

Общие Практические Рекомендации
Всемирной Гастроэнтерологической Организации



Радиационная защита в эндоскопическом отделении

Уменьшение лучевой нагрузки
для пациентов и персонала при эндоскопии:
совместные практические рекомендации ASGE/IAEA/WGO

Авторы обзора:

Lance Uradomo

Henry Cohen

Michael Fried

John Petrini

Madan Rehani

Содержание

- 1 Вступление
- 2 Радиация в гастроэнтерологии
- 3 Эффекты радиации
- 4 Радиационная защита для медицинского персонала и пациентов
- 5 Каскады: варианты действий с учетом доступных ресурсов
- 6 Особые обстоятельства
- 7 Приложение: радиационные величины и единицы
- 8 Ссылки

1 Вступление

Ионизирующая радиация применяется в медицине, как для диагностики, так и для терапии. Большинство гастроэнтерологов знакомы с применением радиографических методов в целях диагностики патологии желудочно-кишечного тракта, оценки состояния паренхиматозных органов брюшной полости, а также для уточнения положения и размещения различных лечебных и диагностических устройств. Очень важно определить соответствующие показания для использования лучевых технологий в любых обстоятельствах - для того, чтобы избежать опасной дозы облучения пациентов и медицинского персонала. Данный обзор не включает в себя проблемы терапевтического использования радиации.

2 Радиация в гастроэнтерологии

Использование ионизирующей радиации в гастроэнтерологии в настоящее время находится в переходной фазе. В прошлом, гастроэнтерологи выполняли множество вмешательств с использованием радиационных методов, включавших рентгенографическое исследование, помощь при размещении в тонком кишечнике биопсийного канала эндоскопа, дилатацию пищевода, а также в качестве вспомогательного средства при колоноскопии. Лучевые технологии использовались в диагностике и терапии при исследовании панкреатобилиарной системы во время проведения эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографии (ЭРХПГ). В настоящее время наибольшие дозы радиации приходятся на выполнение таких процедур, как ЭРХПГ, размещение кишечного стента и дилатацию кишечника. Гастроэнтерологи, выполняющие ЭРХПГ, могут работать в специализированных центрах и проводить эту процедуру ежедневно. При всех обстоятельствах, когда используется флюороскопическое и/или рентгеновское оборудование, врач должен минимизировать риск для пациента, для себя и медицинского персонала.

При использовании рентгеноскопии, как вспомогательного средства при колоноскопии, дилатации кишечника или размещения кишечного стента, рекомендуется применять минимально возможное время использования данного метода.

Во время проведения ЭРХПГ, с помощью рентгеноскопии контролируется размещение катетеров и проводников. Как только введено контрастное вещество, метод используется в диагностических целях для оценки состояния желчевыводящей системы и поджелудочной железы. Полученные изображения обычно сохраняются для последующего сравнения, оценки патологии или динамического наблюдения, в зависимости от возможностей используемой аппаратуры. Наконец, рентгеноскопия также необходима в помощи для проведения лечения — например, при сфинктеротомии, удалении камней, при биопсии или цитологическом исследовании, а также при размещении стента. Дополнительные технические устройства, которые позволяют произвести непосредственную визуализацию анатомии желчных протоков могут значительно уменьшить потребность в применении рентгеноскопии.

Для пациента источником излучения являются прямые рентгеновские лучи из рентгеновской трубки. Приблизительно пациенты при рентгеноскопии получают дозу излучения в течение 2–16 минут во время ЭРХПГ. При терапевтических процедурах доза воздействия значительно выше. Исследования показали, что значения результата «доза-область» (РДО) составляют приблизительно 13–66 грэй/см² при ЭРХПГ. Эффективные дозы варьируют от 2 до 6 мЗв (миллизивертов) на процедуру.

Для эндоскопистов и медицинского персонала главным источником радиации является остаточное излучение от пациента, а не прямое воздействие рентгеновских лучей. В среднем при использовании свинцового фартука эффективная доза для эндоскописта на процедуру составляет 0.07 мЗв. Несмотря на то, что тело врача надежно закрыто фартуком, на его незащищенные части также может прийти значительная доза облучения. Средняя доза для глаз составляет 0.1–1.7 мгрэй на процедуру, и также сообщается приблизительно о 0.5 мгрэй для рук. Доза облучения для вспомогательного персонала обычно значительно ниже, и зависит от его местоположения при процедуре и времени проведенного вблизи источника радиации, поскольку обычно персонал не находится в непосредственной близости от пациента.

3 Эффекты радиации

Рентгеновские лучи состоят из ионизирующей радиации, такой как гамма - лучи или других видов радиации, испускаемой радиоактивными веществами. Эти лучи вызывают ионизацию того материала, через который они проходят. Образовавшаяся ионизация может приводить к повреждению ДНК или гибели клеток. Природа эффектов радиации требует объяснения, так как у людей часто встречаются либо страх перед облучением, либо благодушие, которое мешает оценке риска, а не актуальное понимание реального риска облучения или его эффектов.

Эффекты радиации можно в целом разделить на две категории: *детерминистские (обусловленные) эффекты*, такие как формирование катаракты, бесплодие, кожные поражения и выпадение волос; и *стохастические (вероятностные) эффекты* (рак и генетическое воздействие). Детерминистские эффекты (в первую очередь катаракта и выпадение волос) были документально подтверждены у врачей, занимающихся интервенционной радиологией и интервенционной кардиологией. В гастроэнтерологии сообщений о подобных эффектах нет. Количество излучения, в настоящее время применяемое гастроэнтерологами, относительно мало по сравнению с указанными выше областями.

Причиняемый вред зависит от количества радиации, поглощаемой телом человека, известной как доза облучения, или просто «доза». В то время как детерминистские эффекты имеют свой порог, стохастические эффекты могут произойти при любом уровне облучения, каким бы малым он не был. Принципиальной возможностью контроля над стохастическими эффектами является то, что вероятность их возникновения пропорциональна дозе радиации. На основании этого, международные организации согласились на принципе “настолько низко, насколько возможно” (ALARA). Здесь не имеется в виду, что

карциногенные или генетические эффекты обязательно появятся при низком уровне излучения (доза в несколько миллизивертов в год). Данная ситуация подобна риску попасть в дорожно-транспортное происшествие при переходе дороги. Чем чаще вы их пересекаете, тем больше вероятность несчастного случая. Каждый человек может 100 раз перейти дорогу без последствий, но вероятность возрастает с каждым последующим переходом. Именно в свете этого становится принципиально важным принцип ALARA.

Невозможно проследить развитие эффектов радиации на том уровне, на котором гастроэнтерологами проводится ЭГХПГ или рентгеноскопия — обычно эффективной дозой на массу тела является 0–3 мЗв/год при применении соответствующих средств радиационной защиты и правил. Ограничение дозы, рекомендованное Международной Комиссией по Радиационной защите (ICRP), принятое в большинстве стран, это - 20 мЗв/год. В ситуациях, когда годовая доза превышает 20 мЗв, рекомендовано не превышать уровень 50 мЗв в конкретный год или 100 мЗв за 5 лет. Это ограничение дозы основывается на расчете риска облучения за период работоспособности человека от 18 до 65 лет (в среднем 47 лет) при уровне облучения 20 мЗв в год, что в сумме составляет $20 \times 47 = 940$ мЗв (приблизительно 1 Зв), и приводит к повышению риска развития рака у одного человека из 1000, а также превышает нормальные показатели этого риска.

4 Радиационная защита для медицинского персонала и пациентов

Гастроэнтерологи могут задать вопрос, возможно ли провести всю свою профессиональную жизнь в контакте с радиацией, не получая при этом никаких побочных эффектов. Ответ – да, это – возможно при наличии оптимальных условий, когда:

- Оборудование регулярно тестируется и работает правильно.
- Используются персональные защитные приспособления (фартук с соответствующим количеством свинца в эквиваленте 0.25–0.35 мм и обертывающем тело, защита щитовидной железы, защитные очки, или защитные щитки для головы, лица и ног). На основании недавно полученных данных, сейчас признано, что защита глаз от формирования катаракты имеет гораздо большее значение, чем считалось ранее.
- У персонала имеются личные счетчики полученной дозы радиации.
- Используются правильные методики, о которых речь пойдет ниже.

Несмотря на то, что руки могут подвергаться большим дозам радиации (500 мЗв в год как верхний лимит дозы), лучшей практикой является держать руки вне зоны действия первичного луча, в большей степени, чем применение свинцовых перчаток.

Существуют ситуации, когда защита пациента от облучения представляет значительную проблему. Еще только примерно 10 лет назад, программы по радиационной защите учитывали в основном только медицинский персонал. В большинстве стран принята система, при которой обязательным является контролирование дозы радиации, получаемой медиками, и ведутся пожизненные записи доз. Считалось, что защита пациента менее важна, на

основании неверного предположения, что пациент проходит исследования с использованием ионизирующего излучения только несколько раз в своей жизни. Всегда считалось, что концепция ограничения дозы не относится к пациентам, поскольку важно было не ставить под сомнение медицинские преимущества использования радиации. Тем не менее, случаи радиационного облучения, в частности кожи пациента, были зарегистрированы при проведении интервенционных процедур в кардиологии и радиологии, требовавших длительного времени проведения рентгеноскопии (1 час и более), или при применении повторных процедур на одной и той же области тела. В настоящее время все более важной становится защита пациента, поскольку признано, что существует потенциал для повышения дозы облучения, при котором пациент, проходящий несколько исследований с помощью компьютерной томографии (КТ) может получить большую дозу, чем член медицинского персонала за всю свою профессиональную жизнь.

Ранее проводимые меры по защите персонала улучшили его безопасность. Данные, представленные Научным Комитетом США по Эффектам Атомной Радиации (UNSCEAR), показывают, что средняя эффективная доза радиации, полученная лицами, работающими с ионизирующим излучением в медицине, обычно составляет менее 2 мЗв в год [1]. Это ниже, чем человек получает от естественных источников радиации, известных как фоновая радиация (например, космической, радоновой, радиации от строительных материалов, земли, пищи). Фоновая радиация зависит от множества факторов, включающих в основном место проживания. Средняя доза на всей планете составляет 2.4 мЗв в год, но может достигать 10 мЗв в год в некоторых местностях, где в земле располагаются крупные залежи радиоактивных веществ, а также зависит от местного уровня радона.

Доза облучения для пациента также зависит от многих факторов, включающих перечисленные ниже.

Факторы для пациентов

- Масса тела или толщина той части тела, которая находится на пути рентгеновских лучей. Для тучных пациентов необходимо применение больших доз для получения качественного изображения.
- Молодой возраст. Ткани у педиатрических пациентов (включая щитовидную железу, гонады и молочные железы) гораздо более подвержены повреждающим эффектам радиации по сравнению с взрослыми.
- Заболевания пациента и показания к проведению процедуры. Сложные диагнозы и те диагнозы, которые, вероятно, будут способствовать назначению терапевтического интервенционного вмешательства, связаны с использованием более высокой дозы радиации.
- Ранее полученное облучение. Это может увеличить риск радиационных повреждений.
- Радиочувствительность у некоторых пациентов (например, у больных с атаксией – телеангиэктазией), с заболеванием соединительной ткани (дискоидной красной волчанкой) и сахарным диабетом.

Факторы оборудования

- Настройки уровня рентгеновских доз изготовителем.
- Расположение источника рентгеновских лучей по отношению к пациенту и персоналу. Размещение рентгеновской трубки под пациентом («под кушеткой») обеспечивает меньшее воздействие на персонал рассеянной радиации.
- Частота следования импульсов. Ее более низкий уровень (например, 7.5 или 15 кадров в секунду) обеспечивают более низкую дозу облучения за процедуру.
- Соответствующий контроль качества. Правильно функционирующее рентгеноскопическое оборудование и средства защиты для персонала являются важными компонентами радиационной безопасности.
- Наличие у аппарата функции по изготовлению снимков. Это позволяет врачу проводить время за исследованием рентгеноскопического изображения, не подвергаясь постоянному воздействию рентгеновских лучей.
- Системы тревожного оповещения при превышении времени и уровня дозы при рентгеноскопии. Они служат эффективным средством оповещения о необходимости проведения процедуры за кратчайший возможный период времени.
- Использование электронных рентгеновских аппаратов. Однако, несмотря на то, что эти наиболее современные аппараты способны на уменьшение дозы облучения, они также могут быть связаны с использованием более высоких доз для получения более качественного изображения без предупреждения об увеличении количества радиации.

Факторы, связанные с процедурой

- Длительность рентгеновского обследования
- Коллимация для уменьшения зоны облучения
- Количество полученных рентгеновских снимков
- Увеличение изображения
- Расстояние между пациентом и приемником изображения (усилителем изображения или детектором с плоским экраном)
- Расстояние между рентгеновской трубкой и пациентом, а также угол поворота трубки

Доза, получаемая пациентом, может быть минимизирована с помощью оптимизации факторов, перечисленных выше, с одновременным получением высококачественного изображения, требующегося для успешного проведения исследования. Говоря конкретно, рекомендованные действия включают:

- Увеличение расстояния между рентгеновской трубкой и пациентом
- Расположение приемника изображения как можно ближе к пациенту
- Держать ногу на педали только тогда, когда это совершенно необходимо
- Уменьшение количества полученных изображений (серий)
- Коллимирование рентгеновского луча
- Использование пульсовой рентгеноскопии
- Избегать увеличения изображения

- Уменьшение воздействия на радиочувствительные органы, например, на молочные железы
- Уменьшить количество косых проекций

5 Каскады: варианты действий с учетом доступных ресурсов

Радиационная защита также важна в современных лечебных учреждениях, как и в учреждениях с устаревшим оборудованием. Очень важен адекватный сбор анамнеза пациента с оценкой ранее произведенных рентгенологических исследований, анамнеза радиочувствительности, а также других факторов, которые могут влиять на количество получаемой радиации. Применение концепции ALARA необходимо при любых обстоятельствах. Уровни, изложенные ниже, предоставляют варианты проведения процедур по отношению к доступным средствам.

Уровень 1: значительные ресурсы

- Лицензирование соответствующими государственными службами контроля
- Регулярное и периодическое тестирование качества оборудования и защитных устройств для обеспечения их оптимального функционирования
- Фиксирование последнего изображения, использование пульсовой рентгеноскопии с оптимизированной частотой импульсов
- Персональные защитные устройства, такие как фартуки, очки со свинцованными стеклами, защита щитовидной железы, свинцовые клапаны и экраны
- Правильное использование медицинским персоналом личных дозиметров
- Участие в программе радиационной защиты медицинского учреждения
- Расположение медицинского персонала сбоку от приемника изображения, а не на стороне расположения источника рентгеновского излучения, максимальное увеличение расстояния между персоналом и источником
- Использование правильных методик для уменьшения дозы облучения пациента (например, расположение рентгеновской трубки максимально далеко от пациента, а приемника изображений – максимально близко, коллимация, минимальное увеличение)
- Регистрация факторов радиационного воздействия на пациента — длительность рентгеноскопии, показатели дозы и области воздействия, известные под названием «показатель дозы – области» (DAP)
- Уверенность в том, что медицинский персонал знает о полученной им и пациентом дозе радиации, путем инструктирования, особенно - новых членов персонала
- Аккредитация в соответствующем профессиональном сообществе

Уровень 2: ресурсы среднего уровня

- Лицензирование соответствующими государственными службами контроля
- Защитные средства для персонала (свинцовый фартук)
- Правильное использование личных дозиметров персонала главным оператором

- Расположение медицинского персонала сбоку от приемника изображения, а не на стороне расположения источника рентгеновского излучения, максимальное увеличение расстояния между персоналом и источником
- Использование правильных технологий для уменьшения дозы облучения для пациента (например, расположение рентгеновской трубки максимально далеко от пациента, а приемника изображений – максимально близко, коллимация, минимальное увеличение)
- Регистрация факторов радиационного воздействия на пациента — длительности рентгеноскопии, показателей дозы и область воздействия, известные под названием «показатель дозы – области» (DAP)
- Уверенность в том, что медицинский персонал знает о полученной им и пациентом дозе радиации, путем инструктирования, особенно новых членов персонала

Уровень 3: минимальные ресурсы

- Лицензирование соответствующими государственными службами контроля
- Защитные средства для персонала (свинцовый фартук)
- Расположение медицинского персонала сбоку от приемника изображения, а не на стороне расположения источника рентгеновского излучения, максимальное увеличение расстояния между персоналом и источником
- Использование правильных технологий для уменьшения дозы облучения для пациента (например, расположение рентгеновской трубки максимально далеко от пациента, а приемника изображений – максимально близко, коллимация, минимальное увеличение)
- Регистрация факторов радиационного воздействия на пациента (длительность рентгеноскопии)
- Уверенность в том, что медицинский персонал знает о полученной им и пациентом дозе радиации, путем инструктирования, особенно новых членов персонала

6 Особые обстоятельства

Беременность

В случае, когда беременной пациентке необходимо проведение ЭРХПГ, исследование должно быть оптимизировано строгим соблюдением правил методики, описанных выше. В дополнение к этому, если существует возможность воздействия рентгеновских лучей на плод, необходимо поместить свинцовый фартук между источником облучения и плодом. Для защиты плода от воздействия радиации, которая сохраняется в рассеянном виде в теле пациентки, наружное расположение свинцового фартука неэффективно. Положение пациентки (на животе, на спине, или на боку) должно быть избрано для максимального уменьшения воздействия на плод [2]. Рекомендовано применение заднепередней проекции рентгеновских лучей, поскольку это обеспечивает дозу облучения для плода на 20–30% ниже, чем при переднезадней проекции, что вызвано увеличенной защитой тканями матери. Латеральная проекция также обеспечивает защиту плода, но уровень дозы, получаемой пациенткой, может оказаться в 3 – 7 раз выше, по сравнению с

фронтальной проекцией. В результате этого, латеральная проекция приводит к более высокой доле радиации для плода [2].

Альтернативные технологии, позволяющие полностью исключить облучение, включают в себя проведение ЭРХПГ без рентгеноскопии с использованием метода оптической канньюляции. Для подтверждения исчезновения камней желчного пузыря может быть использована техника холедохоскопии. Тем не менее, этот подход имеет определенные технические сложности и применяется только самыми опытными эндоскопистами.

Дети

Необходимо помнить все вышеизложенные рекомендации, а также проявлять особое внимание при защите щитовидной железы и молочных желез у девочек с помощью средств радиационной защиты или изменения направления луча во всех возможных случаях.

7 Приложение: радиационные величины и единицы

Поглощенная доза – это энергия, полученная в единицах на массу тела в конкретный момент. Она выражается в джоулях на килограмм (Дж/кг^{-1}), и соответствует единице СИ грэю (Гр). Более детальное описание можно найти в Сообщении 74 ICRU [3] и в Техническом Сообщении 457 IAEA [4].

Органная доза – это количество радиации, определенное ICRP [5,6] в отношении к возможности развития стохастических эффектов (в основном, развития рака), как средняя доза радиации, получаемой органом — например, коэффициент общей энергии, поданной в орган к общей массе органа. Она выражается в джоулях на килограмм (Дж/кг^{-1}), и соответствует единице СИ грэю (Гр).

Дозовый эквивалент. Эквивалентная доза для органа или ткани корректируется радиационным фактором нагрузки, который принимает в расчет относительную биологическую эффективность случайного облучения в образовании стохастических эффектов. Этот коррекционный фактор для рентгеновских лучей представляет собой цифру 1. Он выражается в джоулях на килограмм (Дж/кг^{-1}), и соответствует единице СИ зиверту (Зв).

Эффективная доза – это количество радиации, определенное ICRP [5,6] как нагрузочная сумма эквивалентных доз для всех релевантных тканей и органов, предназначенная “для указания комбинации различных доз на несколько различных тканей организма для определения вероятной корреляции с общим количеством стохастических эффектов.” Следовательно, это понятие применимо, даже если распространение полученной дозы по всему организму человека негомогенно. Она выражается в джоулях на килограмм (Дж/кг^{-1}), и соответствует единице СИ зиверту (Зв).

Эффективная доза для пациентов определяется с осторожностью, как предписано в сообщении 2000 г. UNSCEAR для ООН:

Комитет всегда указывал ... что данные эффективные дозы не должны прямо использоваться для оценки вреда (для индивидуумов или популяций) от медицинской радиации с применением, например, номинальных коэффициентов возможности смертности, разработанных ICRP ... Такие оценки были бы неправомерными и не служили

бы поставленной цели в свете неопределенностей, возникающих из-за потенциальных демографических различий (в отношении состояния здоровья, возраста и пола пациента) между конкретными популяциями пациентов и общими популяциями, для которых ICRP вывела коэффициенты риска. Предполагалось, например, что эффективная доза могла значительно недоучитывать наносимый вред от диагностических исследований, проводимых молодым пациентам по фактору 2, и, напротив, могла переоценивать вред от облучения для пожилых пациентов по фактору минимум 5... Несмотря на вышеуказанное замечание, практика диагностической радиологии обобщена в данном Приложении и, в сравнительных целях, изложена в терминах эффективных доз, получаемых пациентом в случаях каждого конкретного исследования, а также, учитывая количество процедур, коллективных эффективных доз, получаемых популяциями [ссылка 1, стр. 296–7].

Таким образом, для оценки медицинской радиации возможно использование эффективной дозы и даже коллективной дозы в том случае, если это делается только в сравнительных целях для таких же или сходных популяций пациентов. При сравнении с другими популяциями это может потребовать дополнительного внимания или значительных корректировок.

Керма воздуха (доза экспозиционного излучения) – это сумма кинетической энергии всех заряженных частиц, излученных на единицу массы. Во многих ранее опубликованных исследованиях отображались измерения в терминах поглощенной воздухом дозы. Недавние публикации и готовящийся Практический Кодекс IAEA указывают на экспериментальные трудности в определении такой дозы, особенно в непосредственной близости к монитору; на самом же деле, то, что регистрирует дозиметрическое оборудование – это не энергия, поглощенная воздухом от радиации, а энергия, переданная радиацией заряженным частицам, возникшим в результате ионизации. По этим причинам Практический Кодекс IAEA и Сообщение 74 ICRU рекомендуют использование показателя кермы воздуха, а не дозы, поглощенной воздухом. Единицей служат джоули на килограмм (Дж кг^{-1}), что представляет собой СИ единицу грэй (Гр).

Эта поправка применима к количествам радиации, определяемым в воздухе, таким как керма воздуха на входной поверхности (а не доза на входной поверхности), индекс кермы воздуха для компьютерной томографии (вместо индекса дозы при компьютерной томографии), показатель кермы области (а не показатель «доза – область») и протяженность области кермы воздуха (а не показатель «доза – протяженность»).

Вышеприведенные рекомендации относятся к воздуху. В отношении тканей также корректно оценивать поглощенную дозу кожей с применением необходимого поправочного коэффициента для получения показателя дозы, поглощенной тканями от воздушной кермы.

Коллективная доза – это мера общего количества эффективной дозы, увеличенное размером популяции, подвергшейся облучению. Коллективная доза обычно измеряется в человеко-зивертах.

8 Ссылки

1 Научный Комитет ООН по Эффектам Атомной Радиации (UNSCEAR). Источники и эффекты ионизирующей радиации: сообщение для Генеральной Ассамблеи с научными дополнениями. New York: United Nations, 2000 [<http://www.unscear.org/docs/reports/annexd.pdf>].

2 Baron TH, Schueler BA. Беременность и радиационное облучение по время проведения терапевтической ЭРХПГ. *Gastrointest Endosc* 2009;69:832–4 [PMID 19327473].

3 Международная Комиссия по Радиационным Единицам и Измерениям (ICRU). Дозиметрия пациента при рентгеновской медицинской диагностике (Сообщение 74). *J ICRU* 2005; 5(2):1–113 [doi:10.1093/jicru/ndi018].

4 Международное Агентство по Атомной Энергии (IAEA). Дозиметрия в диагностической радиологии: международный практический кодекс. (Technical Reports Series, no. 457, STI/DOC/010/457). Vienna: IAEA, 2007 [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS457_web.pdf].

5 Международная Комиссия по Радиационной защите (ICRP). 1990 Рекомендации Международной Комиссии по Радиационной защите (ICRP 60). *Ann ICRP* 1991;21(1–3):1–201 [superseded by ref. 6 below].

6 Международная Комиссия по Радиационной защите (ICRP). 2007 Рекомендации Международной Комиссии по Радиационной защите (ICRP 103). *Ann ICRP* 2007;37(2–4):1–332 [Chinese, French, German, and Italian translations available, http://www.icrp.org/annals_list.asp].