techniques for image acquisition and processing in combination with a large-area flat panel detector (FPD) makes it possible to produce long-view images from one to several anatomical regions. During the investigation, the x-ray tube and the FPD move simultaneously at a constant speed in parallel relative to one another with the longitudinal axis of the body. Thus, it makes possible to obtain images with little distortion and processed images without visual defects. And this allows conducting more accurate diagnosis of pathological changes. Slot-radiography can be performed both in the patient's standing position and lying down depending on the region of interest and tasks. It is possible to obtain images in both a frontal and a lateral projection without loss of quality.

Slot-radiography is effectively used to diagnose pathological changes in joints and spine, including scoliosis, limb shortening, segmental spinal instability, pathology of lower limb veins, and also as a method for assessing the quality of the treatment. This technique is characterized by safety and convenience for the patient: minimal time costs and low radiation exposure.

The application of this technique significantly increases the informative value of the x-ray examination, brings it to a qualitatively new level, providing a physician with a wide range of diagnostic possibilities.

Key words: slot radiography, digital radiography, flat panel detector, orthopedic surgery

REFERENCES

1. Levitov AA, Krasnyuk VI, Doga VI. Linear digital tomosynthesis: new opportunities for radiation diagnostics. Medical Radiology and Radiation Safety. 2014;59(3):32-8. (Russian).
2. Levitov AA, Krasnyuk VI, Sitnikova EV. The effectiveness of x-ray linear digital tomosynthesis in visualization of focal lesions in lungs, suspected metastases, comparing with digital radiography in patients with breast cancer. Medical Radiology and Radiation Safety. 2013;57(2):46-52. (Russian).
3. Kazuya Goto. Clinical experiences with slot radiography using Sonialvision safire II, and its utility – lower limb region. Medical Now. 2009(65):23-6.
4. Shigeji Ichikawa. Experience of using slot radiography – experimental use for lower extremity venography. Medical Now. 2009(66).

5. Yasuhide Koshika, Hogaku Gen, Seiji Konishi, Yoshio Sakuma, Yutaka Kono, Yasushi Nagahama, Nobutaka Sentsui. Investigation of the reliability of spinopelvic parameter measurements – intraobserver and interobserver reliability. <https://www.shimadzu.com/med/literature/fluoro/k25cur0000003yfx-att/od0gjn00000077uh.pdf>, 37
6. Yukio Amamiya. Using the Sonialvision G4 for orthopedics – utility of the slot advance application. Medical Now. 2014(76).

For citation: Levitov AA, Doga VI, Belitskaya GS. Slot-Radiography. New Possibilities of Radiation Diagnostics. Medical Radiology and Radiation Safety. 2019;64(1):74-9. (Russian).

DOI: 10.12737/article_5c55fb630f2228.33688535