

ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕДИЦИНЕ

Рентгенодиагностика и интервенционная радиология

Обеспечение радиационной безопасности пациентов

Применительно к рентгенодиагностике и интервенционным процедурам, выполняемым под рентгенологическим контролем, принцип обоснованности означает:

- приоритетное использование альтернативных (нерадиационных) методов медицинской визуализации;
- проведение рентгенодиагностических исследований строго по клиническим показаниям;
- выбор наиболее щадящих методик и технологий рентгенодиагностических исследований;
- риск отказа от рентгенодиагностического исследования должен заведомо превышать риск от облучения пациента при его проведении.

Принцип оптимизации при проведении рентгенологических исследований осуществляется посредством:

- поддержания доз облучения пациентов на таких низких уровнях, какие возможно достичь при обеспечении получения достоверной диагностической информации в виде выявления патологического процесса, оценки степени его тяжести и распространённости в организме больного;
- проектирования, эксплуатации и поддержания средств и технологий рентгенодиагностических исследований на уровне, обеспечивающем настолько низкие дозы облучения пациентов, насколько это разумно достижимо с учетом экономических и социальных факторов.

Как и в радионуклидной диагностике, принцип нормирования применительно к рентгенодиагностике непосредственно не используется, но в каждом рентгенодиагностическом подразделении могут быть установлены контрольные уровни (но не пределы доз!) допустимого облучения пациентов.

Направление пациента на рентгенологические процедуры осуществляет лечащий врач по обоснованным клиническим показаниям. Окончательное решение о целесообразности, объеме и технологии процедуры принимает врач рентгенолог, и именно он несет основную ответственность за свое решение, как одну из основных мер обеспечения РБ пациента при данном виде медицинского облучения.

При необоснованных направлениях на рентгенологические исследования (отсутствие предварительного диагноза, возможность проведения нерадиационного исследования аналогичного назначения и т. д.) врач-рентгенолог должен отказать пациенту в проведении рентгенологического исследования, предварительно проинформировав об этом лечащего врача и зафиксировав свой отказ в истории болезни (амбулаторной карте).

По требованию пациента ему должна быть предоставлена полная информация об ожидаемой или уже полученной им дозе облучения и об ее возможных последствиях.

Последнее особенно важно при проведении различных интервенционных процедур под рентгенологическим контролем, когда вполне возможно возникновение ясно выраженных радиационных поражений кожи облучаемого участка тела. Пациент имеет право отказаться от медицинских рентгенологических процедур, за исключением профилактических исследований с целью выявления опасных в эпидемиологическом отношении заболеваний, например, туберкулеза.

При всех видах рентгенологических исследований размеры поля облучения должны быть минимальными, продолжительность проведения процедуры – возможно более короткой, но не в ущерб качеству исследования.

Важно обеспечить оптимальное позиционирование пациента на рентгенодиагностическом аппарате, использовать аппараты с максимально возможной чувствительностью системы детектирования рентгеновских изображений, а также заменять режим рентгеноскопии режимом рентгенографии, насколько это возможно без потери диагностической информации.

Геометрия облучения и режимы работы рентгенодиагностической аппаратуры должны быть оптимальными для каждой технологии рентгенодиагностических исследований.

При этом в каждом конкретном случае требуется выбирать индивидуальное кожно-фокусное расстояние, материал и толщину дополнительного фильтра на рентгеновской трубке, напряжение на ней и величину экспозиции в зависимости от чувствительности системы детектирования рентгеновского излучения и толщины исследуемого участка тела пациента.

Врач-рентгенолог регистрирует значение индивидуальной эффективной дозы облучения в специальном листке учета лучевых нагрузок при проведении рентгенорадиологических процедур, копии которого вклеиваются в историю болезни, амбулаторную карту и в эпикриз, передаваемый пациентом в поликлинику по месту жительства. С целью предотвращения необоснованного повторного облучения пациента на всех этапах его медицинского обслуживания, в том числе и в других лечебно-профилактических учреждениях, необходимо учитывать результаты ранее проведенных рентгенологических исследований и дозы, полученные при этом в течение года.

Повторные исследования проводятся только при изменении течения болезни или появлении нового заболевания, а также при необходимости получения расширенной информации о состоянии здоровья пациента и уточнения диагноза. В настоящее время лучевая нагрузка на пациента в подразделениях рентгенодиагностики медицинских учреждений России определяется с помощью специализированного отечественного дозиметра рентгеновского излучения ДРК-1 или ДРК-1М. Его проходная ионизационная камера устанавливается непосредственно на диафрагме рентгеновского излучателя, а показания дозиметра регистрируются в виде произведения дозы на площадь облучаемого участка тела в единицах $\text{сГр} \times \text{см}^2$. Если рентгенодиагностический аппарат не оборудован измерителем произведения дозы на площадь, определение эффективной дозы облучения пациента проводят с использованием значений радиационного выхода рентгеновского излучателя, регулярно измеряемого в рамках программ гарантии качества рентгенодиагностики.

Исходная информация для расчета индивидуальной эффективной дозы облучения пациента должна включать:

1. характеристики, определяющие радиационно-физические параметры поля рентгеновского излучения во время проведения рентгенологической процедуры:

- значение анодного напряжения на рентгеновской трубке, кВп;
- толщину и материал дополнительного фильтра (обычно используется дополнительный фильтр толщиной 2 мм Al);
- значение произведения дозы на площадь, $\text{сГр} \times \text{см}^2$;
- значение экспозиции (количества электричества), мА х с;

2. характеристики, определяющие геометрические параметры поля рентгеновского излучения: - анатомическая область исследования (легкие, таз, череп и т.п.);

- проекция (передне-задняя, заднепередняя, боковая);
- размеры поля облучения (высота и ширина поперечного сечения пучка излучения на поверхности детектора), см^2 ;

- фокусное расстояние (расстояние от фокуса рентгеновской трубки до детектора излучения), см;
3. сведения о пациенте: - возраст пациента (0 – 0,5 года; 0,5 – 3 года; 3 – 8 лет; 8 – 13 лет; 13 – 19 лет; старше 19 лет).

Все эти параметры являются исходной информацией для расчета индивидуальных эффективных доз облучения с использованием компьютерной программы EDEREX (НИИ радиационной гигиены, С.-Петербург).

Эта программа позволяет в режиме реального времени рассчитать средние значения доз в 22 органах и тканях тела человека и соответствующую эффективную дозу облучения.

Однако эта программа не всегда доступна как для медицинских учреждений, особенно поликлинического уровня, так и для органов Роспотребнадзора, вследствие плохой технической оснащённости и отсутствия квалифицированных медицинских физиков.

Поэтому значение эффективной дозы E облучения пациента данного возраста можно определить по приближенной формуле: $E = F \times Kd$, где F — измеренная величина произведения дозы на площадь, сГр \times см²; Kd — коэффициент перехода к эффективной дозе облучения пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля облучения, фокусного расстояния, экспозиции и анодного напряжения на рентгеновской трубке, мкЗв/(сГр \times см²). Исчерпывающие таблицы коэффициентов Kd приведены в методических указаниях МУК 2.6.1.1797 — 03 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях».

Пределы доз облучения пациентов при рентгенодиагностике не устанавливаются. Однако в соответствии с НРБ-99 при проведении профилактических рентгенологических исследований и научных исследований практически здоровых лиц установлен норматив, составляющий 1 мЗв/год. Кроме того, при достижении накопленной дозы диагностического облучения 500 мЗв за все годы жизни пациента должны быть приняты меры по дальнейшему ограничению его облучения, если только лучевые процедуры не обусловлены жизненными показаниями.

При рентгеновской компьютерной томографии лучевые нагрузки на пациента существенно выше, чем при обычной рентгенографии. Они варьируют в широких пределах: входная кожная доза изменяется от 3 до 15 мГр, тогда как эффективная доза — от 0,2 до 6,0 мЗв в зависимости от возраста и размеров тела пациента, геометрии облучения, режимов работы аппаратуры и т.д.

Аналогичная ситуация имеет место и при разнообразных интервенционных процедурах, проводимых под рентгенологическим контролем. Здесь входная кожная доза в зависимости от типа процедуры, продолжительности рентгеноскопии, квалификации и опыта оперирующего рентгенохирурга и других факторов варьирует от 0,5 до 10 Гр, а эффективная доза — от 1 до 40 мЗв. Такие значения эффективной дозы, как и для КТ, клинически вполне приемлемы, т.к. они обеспечивают заведомое отсутствие любых радиационно-индуцированных поражений тех органов и систем, которые находятся вне поля прямого облучения. Однако того же нельзя сказать о локальных поверхностных входных дозах облучения непосредственно в пучке рентгеновских фотонов таких радиочувствительных органов, как кожа и хрусталик глаза. В частности, известно, что доза 2 Гр вызывает эритему кожи и катаракту хрусталика, 7 Гр — перманентную эпиляцию, 10 Гр — сухую десквамацию кожи, 12 Гр — практически незаживающие лучевые язвы кожи. Поэтому при подобных интервенционных процедурах необходимо применять специфические меры по радиационной защите кожи и хрусталика, известные в лучевой терапии.

Обеспечение радиационной безопасности персонала

Как и для пациентов, для обеспечения РБ персонала подразделений рентгенодиагностики и интервенционной радиологии (рентгенохирургии) необходим целый комплекс мер.

Формирование доз облучения персонала обусловлено следующими радиационно-физическими факторами:

1. первичный пучок рентгеновского излучения, попадающий из рентгеновской трубки на исследуемый участок поверхности тела пациента; данная компонента облучения по интенсивности является основной при интервенционных процедурах, причем наибольшие локальные дозы получают кисти рук рентгенолога и (или) рентгенохирурга;
2. рентгеновское излучение, рассеянное в теле пациента и в элементах конструкции рентгеновского аппарата (когерентное и комптоновское рассеяние фотонов); данная вторичная компонента по сравнению с первичной характеризуется существенно меньшей интенсивностью, но гораздо более высокой разнонаправленностью распространения рентгеновских фотонов; поэтому она является фактически основным источником общего, а не локального облучения всех участвующих в проведении рентгеноскопии или интервенционной процедуры;
3. излучение утечки рентгеновской трубки ; реальный вклад от этой компоненты пренебрежимо мал благодаря рациональной конструкции современных рентгеновских аппаратов.

Расчетные методы определения доз профессионального облучения используются только в научных исследованиях по обеспечению РБ, тогда как в клинической практике рентгенодиагностики и интервенционной радиологии они не применяются вообще. Ни аналитическое моделирование, ни метод МонтеКарло не могут обеспечить необходимой точности вычисляемых индивидуальных дозовых оценок вследствие принципиальных трудностей правильного учета всех дозообразующих факторов и сложной геометрии профессионального облучения, которая к тому же меняется во времени.

Эти обстоятельства обуславливают использование средств и технологий индивидуальной дозиметрии в качестве основного метода контроля доз облучения персонала. Полнее всего необходимым требованиям по точности дозиметрии и удобству эксплуатации отвечают миниатюрные термolumинесцентные дозиметры, закрепляемые на туловище (грудь и нижняя часть живота) под индивидуальными средствами защиты (фартуки и передники из просвинцованной резины). Реже дозиметры размещают на голове для контроля облучения хрусталика глаза и на кистях рук для оценки уровня радиационного воздействия на кожу. Для той же цели могут быть использованы также и фотопленочные дозиметры.

Основной проблемой дозиметрии профессионального облучения пока остается переход от показаний индивидуальных дозиметров, регистрирующих локальные дозы в немногих точках поверхности тела, к эффективной дозе, характеризующей облучение всего тела. Из-за пространственной и временной вариабельности поля облучения коэффициент перехода не может быть постоянным. Предлагаются различные алгоритмы подобного пересчета, но из-за своей сложности их трудно применять в реальной клинической практике. Обычно ради простоты для дозиметра на туловище под защитным фартуком этот коэффициент принимают равным 1, однако это приводит к завышению вычисляемой эффективной дозы на 30 %- 50 %.

В настоящее время прослеживаются две тенденции в формировании профессионального облучения персонала рентгенологических подразделений:

- разработка и внедрение средств и технологий дистанционного управления исследованиями практически сводят к нулю уровень облучения при рентгенографии и КТ, а также позволяют резко снизить лучевую нагрузку на рентгенолога при рентгеноскопии;
- постоянное развитие новых технологий интервенционных процедур, проводимых под рентгенологическим контролем, и расширение круга клинических показаний к их применению приводят к возрастанию уровня профессионального облучения персонала не только категории А (рентгенологи и рентгенохирурги), но и категории Б (анестезиологи, кардиологи, травматологи и т.д.).

Обе эти тенденции действуют разнонаправлено, из-за чего коллективные дозы облучения персонала рентгенодиагностических подразделений не уменьшаются со временем.

При этом обособляются две группы персонала: участвующие в интервенционных процедурах, где лучевые нагрузки сопоставимы с пределами дозы, и не участвующие, для которых дозы профессионального облучения близки к нулевым. Конкретные значения лучевой нагрузки в единицах эффективной дозы за год на рентгенологов при рентгенографии варьируют от нескольких сотых до нескольких десятых долей мЗв, при рентгеноскопии – от нескольких десятых долей мЗв до 1-2 мЗв, а при интервенционных процедурах под рентгенологическим контролем — от 3 до 25 мЗв/год. Если по эффективной дозе установленный в НРБ-99 норматив для интервенционных радиологов практически не превышает, то для хрусталика глаза и кожи этой группы персонала реальные дозы облучения сравнимы и даже несколько превышают соответствующие нормативы.

Отсюда следует необходимость применения дополнительных мер радиационной защиты этих органов.

Исходя из общих соображений, можно утверждать, что чем выше лучевая нагрузка на пациента, тем больше уровень профессионального облучения персонала. Поэтому существуют многочисленные предложения оценивать этот уровень на основе измеренной для данной рентгенологической процедуры корреляционной зависимости между произведением доза площадь для пациента и эффективной дозой облучения рентгенолога. Такое предложение выглядит достаточно заманчиво, т. к. по одному и тому же показанию дозиметра в единицах сГр см² типа ДРК-1 можно одновременно определять лучевую нагрузку как на пациента, так и на персонал. Однако остается нерешенным вопрос о степени выраженности указанной корреляции: одни авторы находят эту корреляционную зависимость статистически достоверной, а другие — нет.

Снижение уровней оправданного и, особенно, неоправданного профессионального облучения персонала подразделений рентгенодиагностики должно быть обеспечено посредством выполнения следующих мероприятий:

- использование рентгенодиагностических аппаратов и компьютерных томографов, специально предназначенных для выполнения процедур цифровой рентгенографии и рентгеноскопии, а также аппаратов для проведения и контроля интервенционных процедур со свободным доступом к телу пациента;
- выбор оптимальных параметров и режимов рентгенологических исследований: это относится не только к параметрам рентгеновского излучателя, но и к выбору продолжительности рентгеноскопии и к количеству рентгенографических съемок;
- регулярное выполнение программ гарантии качества аппаратуры, в том числе по контролю радиационного выхода рентгеновского излучателя;
- регулярный радиационный контроль, в том числе проведение индивидуальной дозиметрии всех участвующих во всех рентгенологических процедурах, а также контроль мощности дозы на каждом рабочем месте;
- сертификация персонала, регулярная его переподготовка и повышение квалификации, а также регулярное проведение инструктажа по обеспечению РБ пациентов и персонала, в том числе и непосредственно на рабочих местах.

Однако перечисленные меры носят общий характер, и их выполнение требует, в основном, организационных усилий. В то же время необходимы мероприятия, позволяющие снизить уровень профессионального облучения на основе оптимизации собственно технологий проведения рентгенографии, рентгеноскопии и интервенционных процедур. К ним относятся:

- минимизация размеров поля облучения на коже пациента путем оптимального диафрагмирования пучка рентгеновских фотонов; тем самым снижаются размеры зоны прямого воздействия первичного пучка на кисти рук рентгенолога, а также уменьшается интенсивность рассеянного излучения, выходящего из тела пациента во всех направлениях;
- максимально возможная замена рентгеноскопии на рентгенографию, но без потери диагностической информации;
- максимально возможное снижение продолжительности рентгеноскопии, но не в ущерб качеству и информативности получаемых изображений; нужно помнить, что лучевая нагрузка на рентгенолога практически прямо пропорциональна этой продолжительности;
- выполнение при рентгеноскопии с УРИ твердых копий рентгеновских изображений с телевизионного экрана или компьютерного монитора вместо прицельной рентгенографии;
- выполнение всех технологических операций, не требующих рентгеновизуального контроля, при выключенном высоком напряжении на аноде рентгеновской трубки; например, подведение кистей рук к исследуемому участку тела надо выполнять до включения излучателя;
- максимально возможное удаление рук и туловища рентгенолога от зоны первичного пучка и от всего тела пациента; такое удаление особенно эффективно при сильно диафрагмированном поле облучения, например при работе на компьютерном томографе; те члены операционной бригады, которые не должны находиться в непосредственной близости к больному, должны оставаться настолько далеко от стола, насколько это возможно без потери качества работы;
- грамотное и регулярное использование средств радиационной защиты, в том числе стационарных (стены и защитные окна рентгеновских кабинетов), передвижных (защитные ширмы и экраны) и индивидуальных (специальные накидки, фартуки, передники, воротники, перчатки, очки и т.п.); индивидуальные средства защиты особенно эффективны в плане практически полного подавления выходящего из тела пациента рассеянного излучения.

<https://docplayer.ru/29712949-Osnovy-radiacionnoy-bezopasnosti-v-medicine-soobshchenie-4-rentgenodiagnostika-i-intervencionnaya-radiologiya.html>