

Флюорография

Цель занятия: получить представление о принципе работы медицинской флюорографической техники и о конкретной реализации таких устройств.

Формируемые компетенции: ПК-8, ПК-14, ПК-15.

Базовая информация: знания, полученные из курсов «Биотехнические системы медицинского назначения» и «Узлы и элементы биотехнических систем».

Содержание занятия. Флюорография – рентгенологическое исследование, заключающееся в фотографировании видимого изображения на флюоресцентном экране, которое образуется в результате прохождения рентгеновских лучей через тело (человека) и неравномерного поглощения органами и тканями организма.

Флюорография на выходе дает уменьшенное фотографическое изображение объекта. Выделяют мелкокадровую (например, 24×24 мм или 35×35 мм) и крупнокадровую (в частности, 70×70 мм или 100×100 мм) методики. Последняя по диагностическим возможностям приближается к рентгенографии. Флюорография применяется главным образом для исследования органов грудной клетки, молочных желёз, костной системы. Наиболее распространённым диагностическим методом, использующим принцип флюорографии, является флюорография органов грудной клетки, которая применяется прежде всего для скрининга туберкулеза и новообразований лёгких. Разработаны как стационарные, так и мобильные флюорографические аппараты. В настоящее время плёночная флюорография постепенно заменяется цифровой. Цифровые методы позволяют упростить работу с изображением (изображение может быть выведено на экран монитора, распечатано, передано по сети, сохранено в медицинской базе

данных и т. п.), уменьшить лучевую нагрузку на пациента и уменьшить расходы на дополнительные материалы (плёнку, проявитель для плёнки).

Существует две распространённые методики цифровой флюорографии. Первая методика, как и обычная флюорография, использует фотографирование изображения на флюоресцентном экране, только вместо рентген-плёнки используется ПЗС-матрица. Вторая методика использует послойное поперечное сканирование грудной клетки веерообразным пучком рентгеновского излучения с детектированием прошедшего излучения линейным детектором (аналогично обычному сканеру для бумажных документов, где линейный детектор перемещается вдоль листа бумаги). Второй способ позволяет использовать гораздо меньшие дозы излучения. Некоторый недостаток второго способа — большее время получения изображения.



Рис. 23.1. Флюорограф ФЦОИ-12.

Примером конкретной реализации флюорографа может служить прибор ФЦОИ-12.

Аппарат предназначен для проведения рентгенографических обследований внутренних органов, грудной клетки пациента в положении стоя, сидя в прямой и боковой проекциях с помощью цифрового приёмника рентгеновского изображения или регистрации на плёнку с целью выявления

на ранних стадиях заболеваний туберкулёзом, а также онкологических заболеваний. Аппарат является экономически эффективным медицинским оборудованием с низкими эксплуатационными затратами. Обладает высокими диагностическими возможностями при низкой дозовой нагрузке и высоком пространственном разрешении изображений. Кроме того, прибор обеспечивает постоянный контроль положения пациента медицинским персоналом во время обследования; отсутствие риска травматизма; удобство для пациентов с нестандартной комплекцией и физическими отклонениями. Возможность съёмки пациентов на инвалидных колясках. Отсутствие отраженного облучения пациента и цифрового приемника, что влечет улучшение качества получаемого рентгеновского изображения. Надежность оборудования из-за отсутствия дополнительных механизмов привода дверей и подножки для подъема пациента. Оптимален для оснащения отделений лучевой диагностики районных поликлиник и стационаров. Компактен, т. к. не требует больших площадей для размещения. Аппарат конструктивно выполнен с жёстко связанным по оси излучателем и приёмником рентгеновского изображения, с расстоянием фокус трубки – центр приёмника 100 см или 150 см. по требованию заказчика. Аппарат позволяет рентгенологу выбрать положение для исследования пациента в положении стоя или сидя. Вертикальное перемещение излучателя и приёмника, от 400 до 1900 мм.

Технические средства обработки рентгеновских материалов

Цель занятия: получить представление о технологии обработки рентгеновских фотоматериалов и о технических средствах, используемых при этом.

Формируемые компетенции: ПК-8, ПК-14, ПК-15.

Базовая информация: знания, полученные из курсов «Биотехнические системы медицинского назначения» и «Узлы и элементы биотехнических систем».

Содержание занятия. Обработка рентгеновских фотоматериалов – процесс проявления и фиксирования рентгеновских фотоизображений. Медицинские рентгеновские пленки являются светочувствительным материалом, поэтому работа с ними должна проводиться в специальных помещениях, защищенных от внешних источников света, - фотолабораториях.

Процесс химико-фотографической обработки (или сокращенно фотообработки) медицинских рентгеновских пленок включает в себя проявление, промежуточную промывку в воде (или стоп-ванну), фиксирование, окончательную промывку в проточной воде и сушку. Одноступенчатые (проявление и фиксирование в одной ванне) и сухие способы фотообработки в медицинской практике не используются, так как не обеспечивают необходимое качество рентгеновского изображения. Следует отметить, что применяемые при фотообработке растворы должны быть приготовлены в полном соответствии с инструкцией. Особое внимание необходимо обратить на порядок растворения компонентов набора химреактивов.

Фотолаборатория должна быть оснащена водопроводом, канализацией, общим и специальным (рабочим) освещением и иметь устройство для химико-фотографической обработки пленок.

Ручную обработку радиографических пленок обычно осуществляют в баках-

танках с использованием специальных рамок для закрепления пленок, позволяющих проводить их обработку в вертикальном положении.

Современные устройства для ручной фотообработки радиографических пленок изготавливают из пластмассовых материалов, не подверженных коррозии, и оснащают блоком для термостатирования раствора проявителя и таймером. Следует подчеркнуть, что обработка листовой пленки в кюветах не рекомендуется из-за нестабильности получаемых результатов.

Для ручной обработки флюорографических пленок лучше всего использовать цилиндрические светонепроницаемые бачки, внутри которых имеются катушки для закрепления рулонов пленки в фиксированном положении в виде спирали. Флюорографическую пленку можно также обрабатывать в обычных баках-танках, предварительно обмотав ее вокруг рамки, предназначенной для обработки листовой радиографической пленки. При этом эмульсия пленки должна быть обращена наружу. В противном случае на местах контакта эмульсии пленки с рамкой могут образоваться светлые полосы, приводящие к потере информации на изображении.

Современным способом фотообработки медицинских рентгеновских пленок является использование проявочных автоматов рольного типа. Помимо несомненного удобства в работе проявочные автоматы обеспечивают высокую стабильность процесса фотообработки.

Для рабочего освещения фотолаборатории используют фонари с различными светофильтрами. Перед началом работы с каждым типом рентгеновской пленки необходимо проверить неактивность освещения фотолаборатории.

Для этого в полной темноте достают из коробки лист неэкспонированной пленки и помещают его на рабочее место стола, прикрывая примерно половину светонепроницаемым материалом, например, куском картона.

Затем включают фонарь и экспонируют под ним пленку в течение 3 минут, после чего в полной темноте проводят ее фотообработку в режиме, который будет использоваться в дальнейшей работе. Если на экспонированном участке пленки наблюдается явно заметное почернение, то освещение

фотолаборатории непригодно для работы с данной пленкой. Согласно существующей норме освещенность считается неактивным, если прирост плотности вуали не превышает 0,1 Б.

Первым и самым важным этапом химико-фотографической обработки является процесс проявления. Для каждой комбинации пленки с проявителем существует оптимальное время обработки, зависящее от температуры, при котором на изображении получаются максимальные контраст и чувствительность при минимальной плотности вуали.

На территории бывшего Советского Союза уже несколько десятилетий для ручной обработки медицинских рентгеновских пленок используется метол-гидрохиноновый проявитель "Рентген-2". На упаковках всех выпускаемых в СНГ медицинских рентгеновских пленок указывается рекомендуемое время обработки в проявителе "Рентген-2" при стандартной температуре 20°C.

В тех случаях, когда нет возможности установить стандартное значение температуры, можно руководствоваться следующим правилом: при увеличении (уменьшении) температуры проявителя на 1°C необходимо уменьшить (увеличить) время проявления приблизительно на 10%. Следует, однако, помнить, что пределы таких изменений ограничены: не более 4°C, но желательно не выходить за рамки 2°C.

С недавнего времени в России выпускаются новые, более современные проявители. Одни из них, например "Ренмед-В" и "ТРМ-110П", позволяют сократить время обработки на 20-30% по сравнению с "Рентген-2", не изменяя при этом параметры обрабатываемых пленок. С другой стороны, проявление в "ТРМ-103П" может приводить к увеличению контраста некоторых типов пленок при том же времени обработки. Кроме того, почти все иностранные фирмы, торгующие в России медицинской рентгеновской пленкой, могут предложить также и реактивы для ее ручной фотообработки, обеспечивающие, как правило, более высокий контраст. Однако обработку пленки в этих проявителях обычно рекомендуется проводить при более высоких температурах (25-26°C), что требует наличия проявочных устройств,

обеспечивающих необходимый температурный режим.

По истечении установленного времени необходимо прекратить процесс проявления. Для этого пленку, как правило, промывают в холодной проточной воде в течение 5-10сек. Более эффективным способом прерывания процесса проявления является, так называемая, "стоп-ванна" - обработка пленки в подкисленной среде (например, в 1,5%-ном растворе уксусной кислоты). При этом резко уменьшается значение pH, и дальнейший процесс проявления становится невозможным. Необходимо подчеркнуть, что некачественное проведение промежуточной промывки приводит к быстрому защелачиванию фиксажа и потере его работоспособности.

После проявления изображения необходимо удалить невосстановленное серебро из эмульсии пленки, т.е. закрепить или фиксировать изображение. Процесс фиксирования протекает в несколько этапов, из которых только первый - осветление эмульсии - легко контролируется: постепенно исчезает молочная окраска эмульсионного слоя, и на неэкспонированных участках пленка становится прозрачной. Однако, процесс фиксирования пленок осветлением эмульсии не заканчивается. Обычно полное время фиксирования снимков должно в 3 раза превышать время осветления.

Конкретный состав фиксажа обычно не влияет на основные параметры обрабатываемой пленки и, тем самым, на качество изображения. В медицинской практике в качестве фиксирующих растворов используют быстродействующие кислые фиксажи, из которых самым распространенным является "БКФ-2". В свежих растворах таких фиксажей время осветления радиографических и флюорографических пленок при температуре 20°C составляет порядка 15-25 сек. В процессе работы по мере истощения фиксажа это время увеличивается. Поскольку медицинские снимки, как правило, предназначены для длительного хранения (архивирования), рекомендуется проводить их обработку в фиксаже в течение 3-8 минут.

Заключительным этапом фотообработки медицинских рентгеновских пленок является их сушка. Этот процесс может проходить как в естественных условиях при комнатной температуре, так и в специальных сушильных шкафах с тепловентиляцией при температуре воздуха 55-60°C. При этом в атмосфере вокруг пленок не должно быть пыли или взвеси каких-либо мелких частиц. Необходимо отметить, что только полностью высушенная пленка (без влажных участков на краях, и особенно в углах под зажимами рамки) может подвергаться обрезке и надписыванию. В заключении раздела о процессе ручной фотообработки рентгеновских пленок следует упомянуть, что разница в значениях температуры используемых рабочих растворов, а также промывной воды, не должна превышать 10-15°C. Нарушение этого правила может привести к деформированию эмульсионных слоев пленки.

Помимо несомненного удобства в работе, автоматический способ фотообработки медицинских рентгеновских пленок обеспечивает высокую стабильность получаемых результатов. В проявочных автоматах, в основном, происходят те же самые процессы, что и при ручном способе фотообработки, однако, при существенно больших значениях температуры проявителя и фиксажа (не ниже 25°C) и меньших временах обработки. Время полного цикла с момента поступления пленки в проявочную машину до получения сухой рентгенограммы ("от сухого до сухого") не превышает нескольких минут.

Наиболее широкое распространение в медицине получили проявочные автоматы рольного типа. При обработке радиографических пленок общего назначения обычно используют первые два процесса, причем более современным является экспресс-процесс, в котором за 1,5-2 минуты получают готовую рентгенограмму. В третьем процессе пленка подвергается максимально жесткой обработке, в результате чего получают необходимый, например при маммографии, высокий контраст изображения. Четвертый

процесс требует специальных реактивов и является пока малораспространенным.

При обработке флюорографических пленок в проявочных автоматах рольного типа следует учитывать то обстоятельство, что рулонные пленки изготавливаются на более тонкой основе, чем листовые. Для обеспечения их надежного прохождения по проявочному автомату к началу рулона необходимо прикрепить так называемый "лидер" форматом не менее 13x13см. В качестве лидера можно использовать лист радиографической пленки, предназначенной для автоматической обработки.

Все проявочные автоматы рольного типа устроены, в принципе, одинаково.

Для обеспечения стабильности процесса фотообработки в рабочие баки проявочных машин автоматически добавляются (пропорционально количеству обрабатываемой пленки) регенераторы проявителя и фиксажа.

Норма регенерации фиксажа обычно больше из-за того, что в машине трудно осуществить эффективную промежуточную промывку, и в фиксаж вместе с пленкой регулярно попадает некоторое количество проявителя. Благодаря регулярному добавлению регенераторов проявочные машины могут работать длительное время без полной замены рабочих растворов. Однако, отработанные растворы ни в коем случае не должны попадать в емкости для свежих регенераторов проявителя и фиксажа. Только в этом случае обеспечивается необходимое качество рентгенограмм.

Из-за высоких значений температуры и влажности в проявочных автоматах создается очень агрессивная среда, поэтому детали машин подвержены повышенному износу. Для удлинения срока службы проявочных автоматов необходимо регулярно (не реже одного раза в месяц) проводить профилактические мероприятия в соответствии с инструкцией по эксплуатации конкретной машины.



Рис. 24.1. Проявочная машина Colanta INDX 43

Примером такого рода оборудования может служить проявочная машина Colanta INDX 43. Эта машина имеет 9 программируемых режимов работы, промежуточную промывку пленки, устройство автоматической подачи пленки, устройство для вентиляции рабочих емкостей и два 30-ти литровых бака для хранения проявителя и фиксажа; мониторинг процесса обработки; контроль низкого уровня растворов в баках.

Машина способна обрабатывать пленки всех стандартных форматов шириной до 43 см; податчик спроектирован для одновременной работы с разными типоразмерами пленок от 6x12 до 43x48см; в податчик могут одновременно загружаться пленки разного размера в разные отделения.

Электронно-оптические усилители рентгеновского изображения

Цель занятия: получить представление о технологии электронно-оптического усиления рентгеновского изображения и о технических средствах, используемых при этом.

Формируемые компетенции: ПК-8, ПК-14, ПК-15.

Базовая информация: знания, полученные из курсов «Биотехнические системы медицинского назначения» и «Узлы и элементы биотехнических систем».

Содержание занятия. Электронно-оптический усилитель рентгеновского изображения — устройство, предназначенное для многократного увеличения яркости изображения на рентгеновском экране путем преобразования светового изображения в электронное и последующего преобразования его в световое. Такое усиление изображения в электронно-оптическом усилителе достигается с помощью электровакуумного прибора, называемого электронно-оптическим преобразователем. Усилитель рентгеновского изображения применяют главным образом при просвечивании, рентгенокинематографии и использовании телевидения в рентгенодиагностике .

Основным преимуществом электронно-оптического усилителя является резкое снижение дозы рентгеновского излучения при диагностических исследованиях, особенно при рентгенокинематографии, а также возможность благодаря резкому увеличению яркости изображения просвечивать в слабо затемненном помещении, пользуясь при этом маломощными рентгеновскими аппаратами.

Электронно-оптический усилитель рентгеновского изображения — устройство для преобразования рентгеновского изображения в оптическое, во много раз превосходящее по яркости изображение на обычном рентгеновском экране. Увеличение яркости изображения достигается путем

промежуточного преобразования рентгеновского изображения в электронное и усиления последнего за счет дополнительно подводимой электрической энергии.

Основным усилительным элементом такого устройства является вакуумный прибор, называемый электронно-оптическим преобразователем. Наиболее широкое применение получили усилители с рентгеновскими электронно-оптическими преобразователями (РЭОП). Первичным приемником рентгеновского излучения является в этом случае люминесцентный экран из $ZnS - Ag$ - или $ZnS \cdot CdS - Ag$ -люминофора внутри вакуумной трубки (рис. 1). Экран находится в оптическом контакте с полупрозрачным сурьмяно-цезиевым или мультищелочным фотокатодом. Экрано-катодный узел вместе с конусообразным анодом и подфокусирующим электродом образует трехэлектродную ускоряющую и фокусирующую систему преобразователя. У основания анодного конуса расположен выходной катодолуминесцентный экран. На анод подается высокий положительный потенциал (25 кВ) относительно катода, на фокусирующий электрод — небольшой потенциал (200—300 В).

Пучок рентгеновых лучей, попадая на выходной экран, вызывает его свечение (рентгенолюминесценцию). Под действием квантов света фотокатод испускает (эмиттирует) электроны, причем распределение плотности электронов в пучке воспроизводит распределение освещенности, создаваемой экраном на поверхности фотокатода. В результате световое изображение преобразуется в электронное. Поток электронов, устремляясь к аноду, бомбардирует выходной люминесцентный экран, вызывая его свечение. Таким образом, осуществляется обратное преобразование электронного изображения в световое. Увеличение яркости достигается путем ускорения электронов в электростатическом поле и электронно-оптического уменьшения изображения, что приводит к увеличению плотности потока электронов. Изображение на выходном экране наблюдают через оптическую систему, увеличивающую его размеры до нормальных. Его

можно также фотографировать на широкоформатную пленку, на кинопленку или передавать на телевизионную трубку.

Современные усилители с РЭОП обладают коэффициентом усиления, равным 3000 или более. Это означает, что яркость свечения их выходного экрана превосходит яркость свечения обычного экрана для рентгеноскопии в 3000 или более раз. Это основное преимущество усилителя, дающее возможность увеличить степень восприятия информации, заложенной в изображении, благодаря повышению остроты зрения и контрастной чувствительности глаза; сократить время исследования; уменьшить вероятность ошибок, связанных с утомлением глаз; устранить необходимость в затемнении и дополнительной адаптации; уменьшить облучение пациента при рентгеноскопии; производить рентгенокиносъемку, а также применять телевизионные установки с использованием видеоконвекторов в качестве передающих трубок.

Недостатком усилителя с РЭОП является относительно небольшой размер рабочего поля (технически сложно сделать РЭОП с диаметром выходного экрана более 220—230 мм). Для увеличения рабочего поля используют усилители яркости рентгеновского изображения иной конструкции со световым электронно-оптическим преобразователем (рис. 2). В этом усилителе рентгеноскопический экран находится вне ЭОП, а изображение, получаемое на экране, проектируется на фотокатод преобразователя светосильной зеркально-линзовой оптикой. Недостатками такой системы являются громоздкость и значительные потери света при переносе изображения с экрана на фотокатод.

Электронно-оптические усилители рентгеновского изображения применяют при исследовании пищеварительного тракта и сердечно-сосудистой системы, для рентгеноскопического контроля при введении зондов, катетеров и радиоактивных препаратов, для быстрого исследования травматических повреждений и во всех случаях, когда применение обычного

метода просвечивания сопряжено с опасностью чрезмерного облучения пациентов и персонала.

Телевизионные установки с усилителем позволяют производить одновременное наблюдение группой врачей и осуществлять рентгенологический контроль при операциях непосредственно у операционного стола.

Рентгенокиносъемка при помощи усилителя сочетает в себе одно из важных преимуществ рентгенографии — документальность с возможностью функциональных исследований различных органов. Двухканальная выходная оптическая система позволяет визуально контролировать процесс киносъемки.

При использовании новейших усилителей рентгеновского изображения интегральная доза при рентгеноскопии в ряде случаев уменьшается в 10—15 раз.

Стремление свести к минимуму облучение пациентов и персонала и расширить возможности рентгенодиагностики приводит к ограничению сферы применения обычного рентгенологического исследования с заменой его исследованием при помощи электронно-оптического усилителя рентгеновского изображения.

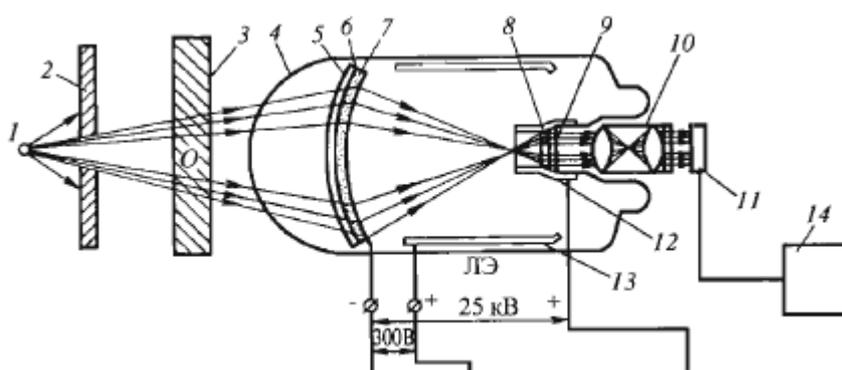


Рис. 25.1. Схема РЭОП: 1 - источник излучения; 2 - свинцовая диафрагма; 3 - просвечиваемый объект; 4 - стеклянная вакуумная трубка; 5 - алюминиевая подложка; 6 - флуороскопический экран; 7 - фотокатод; 8, 9 - выходные экраны; 10 - оптика; 11 - передающая телекамера; 12 - анод; 13 - металлическое покрытие; 14 - экран телевизора; ЛЭ - люминесцентный экран.