

## Некоторые технические вопросы клинической рентгенологии и радиологии

Профессор И. Г. ЛАГУНОВА

Государственный научно-исследовательский рентгенорадиологический институт  
МЗ РСФСР (Москва)

Рентгенорадиология представляет собой одну из тех специальностей, где медицинские вопросы невозможно изучать без предварительного решения технических вопросов и где совершенствование методов распознавания и лечения различных заболеваний невозможно без создания технической базы, т. е. разработки и совершенствования аппаратов, приборов и приспособлений и решения ряда теоретических, физикотехнических вопросов. В силу этого возникает необходимость на каждом определенном этапе развития нашей медицинской специальности сформулировать основные задачи и направления в рентгенорадиологическом аппарато-приборостроении.

В настоящее время наша специальность настолько обширная и разносторонняя, что нет возможности формулировать эти задачи в целом, а следует расчленить их в соответствии с основными разделами. Таковыми являются: рентгенодиагностика с флюорографией, лучевая терапия и дозиметрия. Мы и позволим себе остановиться на основных задачах и направлениях решения ряда технических задач по каждому из этих разделов.

В области рентгенодиагностики на первое место следует поставить задачу широкого внедрения в практику электронно-оптического преобразования рентгеновского изображения. Электронно-оптические преобразователи значительно расширяют возможности рентгенологического исследования, одновременно снижая вредность его, как профессиональную, так и для исследуемых. Они обеспечивают боль-

шие удобства в работе, позволяя работать в незатемненном помещении.

Электронно-оптическое преобразование дает возможность применить кино съемку с экрана. Первые попытки применения кинематографии в рентгенологии относятся к 30 годам. Однако низкий уровень техники того времени сильно ограничивал возможности ее применения из-за реальной опасности лучевого повреждения объекта исследования. В силу этого рентгенокино съемки использовались в основном для учебно-демонстрационных целей.

Применение электронно-оптических преобразователей позволяет вести кино съемку при условиях, близких к условиям обычного просвечивания. Изучение этого метода в современных условиях показало его большие диагностические возможности при функциональном исследовании различных органов и систем человеческого организма.

Электронно-оптические преобразователи позволили поставить вопрос о применении в рентгенологии и телевидения. Это также открывает новые перспективы перед рентгено-диагностикой. Прежде всего применение телевизора позволяет уменьшить дозу облучения примерно в пятьдесят раз, во время, как одно электронно-оптическое преобразование уменьшает ее не более чем в десять раз. Кроме того, телевизор позволяет очень просто регулировать контраст изображения и масштабы его увеличения. В настоящее время качество изображения на рентгенотелевизоре еще уступает качеству изображения на обычном экране

для просвечивания. Однако, следует учесть, что работы в этом направлении начаты всего 3—4 года назад и есть все основания предполагать, что в скором времени качество изображения значительно улучшится.

Большую роль может сыграть электронно-оптическое преобразование и во флюорографии. Здесь, благодаря массовости метода, уменьшение дозы облучения особенно важно.

Электронно-оптические преобразователи помимо достоинств имеют и ряд недостатков. Основным из них является небольшое поле зрения. В ряде случаев (прицельное исследование желудочно-кишечного тракта, катетеризация сердца и др.) это не имеет значения, но рентгенология не может отказаться от исследований, связанных с получением изображения всего органа, такого как пищевод, желудок и др., или целой области как грудная клетка, брюшная полость. Изготовление электронно-оптических преобразователей таких размеров очень сложно, аппаратура получается громоздкой, неудобной в практической работе и дорогостоящей. Здесь нужно идти по другому пути: по пути усиления изображения получаемого на стандартном экране для просвечивания. Техническое решение этой задачи было предложено одновременно как у нас, так и за рубежом. Сейчас необходимо осуществить это для практического применения.

В силу всего вышесказанного разработку электронно-оптических преобразователей разных типов и всех вопросов, связанных с их применением следует считать важнейшей технической проблемой современной рентгено-диагностики.

Второй технической задачей в рентгено-диагностике является автоматизация и механизация аппаратуры. Методы рентгенологического исследования непрерывно усложняются. Некоторые из них, например, бронхография или ангиокардиография, становятся весьма ответственными, требующими от медицинского персонала большого напряжения и всего внимания. В связи с этим необходимо предельно упростить и автоматизировать управление аппа-

ратом, всегда к минимуму манипуляции с ним. Упрощение управления аппаратом неминуемо приводит к усложнению его внутреннего устройства. А это, в свою очередь, требует более квалифицированного технического обслуживания, грозит учащением аварий. Поэтому крайне важны поиски наиболее простых и компактных конструкций отдельных узлов, из которых составляется аппарат.

В сети практического здравоохранения наряду с крупными лечебно-профилактическими учреждениями со стационарами на несколько сотен коек и поликлиниками на многие тысячи посещений имеется большое число более мелких медицинских учреждений, как общего, так и узкого профиля. Необходимо разрабатывать разные типы рентгено-диагностических аппаратов, как мощных для учреждений первого типа так и менее мощных, но способных обеспечить проведение всех основных диагностических процедур для наиболее распространенных небольших медицинских учреждений.

Еще более серьезные вопросы технического порядка стоят в разделе лучевой терапии. Прежде всего необходимо решить вопрос о взаимоотношениях гамматерапии и рентгенотерапии. В ряде случаев, например, при использовании пограничных лучей, этот вопрос ясен. Однако, такой ясности нет в области лечения новообразований внутренних органов.

Неоднократно высказывались предложения, что рентгенотерапия в этой области отложила свой век и что необходимо полностью перейти на гамматерапию. Основанием для такого рода мнений служат соображения общего теоретического порядка и пока еще не очень большой сравнительный клинический материал. Этого недостаточно для того, чтобы столь радикально изменить профиль заводов, производящих аппаратуру для лучевого лечения. Для этого необходимо с одной стороны исчерпывающее сравнение физико-технических условий облучения при рентгено- и гамматерапии и, с другой стороны численно достаточные, хорошо систематизированные и

длительно прослеженные сравнительные клинические наблюдения.

В лучевой терапии начинает применяться аппаратура, генерирующая излучение с очень высокой энергией излучения от трех-четырёх до 30—50 мегаэлектронвольт.

Данные ряда авторов говорят о большой эффективности этой аппаратуры именно при лечении новообразований внутренних органов. Но какова оптимальная величина энергии излучения? На этот вопрос ответа пока нет, а он крайне необходим для решения вопроса о соответствующем направлении аппаратостроения.

Все вышесказанное настойчиво требует скорейшей разработки вопроса об эффективности лучевого лечения в зависимости от величины энергии излучения.

В последнее время усиленно развиваются подвижные методы лучевой терапии и есть много оснований считать их особенно перспективными. Однако, в самые последние годы и в этой области возникают сомнения, вызванные тем фактом, что при подвижной терапии, по сравнению со статическими методами сильно возрастает объем тканей подвергаемых облучению. Это никак не может считаться положительным фактором. Возникшие сомнения могут быть разрешены также лишь после достаточно широкого физико-технического и сравнительного клинического изучения статических и подвижных методов облучения. Этот вопрос нужно решать в самое ближайшее время, так как без его решения невозможно правильно определить для промышленного выпуска необходимую номенклатуру аппаратуры для лучевой терапии.

В лучевой терапии до сих пор не решен и ряд более простых вопросов, например, вопрос об оптимальном кожно-фокусном расстоянии в гамма-аппаратах. Увеличение его весьма желательно с медицинской точки зрения, так как при этом увеличивается относительная глубинная доза, повышается эффективность метода и уменьшается облучаемый объем тела.

Вместе с тем, увеличение кожно-фокусного расстояния требует значительного увеличения активности излучателя и усиления

защиты. Это, в свою очередь, влечет за собой усиления защиты и требует применения таких дорогостоящих защитных материалов, как вольфрам и уран, из-за чего значительно возрастает стоимость аппаратуры.

Очевидно, здесь нужно найти разумное решение с учетом различных факторов, влияющих на конечный результат применения лучевой терапии.

Таким образом, в рентгенодиагностике и флюорографии направление дальнейшего развития аппаратостроения достаточно ясно и как не велики возникающие трудности, они носят чисто технический характер. В лучевой терапии не решены еще основные принципиальные вопросы, которые должны определить направление дальнейшего развития аппаратостроения в этом разделе. И на решение этих вопросов должно быть обращено самое серьезное внимание.

Атомная энергия стала широко применяться во всех разделах народного хозяйства, в том числе и в медицине лишь в последнее десятилетие. Раньше медикам не приходилось использовать подобные источники излучения и перед ними сразу же встал вопрос о создании надежной и удобной защитной аппаратуры. Отсутствие опыта сказалось, конечно, на качестве первых защитных конструкций. Однако самым серьезным недостатком их было то, что каждое приспособление конструировалось для защиты персонала при проведении какой-то определенной процедуры без учета предыдущих и последующих процедур, неразрывно связанных между собой. Поэтому ряд конструкций оказался несогласованным друг с другом. Хотя каждая из них в отдельности и давала вполне удовлетворительную защиту, все же суммарное облучение персонала оставалось достаточно высоким из-за всякого рода промежуточных вспомогательных операций с радиоактивными препаратами, защита при которых не была предусмотрена.

Эти обстоятельства побудили взяться за разработку типовых технологических процессов лечебного применения радиоактивных препаратов, рассматриваемых не как механическое сочетание отдельных про-

цедур, а как неразрывный производственный поток, оснащенный системой защиты.

При этом радиоактивные препараты заключенные в соответствующие контейнеры, представляющие собой, несмотря на некоторые различия, единую серию, постепенно перемещаются по транспортеру от хранилища к рабочему месту врача, проходят через все необходимые основные и промежуточные манипуляции и возвращаются обратно в хранилище.

При такой системе удается защитить персонал практически полностью, за исключением наложения или внедрения препарата в тело больного. По самому характеру этой процедуры здесь возможна только частичная защита. Разработка типовых технологических процессов, учитывающих потребности в защите персонала, является безусловно прогрессивным явлением. Для ее внедрения в практику требуется разработка типовых проектов радиологических учреждений с соответствующим планированием производственных помещений и типового защитного оборудования.

Для решения актуальных задач современной клинической рентгено-радиологии необходимы новые технические разработки и в области дозиметрии.

Дозиметрия в настоящее время призвана не только оценивать дозы излучения, получаемые облучаемым организмом, но и подсказывать клиницистам методы облучения, помочь создать необходимые дозные поля наиболее полно удовлетворяющие запросы лечения.

Это особенно важно в связи с использованием в медицине мощных излучателей, источников сверхжесткого излучения (линейные ускорители, бетатроны и т. д.).

В настоящее время при применении ионизирующего излучения переходят к новым дозиметрическим характеристикам, к оценке поглощенных доз излучения в «радах». Если раньше количественная оценка излучения базировалась на измерении дозного поля, в которое помещался объект облучения, то теперь переходят к оценке энергии поглощенной в самом организме. Это позволяет более полно представить биоло-

гическим реакциям организма при воздействии излучения.

Современными санитарными правилами предельно-допустимые дозы снижены в 3 раза. Это обеспечивает безопасность при работе с ионизирующим излучением. Все это вместе взятое предъявляет большие запросы к технике измерений и требует разработки соответствующих измерительных приборов.

Необходимость в достаточно точном определении распределения доз в облучаемом организме требует создания малогабаритных приемников излучения. В этом отношении крайне перспективными являются кристаллические детекторы из полупроводников, в частности монокристаллы CdS, которые обладают высокой чувствительностью к излучению. При очень небольших размерах приемника (порядка 1—2 мм), такие дозиметры дают возможность измерять дозы излучения в любых малых объемах тела.

Для определения распределения доз при подвижных методах облучения необходимо разработать многокамерные дозиметры, позволяющие одновременно измерять дозы в разных точках организма.

Для контроля за радиационной безопасностью как обслуживающего персонала, так и населения, необходима разработка переносного типа дозиметров с батарейным питанием с чувствительностью на уровне естественного фона, пригодные для измерения как жесткого, так и мягкого излучения, с энергией от 10 кэв, что крайне важно для проверки защиты в рентгено-диагностических кабинетах.

Для проверки индивидуальных доз необходимы чувствительные индивидуальные дозиметры, пригодные и для мягкого излучения. Большого внимания заслуживают в частности фото-дозиметры с фильтрами, разработанные в Венгерской республике (Сугурфизик).

Таковы в общих чертах некоторые, важнейшие задачи стоящие в настоящий момент перед рентгено-радиологической техникой и требующие разрешения в самом ближайшем времени.

## О некоторых технических проблемах различных систем глубокой терапии\*

И. МАРГОШ

Одной из самых больших проблем медицины нашей эпохи является борьба с различными раковыми заболеваниями. За прошлые десятилетия рак стал самым распространенным заболеванием человечества, у него чрезвычайно много жертв во всем мире и важной задачей медицинской науки и его союзника в этой борьбе — технической науки — является, используя все достижения современной техники, дать в руки врачей такие возможности, использование которых окажется эффективным орудием в лечении опухолевых заболеваний. Уже в начале нашего века началось использование ионизирующей радиации в медицинских целях. Первым источником, который был использован для этой цели, служил радий, элемент, обладающий естественной радиоактивностью. В дальнейшем стали использовать рентгеновые лучи и рентгеновские аппараты, изготовленные человеком; ими лечили опухолевые заболевания, расположенные и на поверхности человеческого тела и в его более глубоколежащих участках. Наблюдая дальше историю использования радиоактивных веществ, из более новых искусственных радиоактивных веществ стали использовать для глубокого облучения изотопы  $Co\ 60$  и  $Cs\ 137$ . Затем с развитием ядерных исследований, в лечении глубоколежащих опухолей получают свое место и ускорители заряженных частиц работающие с ускорен-

ными электронами больших скоростей и энергии.

Настоящая статья не ставит себе задачу сравнивать медицинские преимущества и теневые стороны различных методов облучения. Хотя за последние десятилетия на различных конференциях специалистов, во всех уголках мира, живо обсуждались преимущества и невыгоды различных методов и систем облучения с медицинской точки зрения, все же сегодня было бы еще преждевременным высказать какие-либо окончательные положения. Чтобы судить об эффективности любой системы облучения путем успешного лечения болезней, нужен большой материал больных, многолетний опыт и большой круг экспериментов, только таким образом можно окончательно высказаться в дискуссии о том «какая из систем лучше», или «для той или иной цели какая из систем является лучшей». Использование изотопов  $Co\ 60$  и  $Cs\ 137$  в терапии, а также установок для ускорения заряженных частиц, началось не более десяти лет тому назад. Только обычное рентгеновское облучения имеет уже такой большой срок использования, что можно судить более или менее о его эффективности при лечении различных опухолей. Для окончательной оценки с этой точки зрения других систем мы еще не располагаем достаточно большим сроком времени их использования, хотя безусловно и здесь имеются частичные достижения и все более ясной становится их область использования вместе со всеми их особенностями. Как об этом уже говорилось, дискуссия ведется в ме-

\* Прочитан в Бухаресте, в октябре 1961 г.

дицинских кругах. По моему мнению пройдет еще много лет, пока эта дискуссия, путем научных доказательств, более или менее может быть закончена.

Здесь же хочется отметить, что это предположение имеет место только лишь в том случае, если за этот промежуток времени не удастся найти какой-либо эффективный, чисто медикаментозный метод лечения, который до основания преобразит нашу терапию. В этом случае дальнейшая дискуссия будет излишней.

Чтобы осветить вопрос во всей полноте, надо еще упомянуть и о том, что внутри каждой системы облучения, также за последние несколько лет, выработались два основных метода лечения: Облучение с неподвижным тубусом и система облучения с рентгеновской трубкой, движущейся по разным криволинейным плоскостям, и тем самым с постепенно меняющимся направлением луча. С того времени, как стали известными возможности подвижного облу-

чения, открылись новые перспективы перед эффективным лечением и одновременно, разумеется, дискуссия все дальше расширялась.

Настоящая статья имеет целью обсудить некоторые технические проблемы различных методов облучения и никак не стремится к освещению всего вопроса со всеми его подробностями. Из области обычного рентгеновского облучения я хочу коснуться двух вопросов. К первому относится проблема верхнего предела величин высоких напряжений, применяемых у рентгеновских аппаратов, степень автоматизации аппаратов и вообще вопрос об оптимальных размерах рентгеновских аппаратов. Во второй комплекс вопросов входит область применения подвижного облучения и связанные с ней проблемы.

Подробно рассматривая первый комплекс вопросов, вопрос об оптимальных размерах аппаратов, бросается в глаза следующая тенденция: улучшаются свойства

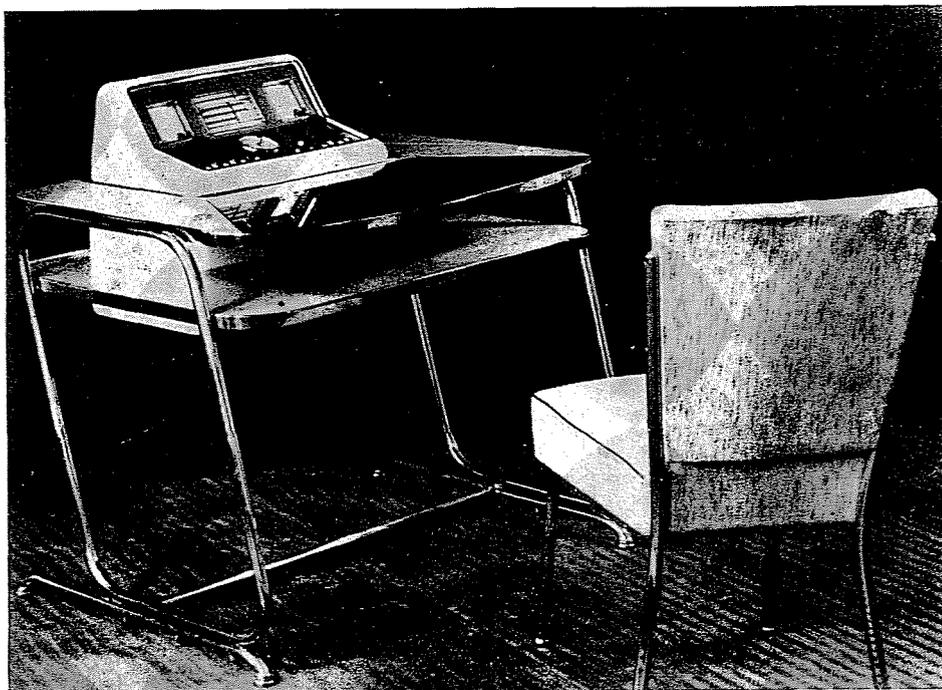


Рис. 1. Современный пульт управления терапевтического аппарата ТНХ

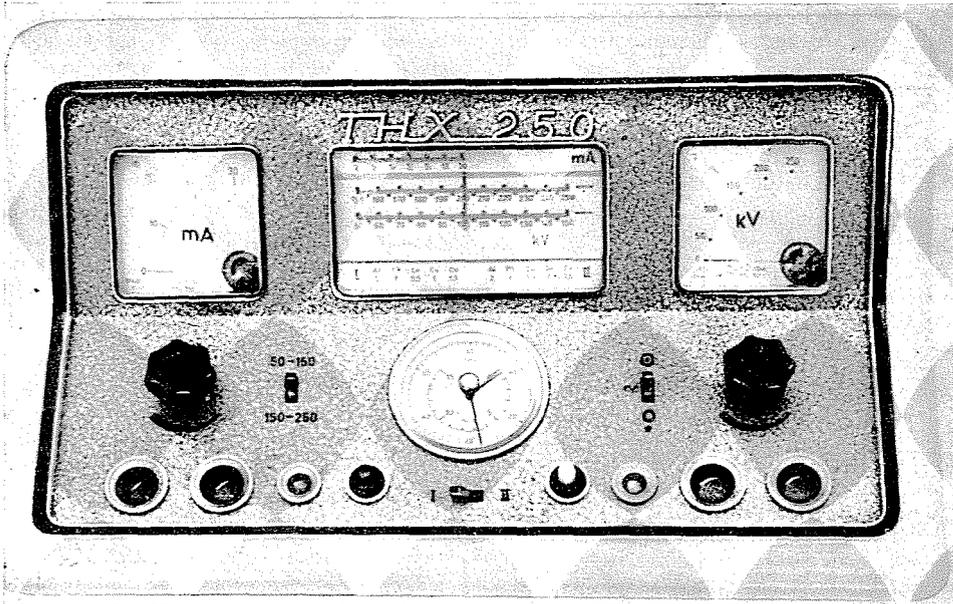


Рис. 2. Панель пульта управления ТНХ

материалов, применяемых в аппаратах, все более уменьшается величина аппаратов и все больше расширяются пределы мощности. В 30-ых годах изготавливали терапевтические рентгеновские аппараты с верхним пределом напряжения 180—200 кв, затем после второй мировой войны стали распространяться аппараты с напряжением 250 кв, причем сила тока была 15 ма. В настоящее время на мировом рынке преобладают аппараты именно с такими параметрами. Среди техников не ведется дискуссии о том, не будет ли более целесообразным дальнейшее повышение напряжения, возможно до 300 кв. Само собою разумеется с технической точки зрения повышение верхнего предела напряжения не является невозможным ни по отношению к аппаратам, ни по отношению к рентгеновским трубкам. Однако, вопрос заключается в том, является ли увеличение жесткости лучей, достигнутое путем повышения напряжения пропорциональным цене, трудностям изготовления аппаратов или постепенным повышением риска, связанного с

уменьшением безопасности. По нашему мнению в эпоху радиоактивных изотопов и ускорителей заряженных частиц, такое повышение напряжения на несколько киловольтов не даст такого улучшения, чтобы стоило бы пренебречь технологическими и материальными трудностями.

В связи с размерами и конструкцией аппарата важно упомянуть еще об одном существенном вопросе. Какова та степень автоматизации, которая является целесообразной и в целях сохранения простоты эксплуатации аппарата и в целях защиты больного от перегрузки. Врачи чаще всего выражают во всех областях рентгентехники такое желание, чтобы аппараты были по возможности более автоматизированными и чтобы они причиняли по возможности все меньше проблем для персонала. Повышение степени автоматизации для техников равнозначно тому, что увеличивается сложность аппаратов, умножаются трудности как по производству, так и по ремонту аппаратов, увеличивается количество возможных эксплуатационных не-

исправностей и т. д. Не легкая задача сопоставить эти противоречивые требования и в конечном итоге успех какого-либо аппарата новой конструкции среди работающего с ним медицинского персонала, зависит от того, в какой мере удалось найти правильные, оптимальные соотношения между этими требованиями. По моему мнению, в диагностических рентгеновских установках надо быть крайне осторожным по отношению к требованиям к повышенной автоматизации и надо очень хорошо продумать проектирование работы любой функции. Однако, в случае терапевтических установок наша точка зрения заключается в том, что надо стараться к возможно боль-

шей автоматизации к максимальному исключению возможности возникновения ошибок, сопровождающихся крайне неприятными последствиями и для больного и для обслуживающего персонала, возникающих из-за ошибочной установки аппарата, или из-за невнимательного обращения. В этом случае технические органы, занимающиеся уходом и производством аппаратов, должны взять на себя больше заботы, внимания и работы, в связи с более сложным устройством аппаратов, так как все это необходимо для безопасности врача и больных и во избежание несчастных случаев. Данный принцип мы имели в виду например тогда, когда на нашем терапевти-

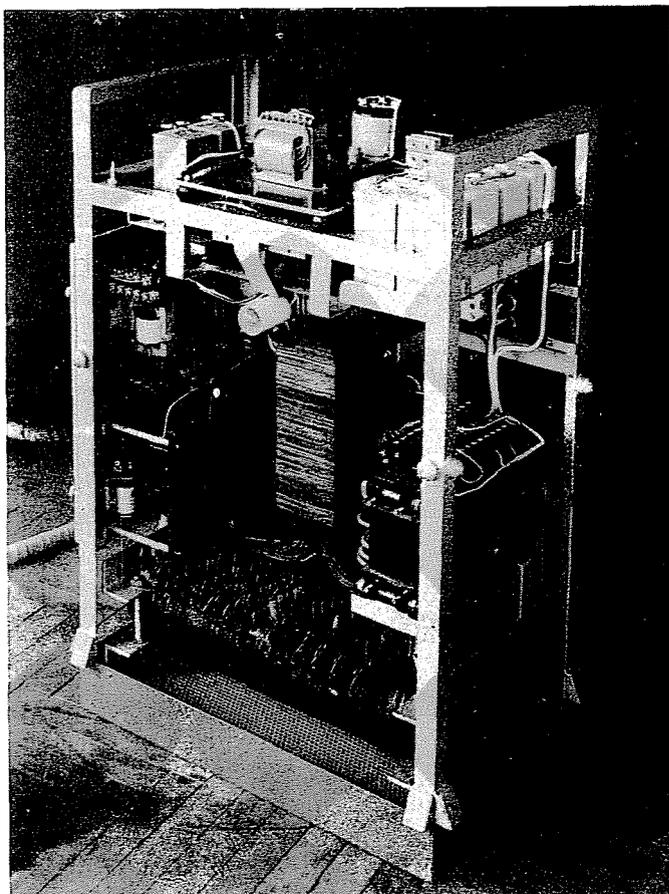


Рис. 3. Отдельный блок питания ТНХ

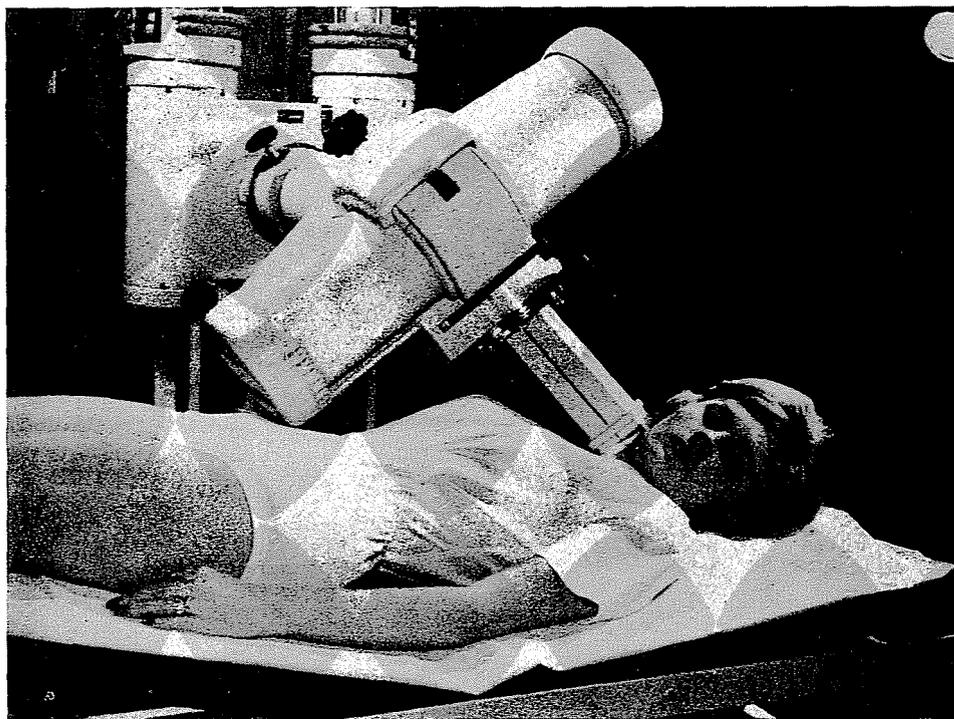


Рис. 4. Облучение с неподвижным полем со штативом TST

ческом рентгеновском аппарате новейшего типа, который носит название ТНХ 250 и действие которого было продемонстрировано на нашей выставке мы автоматизировали установку всех тех параметров и поддержание установленных величин, которые являются важными в практической работе. Следовательно, аппарат действительно работает автоматически, все колебания в установленных величинах автоматически регулируются и таким образом осуществляется забота о том, чтобы больной, получающий облучение, не получил дозу лучей, большую установленных величин.

Теперь переходим ко второй группе проблем обычного рентгеновского облучения, здесь надо кратко упомянуть о вопросе подвижного облучения. Нельзя не согласиться с тем стремлением, которое привело к использованию подвижного облучения и целью которого является мак-

симальная защита от лучей здоровых участков, не захваченных болезненным процессом. Если сравнивать установки для неподвижного и подвижного облучения, то надо установить, что установки подвижного облучения требуют гораздо больших технических усилий, чем установки неподвижного облучения. При этом вопросе мы являемся свидетелями крайне редкого явления, а именно, что возникновение больших трудностей, связанных с подвижным облучением, наблюдается не только в области производства и конструкции, встречаются трудности также и врачи, работающие с такими аппаратами. Наверное я не преувеличиваю, когда утверждаю, что установки для подвижного облучения, в настоящее время не являются еще популярными среди врачей и техников. Может быть именно с этим связан тот факт, который я лично наблюдал при своих поездках по

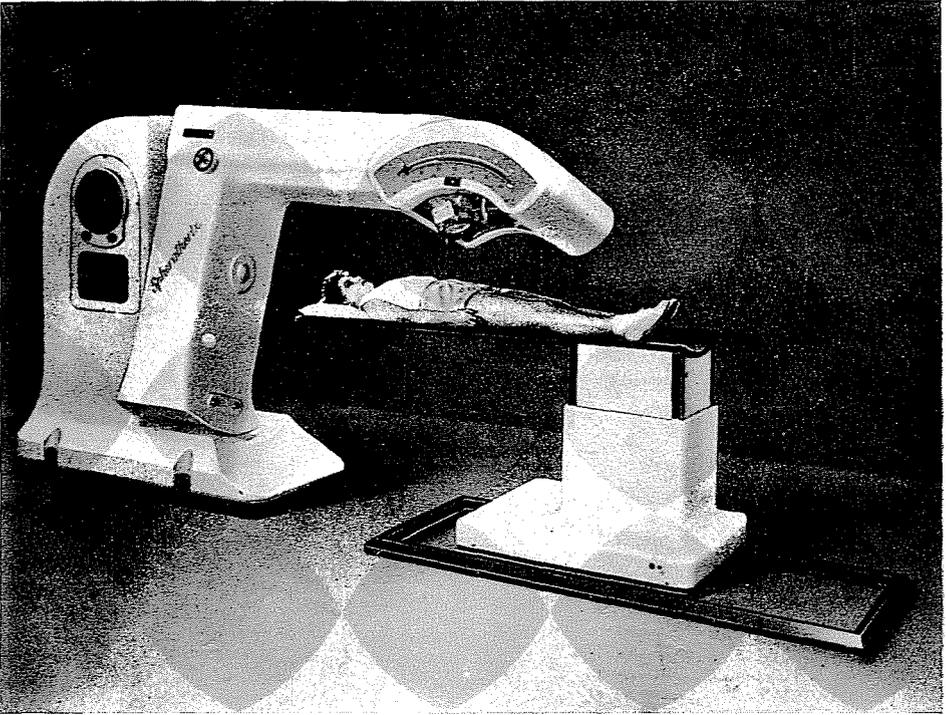


Рис. 5. Сферотерике, новый подвижный облучающий механизм

некоторым странам, а именно, что такие подвижные облучатели составляют очень небольшой процент неподвижных облучателей, если рассматривать количество всех аппаратов, имеющих в одном каком-либо

учреждении. А если более детально рассматривать этот вопрос, то выясняется, что этими аппаратами для подвижного облучения, имеющимися в небольшом количестве, отчасти производят неподвижное облучение в преобладающем большинстве рабочего времени. Можно сказать, что, несмотря на несколько учреждений, главным образом экспериментального характера, этот способ лечения еще очень мало распространен, его применение еще далеко не является всеобщей потребностью. Если рассматривать вышеперечисленные биологические преимущества этой установки, то важно выяснить причины трудностей и необходимо позаботиться об их ликвидации. Установление причин не встречает на своем пути никаких особых препятствий. Рентгено-терапевтическое облучение в настоящее время в большей части мира является одним из частых методов медицин-

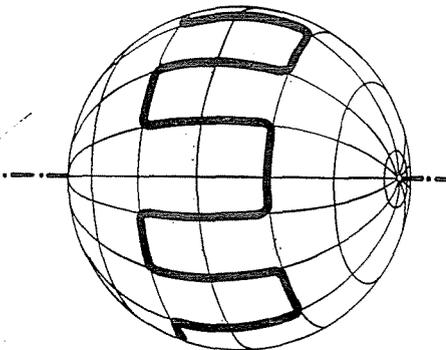


Рис. 6. Сферо-меандерная линия, записанная на широкую поверхность

ской практики, который регулярно применяется на очень большом количестве больных. Большое количество больных во многих случаях приводит к тесноте, переполнению в местах, где производится лечение. Установка должна производиться быстро и работающий аппарат должен осуществить лечение по возможности наибольшего количества больных. Во многих случаях, по всей вероятности, не располагают, достаточным количеством времени для того, чтобы надлежащим образом произвести точную установку, предусматриваемую подвижным облучением. Однако, плохая установка не допускается при подвижном облучении, она может принести очень большой вред. Кроме этого трудности связаны еще с тем, чтобы спокойно удержать больного после установки аппарата, потому, что движения больного во многих случаях могут привести к серьезным осложнениям. Дальнейшую трудность означает проблема дозировки при подвижном облучении, ведь дозировку во многих случаях трудно вычислить, особенно, если учитывать, что облучаемые опухоли редко имеют правильную геометрическую конфигурацию, не всегда легко сопоставить аморфный очаг с геометрически правильным облучением, во многих случаях это вообще невозможно осуществить. Однако, все эти недостатки можно преодолеть и плодотворное сотрудничество техников и врачей в этой области может облегчить положение, связанное с трудностями при применении подвижного облучения. Я уже имею возможность сообщать о некоторых достижениях, достигнутых в области уменьшения трудностей. Эти результаты достигнуты аппаратом Сферотерикс, продемонстрированным на нашей выставке, который рассчитан на подвижное облучение. На выставленном аппарате направление пучка значительно отличается от всех подобных конструкций тем, что пучок движется на шаровидной поверхности. Участок, подлежащий лечению, располагается в центре этого шара. Такая система с точки зрения вышеупомянутых трудностей выгодна по двум причинам. Во первых, потому, что установка

существенно упрощается, во вторых, расстояние между фокусом и опухолью является постоянным и таким образом существенно упрощается также и проблема дозировки. С помощью этого аппарата можно приблизиться к идеальной меандрической линии, при которой облученные тонкие полоски кожи регулярно чередуются с необлученными, оставшимися целыми участками кожи. При этом методе можно осуществить с помощью движущихся лучей такие биологические условия, которые имеются при «облучении с решеткой» с неподвижным фокусом и отличные результаты которого уже общеизвестны. Мы думаем, что все преимущества, которые мы смогли осуществить на нашем аппарате, способствуют тому, чтобы в некоторой мере облегчить трудности, возникающие при применении подвижного облучения и тому, чтобы преодолеть ту сдержанность, с которой встречаются применение этих аппаратов. Разумеется, в дальнейшем мы будем стараться искать новые пути и возможности, чтобы простыми способами контролировать установку и смещения больного во время облучения, чтобы специальные трудности, связанные с подвижным облучением, снизить практически до минимума.

После рассмотрения проблем, связанных с обычными рентгеновским облучением, я хочу остановиться на некоторых проблемах использования радиоактивных изотопов в целях глубокой терапии. Как известно, не более, чем десять лет тому назад вновь начали использовать для глубокой терапии те изотопы, которые встречаются в природе и которым искусственным путем можно сообщить радиоактивные свойства. Исследованиями, направленными на использование атомной энергии в мирных целях и построением атомных реакторов стало возможным получение таких изотопов, которые не обладают отрицательными с терапевтической точки зрения свойствами радия и которые могут быть использованы для лечения глубокой терапией.

Эти изотопы должны соответствовать следующим требованиям:

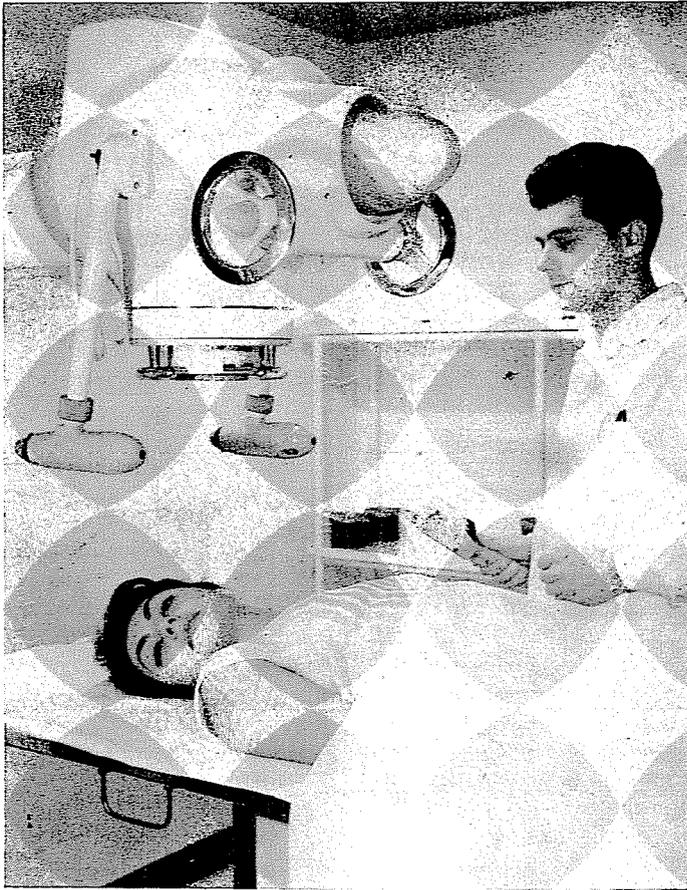


Рис. 7. Малоразмерная облучающая головка Гравицера со двоянным кобальтовым облучающим контейнером

1. Период полураспада должен быть относительно большим, по возможности больше года.

2. Большая удельная активность.

3. Энергия гамма-лучей должна быть по возможности больше чем 1 Мэв.

4. Большая постоянная дозы (мощность дозы) кюри.

5. Препараты должны быть закрытыми, их смена должна производиться легко и безопасно и цена не должна быть слишком высокой.

Среди изотопов тех веществ, которые встречаются в природе вышперечислен-

ным требованиям соответствуют изотопы  $Co^{60}$  и  $Cs^{137}$ . Из них нам более подходящим кажется изотоп  $Co^{60}$ , однако  $Cs^{137}$  также имеет свою хорошо определенную область применения. Энергия гамма-лучей кобальта равняется 1,25 Мэв. Жесткость лучей цезия составляет менее половины жесткости лучей кобальта, поэтому область его применения является существенно иной. Между этими двумя изотопами не имеется переходных стадий, таким образом, исходя из жесткости лучей, их можно использовать при лечении таких заболеваний, для которых требуется определенная жесткость

лучей. Изотопы кобальта обладают выгодными свойствами также и с других точек зрения. Постоянная величины дозы равняется 22 мр/мин на каждый кюри, на расстоянии 1 метр, а величина удельной активности равняется 40—50 г/кюри. Цена, учитывая данные последнего каталога, в среднем 4—5 доллар-кюри. Как видно из этого, изотоп  $Co^{60}$  обладает многими выгодными свойствами и по сравнению с радием является гораздо более дешевым.

Самая большая техническая трудность, которая возникает при проектировке гамма-аппаратов для глубокой терапии, связана с вопросами лучевой защиты. Надо иметь в виду, что в противоположность рентгеновским аппаратам терапевтические гамма-аппараты должны быть оснащены лучевой защитой, рассчитанной на постоянное облучение, так как источник излучения здесь нельзя «выключить». Данное обстоятельство приводит обычно к чрезвычайно большим размерам и очень тяжелым аппаратам. Вес такого аппарата, работающего с изотопами, исчисляется тоннами. Наверное в этом заключается причина того, что, несмотря на его выгоды, аппарат этот сравнительно медленно распространяется. Из-за больших размеров и веса, что в первую очередь связано с лучевой защитой, содержащей сравнительно дорогие вещества, цена этих аппаратов довольно высока, а это обстоятельство также не способствует их широкому распространению, то обстоятельство, что в конструкции этих облучающих аппаратов надо надежно отделить друг от друга рабочее и нерабочее положения препаратов с точки зрения облучения (следовательно, надо осуществить защитного устройства с каналом для выхода пучка лучей, защищающее от всяких аварий), также означает тяжелую техническую проблему. Вышеупомянутое требование практически осуществляется лишь с помощью крайне сложных систем. В результате всех этих технических проблем в настоящее время можно сказать, что аппараты для глубокой терапии, заряженные изотопом  $Co^{60}$ , имеются лишь в экспериментальных институтах, или в лучшем случае, в неко-

торых репрезентативных больницах. Это обстоятельство является крайне невыгодным, так как облучение радиоактивными изотопами обладает такими многочисленными практическими положительными сторонами, использование которых дало бы врачам массовые возможности для использования глубокого облучения и тем самым для лечения опухолевых заболеваний. Ученые и инженеры, занимающиеся производством и проектированием радиологической аппаратуры, в настоящее время заняты правильным разрешением этой проблемы. Цель их работы заключается в том, чтобы сконструировать легко доступные и сравнительно дешевые безопасные аппараты для изотопной терапии.

В Венгрии в настоящее время удалось осуществить такую конструкцию, которая, по моему мнению, не обладает ни одной из вышеперечисленных отрицательных сторон. Многолетний клинический опыт, приобретенный на опытном образце этого аппарата, подтверждает правильность проектирования и конструкции. Остроумный основной принцип аппарата делает его совершенно безопасным и для персонала и для больных и практически исключает возможность возникновения аварий. Так как журнал «Medicor News» в отдельной статье описывает эту кобальтовую пушку, я ограничусь лишь тем, что в нескольких словах резюмирую его сущность: новый прибор «Гравиц-рт» снабжен двумя защитными кожухами, один из них «рабочий кожух», находящийся на штативе для облучения, имеет меньший вес и его защита по международным рекомендациям является более слабой. Второй кожух предусмотрен для постоянного хранения в нем изотопа, он монтируется в стену помещения, его максимальная защита не означает никакой проблемы. Чрезвычайное значение имеет тот факт, что радиосактивный кобальт находится в рабочем кожухе только лишь во время облучения, а после истечения этого времени или при любой аварии (выпадение тока и т. д.), радиосактивный препарат сразу же возвращается в хранилище, постоянно действующей силой тяжести, а из

этого хранилища опасные лучи не проникают в окружающую среду.

Разумеется, потребность в лечении подвижными лучами появилась не только в области рентгеновского, но и в области изотопного облучения. Все трудности, на которые я указал при разборе подвижных рентгеновских лучей, в большей мере появляются при методе изотопной терапии. Этому нельзя удивляться, так как передвижению больших весов, предусматриваемых лучевой безопасностью, перемещение и торможение головки гамма-установки, имея в виду сравнительно короткий срок облучения, привели к монументальным размерам аппаратов и означают большие технические задачи. Аппараты для неподвижного облучения являются очень дорогими, а аппараты для подвижного облучения стоят еще дороже. Что касается линии движения, вопрос в этом случае немного проще, чем при рентгеновом облучении, так как более короткий срок облучения, который является результатом большой активности, делает возможным применение вместо сложных движений более простого маятниковобразного движения. В изданиях Международного агентства по атомной энергии регулярно сообщаются и описываются терапевтические гамма-аппараты, которые производятся в мире. При рассмотрении этих изданий выясняется, что 70% всех аппаратов составляют аппараты для подвижного облучения. Что касается активности аппаратов можно установить, что большинство аппаратов подвижного облучения имеет активность 2 000—3 000 кюри, а активность аппаратов неподвижного облучения составляет 1 000—1 500 кюри. Вышеупомянутый венгерский патентированный аппарат для неподвижного облучения с точки зрения лучевой защиты работает максимальной активностью в 2 000 кюри, а в аппаратах подвижного облучения, как об этом уже говорилось, желательно применение изотопа с активностью в 3 000 кюри. При такой активности вес аппарата будет очень большим, так например, один из известных аппаратов с ротационным движением, работающий

с кобальтовым изотопом, обладает весом 25 тонн.

Основной принцип упомянутого венгерского патента, применяемого для неподвижного облучения, надо было развить дальше и применить его и в целях подвижного облучения. Такая задача казалась вполне целесообразной, однако ее осуществление сопровождается очень большими трудностями. В настоящее время мы обладаем такой опытной конструкцией, которая удачно совмещает все преимущества системы двойного кожуха с требованиями подвижного облучения. Мы надеемся, что этим технически усовершенствованным, соответствующим всем медицинским требованиям и дешевым аппаратом удастся дать важное орудие врачам, работающим в области терапии.

Этим мы заканчиваем ознакомление с некоторыми проблемами изотопного облучения. В дальнейшем мы коснемся другой области, области аппаратов, работающих лучами больших энергий. Интересно заметить, что применение таких аппаратов не является новым. Можно утверждать, что их использование в области современной медицинской терапии началось ранее, чем применение изотопов кобальта и цезия. Ведь уже в 30-ых годах изготавливались генераторы Ван-де-Граафа, линейные ускорители и бетатрон в медицинских целях. Разумеется, такие древние типы аппаратов, работающие с крайне большим напряжением, не могут сравниться с настоящими современными аппаратами ни по весу, ни по мощности, однако, сам факт их существования является доказательством того что идея об использовании таких аппаратов в медицинских целях не является новой. Аппараты прежних конструкций своими громадными размерами скорее отпугивали, чем привлекали врачей, однако, они безусловно заронили зерна идеи, практическое осуществление и более широкое медицинское применение которой стало научно-технической задачей наших дней. Вопрос о широком использовании атомной энергии в мирных целях ныне уже можно считать созревшим и таким вопросом, который нахо-

дится в стадии практического осуществления. Различные области использования, в которых с пользой могут применяться ускорители, означают почти неоценимую помощь для промышленности, исследовательской работы и не в последнюю очередь для медицины. Эти аппараты в настоящее время обладают все большей энергией, а размеры их постепенно уменьшаются. Разумеется, все это надо расценивать относительно. В практической медицине такие приборы в терапевтических целях применяются лишь как эксперименты. Однако, несомненно то, что также как вчера рентгеновские аппараты, сегодня радиоактивные изотопы, а завтра бетатроны, линейные ускорители и аналогичные им аппараты станут ежедневными явлениями в медицине. Во многих европейских странах включая сюда и социалистические страны, эти аппараты уже

находятся в стадии осуществления. Нам известно, что в Советском Союзе уже ведется экспериментальная медицинская работа с бетатронами, с энергией излучения 25 Мэв, во многих местах применяются уже каскадные генераторы и генераторы Ван-де-Граафа. Применение микроволновой техники ускоряет возможности широкого введения линейных ускорителей.

Подводя итоги, можно установить, что развитие техники атомных исследований и их союзника, — производства радиологических аппаратов — дают возможность создания все более эффективных орудий для врачей, которые изо дня в день борются все с большим и большим успехом с различными смертельными заболеваниями, за продление человеческой жизни, за то, чтобы с каждым днем на земле становилось все меньше больных.

# Терапевтический гамма-аппарат «Гравицерт»

Л. БОЗОКИ

## Общие положения

В течение долгих десятилетий единственным средством лучевой терапии глубоко расположенных опухолей был рентгеновский аппарат для глубокой терапии. Однако, абсорбция тканей окружающих опухоль и расстояние между фокусом и кожей, которое как правило, редко превышает 50 см часто препятствовали проникновению до соответствующей глубины доз излучения необходимой для омертвления опухоли. Нет сомнений, что многополюсное облучение, а также и внедрение рентгеновских аппаратов для глубокой терапии значительно улучшили положение, однако, полностью эту проблему не разрешили.

Открытием искусственных радиоактивных изотопов со времени возможности получения источников излучения порядка килоюри открыты новые пути глубокой лучевой терапии. Из числа нескольких сот искусственных радиоактивных изотопов хотя в небольшом количестве, но удалось найти 1—2 такие, которые благодаря радиационным параметрам, в первую очередь жесткости испускаемых гамма-лучей и периода полураспада пригодны для глубокой лучевой терапии.

В сущности речь идет о современной модификации уже давно известных но из-за весьма большой дороговизны применяемых лишь в немногих местах телегамма-установок, источником излучения в которых служит радий. Источником ионизирующего излучения гамма-аппаратов известных под наименованием телегамма установки в

большинстве случаев служит радиоактивный изотоп  $\text{Co}^{60}$  а меньшей частью радиоактивный изотоп  $\text{Cs}^{137}$ .

Широкое распространение радиоактивного изотопа  $\text{Co}^{60}$  объясняется в первую очередь тем, что его излучение с энергией 1,17 и 1,33 Мэв более жесткое чем гамма-излучение с энергией 0,66 Мэв радиоактивного изотопа  $\text{Cs}^{137}$  и тем обстоятельством, что он получается проще и дешевле чем  $\text{Cs}^{137}$ . Единственным недостатком радиоактивного изотопа  $\text{Co}^{60}$  в сравнении с изотопом  $\text{Cs}^{137}$  является более короткий период полураспада в сравнении с радиоактивным изотопом  $\text{Cs}^{137}$  т. е. 5,3 года (период полураспада радиоактивного изотопа  $\text{Cs}^{137}$  составляет ок. 30 лет) и ввиду этого препарат должен заменяться через каждые 3—4 года.

Преимущества гамма-аппаратов работающих на кобальте в сравнении с прежними аппаратами с радиевым источником излучения, а также в сопоставлении с обычными рентгеновскими аппаратами, вкратце можно свести к следующим: мощность дозы радиоактивного кобальта на 2—3 порядка выше, что с одной стороны позволяет облучение, как правило, при расстоянии 50—80 см между источником излучения и кожей, что является более благоприятным с точки зрения глубинных доз в сравнении с фокусным расстоянием 15—25 см аппаратов работающих с радиевым источником, а с другой стороны позволяет сокращение времени облучения.

2. Размеры применяемого радиоактивного кобальта несмотря на много раз боль-

шую активность, представляют собой лишь долю от размеров радиевого источника и таким образом возникающая на краях полей облучения полутень более узкая чем при гамма-аппаратах с радиевым источником.

3. Проникающая способность гамма-лучей радиоактивного кобальта  $Co^{60}$  отвечает средней проникающей способности рентгеновских излучений при максимальном напряжении 3000 кв и в результате этого кривые глубины дозы более благоприятные, чем кривые обычных рентгеновских лучей 200 кв.

4. В сравнении с рентгеновскими лучами с точки зрения поглощенной дозы отличается меньшая разность между костями и мягкими тканями, что с одной стороны позволяет равномерное облучение т. е. (проникновение лучей) мягких тканей расположенных за костями, а с другой стороны позволяет избежать весьма большего поглощения дозы костями.

5. Боковое рассеяние в сопоставлении с рентгеновыми лучами незначительное, и тем самым намного меньше нежелательная лучевая нагрузка тканей, расположенных вне поля облучения.

На основании преимущественных радиационных параметров, приведенных в трех последних пунктах а также и на основании клинического опыта, приобретенного в связи с облучением, международная экспертная рабочая комиссия созданная Международным Агентством Атомной Энергии в своих рекомендациях разработанных в 1959 г. (*Strahlentherapie 111 40 1960, Acta Rad. 53 171*) 1960. считает желательным выдвинуть на передний план применение кобальтовых пушек и прочих терапевтических аппаратов, работающих на сверхвысоком напряжении в области глубокой лучевой терапии.

Рассмотрим, какими особенностями должна обладать современная кобальтовая пушка:

1. Ввиду того, что излучение радиоактивных веществ в противоположность рентгеновским аппаратам не может быть прекращена и тем самым излучение происхо-

дит с одинаковой интенсивностью и при выключенном аппарате у кобальтовой пушки в первую очередь следует обеспечить соответствующую защиту от излучений.

При выключенном аппарате, в первую очередь, следует защищать врача и ассистента, персонала выполняющий уход и ремонт аппарата, и уборщиц с одной стороны от излучения «выключенного» аппарата а с другой стороны при «включенном» аппарате следует защищать те части тела больного, которые выходят за пределы облучаемой части тела.

2. Включение, выключение, а также и перемещение аппарата должно обязательно осуществляться надежным механизмом, управление которым следует обеспечить из отдельного зала управления.

3. Аппарат должен обеспечить возможность быстрой точной и надежной регулировки поля облучения требуемых размеров и конфигурации, а также и расстояния между источником излучения и облучаемым очагом.

4. Следует обеспечить возможность легкой и надежной регулировки направления облучения а при подвижном облучении регулировки концевых точек перемещения.

5. При любой эксплуатационной помете аппарат должен автоматически отключаться, то есть источник излучения должен перемещаться в положение соответствующее выключенному состоянию.

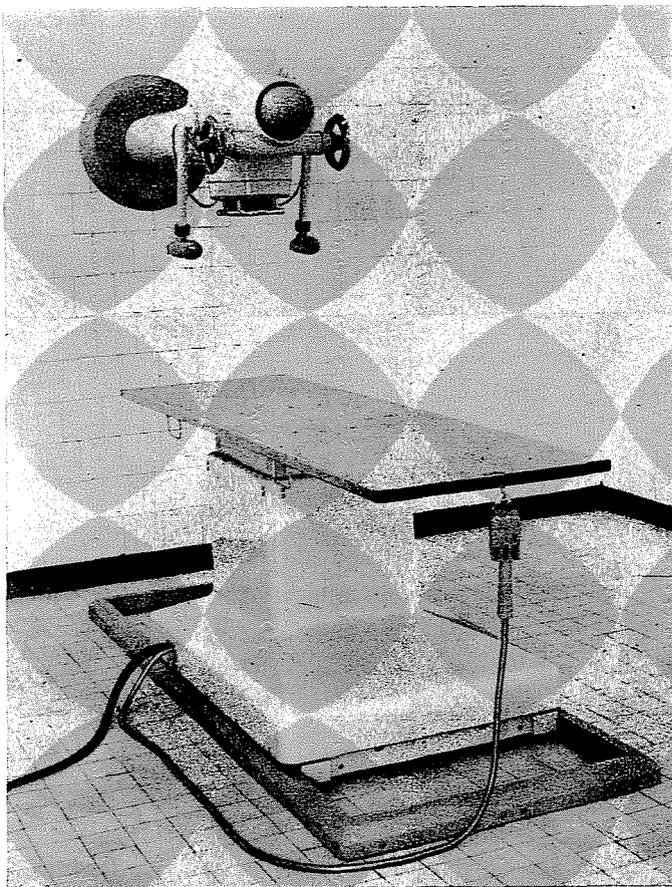
### **Защита от излучения кобальтовых пушек**

Основная характеристика кобальтовых пушек, т. е. относительно большой вес в сравнении с рентгенотерапевтическими установками обуславливается защитой, служащей для соответствующей экранировки гамма-излучений с большой проникающей способностью. У большинства кобальтовых пушек источник излучения находится постоянно в облучательной головке аппарата, а «выключение» излучения состоит в том, что источник излучения с прямолинейным или круговым перемещением от внутреннего конца конусообразного отверстия, служащего для облучения, перемещается в

другое экранированное во всех направлениях положение облучательной головки. В данном положении производится правильная установка больных, причем врач с одной стороны подвергается полному облучению гамма-лучами проходящими через броневую кожу на среднее расстояние ок. 1 м от источника излучения, а с другой стороны руки врача при размещении больного подвергаются облучению с интенсивностью дозы создающейся на поверхности облучательной головки. Ввиду этого международные предписания с одной сто-

роны регулируют мощность дозы на поверхности аппарата, а с другой стороны дозы на расстоянии 1 м. На поверхности аппарата предельно допустимая доза принята в 10 мр/час, а на расстояние 1 м предельно допустимая доза принята в 2 мр/час.

Однако достижение предельно допустимых уровней представляет собой весьма большую задачу, а ряд аппаратов этим требованиям не удовлетворяет. Так например, мощность дозы на расстояние 1 м от источника с энергией излучения 2000 кюри без поглотителя:  $2000 \cdot 1,35$  р/час — 2 700 000



*Рис. 1.* Ручка манипулятора Гравицера, выступающая из кобальтовой облучающей стенки, с малоразмерной облучающей головкой, используемой только в качестве «рабочего контейнера». Небольшие оптические прожекторы на держателях с обеих сторон головки предназначены для облегчения установки. Стол можно перемещать с помощью электродвигателя в трех направлениях

мр/час, что в 1 350 000 раз больше чем предельно допустимая доза 2 мр/час.

Мы поставили себе задачей разработать конструкцию такой кобальтовой пушки, которая для обслуживающего и ремонтного персонала обеспечивает максимальную защиту от излучения. Точнее сказано, мы стремились достичь того, чтобы мощность дозы уже на поверхности облучательной головки находилась ниже 0,1 мр/час и чтобы врач при размещении больного даже при обслуживании большого количества больных подвергался только части естественного фона в среднем 0,36 мр/день.

Снижение интенсивности приблизительно на 8 порядков величины в облучательной головке обозначает весьма трудную и связанную с большими затратами задачу. Ввиду этого защищенное от излучений хранилище источника излучения, соответствующее выключенному положению кобальтовых пушек несущих наименование Гравицерт из облучательной головки перемещено в стену, куда источник излучения после каждого облучения автоматически возвращается. Здесь при помощи свинца, бетона и дистанционной защиты просто и дешево удалось снижение интенсивности на 8 порядков величины уже относительно поверхности стены. В результате этого у регулирующих органов облучательной головки может измеряться лишь интенсивность фона.

Ввиду вышесказанного при расчете облучательной головки следует обращать внимание лишь на защиту от излучения больного, что является легко разрешимой задачей. В результате рассеяния полезного пучка лучей направленных к больному неизбежно облучение всего тела больного и ввиду этого стремиться к максимальной защите от излучения у оболочки облучательной головки является полностью бесполезным. Как правило, предписаниями требуется снижение интенсивности в 1000 раз, но даже и многократное превышающее эту величину снижение интенсивности может быть легко достигнуто.

Облучательная головка с защитным хранилищем в стене соединена стальной

трубой по которой оболочка включающая в себя источник излучения перемещается из стены (хранилища) в облучательную головку и обратно. Эта стальная труба включающая в себя облучательную головку для защиты от излучения больного эксцентрично также покрыта свинцовой броней. Облучательная головка вокруг горизонтальной трубы легко может быть повернута самозаторможивающимся ручным механизмом. Отклонение от вертикального направления может точно отсчитываться по шкале, прикрепленной к головке а требуемый наклон может быть заранее отрегулирован.

К одной из особенных характеристик кобальтовой пушки Гравицерт относится полная и совершенная защита от излучений обслуживающего персонала. Бетонные стены соответствующей толщины, телевизионное или перископическое устройство для наблюдения больного, применение шлюзового входа с автоматической блокировкой помещения для облучения, а также и опыт приобретенный многолетней эксплуатацией прототипа кобальтовой пушки системы Гравицерт в Будапештском онкологическом институте обеспечивают индивидуальную защиту от излучений персонала на уровне естественного фона.

#### Включение и выключение кобальтовой пушки Гравицерт

Другой особенностью аппаратов системы Гравицерт является то, что перемещение радиоактивного источника из хранилища в облучательную головку и обратно в хранилище осуществляется *силой тяжести*, т. е. силой, которая подобно радиоактивному излучению ни в коем случае не может быть выключена и которая всегда присутствует.

Таким образом аппарат даже при отсутствии электрического тока работает с 100 %-ной надежностью.

Принцип работы аппарата заключается в нижеследующем: Оболочка включающая в себя источник ионизирующего излучения при помощи присоединенного к нему стерж-

ня перемещается вперед и назад канатом. К одному концу каната прикреплен небольшой груз, а к второму концу отцепляемый груз с несколько большим весом. При подъеме последнего при помощи встроенного электромоторчика или ручного рычага заводится и аппарат и при нажатии кнопки автоматически осуществляет перемещение источника излучения в облучательную головку и обратное ее перемещение в хранилище.

*Кнопка включения* освобождает зацепление поднятого большого груза, тем самым он начнет перемещаться в направлении вниз и при помощи каната перемещает оболочку в головку. Одновременно с этим поднимается прикрепленный к второму концу каната небольшой груз. *Кнопка выключения* прекращает связь между большим грузом и концом каната, тем самым небольшой груз начинает перемещаться в направлении вниз и при помощи каната

оболочка перемещается обратно в находящееся в стене хранилище.

Таким образом при поднятии аппарата сила тяжести обязательно и надежно выполнит включение и выключение при помощи наиболее простого механизма.

Электрическое а также и ручное управление аппаратом осуществляется из зала управления смежного с помещением облучения, но отделенного от него боковой перегородкой, соответствующей толщины, обеспечивающей полную защиту от излучения. Аппарат снабжен автоматом времени, устройством для блокировки дверей и светосигнальным устройством.

При выпадении электрической сети или выходе из строя электроборудования механическое сигнальное устройство, показывающее положение оболочки, расположенное вне помещения облучения работает в каждом случае и тем самым по этому сигнальному прибору в любое время может



*Рис. 2.* Коробка управления Гравницера с таймером и громкоговорителем, соединяющий обслуживающий персонал с пациентом. Справа сверху выступающий из стенки механизм — перископ для наблюдения, с помощью которого можно наблюдать за больным, избегая опасность облучения

отсчитываться место нахождения источника излучения, а кроме этого в помещении для облучения имеется автоматическое звуковое сигнальное устройство, которое начинает работать уже в момент начала перемещения источника излучения из хранилища. Оба сигнальных устройства находятся в непосредственной и исключительной принудительной связи с перемещением оболочки, включающей в себя источник излучения, а выход из строя исключен.

Таким образом аппарат системы Гравицерт, как это указывает и его наименование, представляет собой аппарат, работающий на силе тяжести с надежным электрическим и механическим управлением и обеспечивает полную защиту от излучений.

#### **Принадлежности, служащие для размещения больных**

Важнейшей принадлежностью гамма-аппарата является стол, служащий для размещения больных, который с одной стороны поднимает больного до требуемой высоты, позволяет продольное и боковое перемещение, а также и поворачивание вокруг вертикальной оси. Подъем и опускание стола а также и его горизонтальное перемещение может осуществляться либо механически, либо просто от руки. Таким образом, при помощи поворачиваемой под любым углом направо и налево облучательной головки и при помощи описанного procedureного стола может быть быстро и легко отрегулировано облучение в любом направлении любой части тела больного.

Установка поля облучения производится установкой в облучательную головку тубуса с соответствующим отверстием. Установленный в облучательную головку тубус может легко поворачиваться вокруг оси облучения. Свинцовая защита тубуса в области вокруг поля пропускает лишь 2% полезного излучения. Относительно большое их расстояние от источника излучения обеспечивает получение по возможности наиболее узкой полутени. Для облегчения регулировки служит отображение поля облучения на больном.

Регулировка расстояния между источником излучения и кожей при аппарате Гравицерт обеспечивается двумя способами: оптической и механической регулировкой. Для оптической регулировки на каждой из двух сторон *облучательной головки* прикреплен один источник света. Выходящие из них два световых луча вдоль главной оси пучка гамма-лучей пересекают друг друга на заранее определенном расстоянии от источника излучения. Таким образом на больном появляются два зайчика (световые точки), которые именно на требуемом расстоянии точно совпадают. Простое механическое устройство для регулировки расстояния позволяет определение средней точки для поля и расстояния от источника излучения даже при отсутствии электрического тока.

Кроме вышеприведенных особенностей аппарата Гравицерт вкратце следует упомянуть и то его преимущество, что кроме терапевтического облучения он может применяться и для ряда других облучений, а также исследований. Удалением запорного колпака облучательной головки источник излучения может быть выдвинут перед облучательной головкой и таким образом может быть просто выполнено панорамное облучение с большой мощностью дозы образцов заранее на соответствующем месте. При помощи радиоактивного препарата с энергией излучения 1000—2000 кюри в течение нескольких дней может быть отдана например доза в  $10^7$ — $10^8$  р. Условием этого является соответствующий расчет бетонных стен помещения облучений или осуществление соответствующей свинцовой защиты вокруг выдвинутого источника ионизирующего излучения.

Наконец замечаем, что оболочка аппарата Гравицерт рассчитана таким образом, что в нее могут заряжаться выпускаемые в настоящее время кобальтовые препараты с меньшим и большим диаметром. Зарядка аппарата Гравицерт осуществляется простым перемещением оболочки из транспортного контейнера в облучательную головку. Для смены источников к каждому аппарату прилагается и резервная оболочка.

# Значение радиопротективных веществ в свете современных радиологических исследований\*

З. ЖЕБЁК

Исследования, проведенные за последние десятилетия в области химической защиты от облучения, быстро выяснили, что трудно найти подходящее вещество для профилактики появления такого комплексного заболевания, которым является острая лучевая болезнь. Она возникает у человека в том случае, если на его тело падает излучение в количестве 100 или больше «р». Заранее следует установить, что нам до настоящего времени неизвестно такое вещество, которое *полностью* защищало бы от лучевого синдрома, имеющего крайне сложное происхождение, хотя в этой области уже имеются определенные достижения.

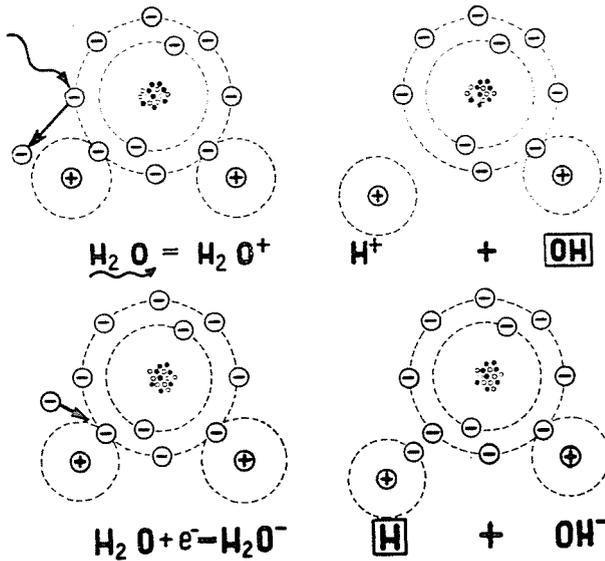
Синдром острой лучевой болезни является многосторонним процессом, состоящим частично из первичных, а частично из вторичных изменений. Хотя патологические и патофизиологические признаки этого синдрома в значительной мере известны, механизм действия процесса все же еще далеко нельзя считать выясненным. На основании наших знаний несомненно, что при остром лучевом синдроме гармоническая функция организма, биохимическая регуляция, претерпевает изменения, напоминающие шок и, таким образом, в физиологических процессах происходят глубокие изменения.

Для объяснения биологических реакций при воздействии лучей, служила «тео-

рия попадания» *Дессаура* (*Dessauer*) (Tref-fertheorie) и теория «температурной точки». Однако, ни та, ни другая теория не дает ответа на многочисленные вопросы. В развитии реакций вслед за воздействием лучей — как это выяснилось при новейших исследованиях — имеет очень большое значение то, что из молекулы воды, потерпевшей лучевое воздействие, образуются восстанавливающие и окисляющие радикалы Н и ОН и перекись водорода, количество которых можно считать пропорциональным количеству примененных лучей (рис. 1).

Мы не поражаемся химической реакцией, связанной с облучением воды, так как уже супруги *Кюри* (*Curie*), *Рамсе* и *Содди* (*Ramsay, Soddy*) в 1904 году установили, что электролиз воды можно осуществить альфачастицами и гамма-лучами. *Пиффо* (*Piffault*) в 1939 году сообщил, что вода, облученная рентгеновыми лучами — вероятно из-за повышения концентраций О — оказывает токсическое действие на парameции. *Нюрнбергер* (*Nürnbergger*) получил в воде после облучения  $H_2O_2$ . Окислительные вещества, полученные таким путем, воздействуют в первую очередь на определенные ферменты, ферментные функции и этим начинается как бы цепная реакция, которая значительно способствует развитию острой лучевой болезни. Кроме этого проницаемость эндотелия капилляров также повышается и встречаются значитель-

\* С использованием реферата на симпозиуме по радиологической защите в ноябре 1959 года.



Фиг. 1. Ионизация молекулы воды и ее распад на свободные радикалы под воздействием облучения. На левом верхнем снимке видно вытеснение электрона, а на правом — образование свободного радикала  $OH^-$ . В нижнем левом снимке видно прием электрона, а на правом — образование радикала  $H$  (по X. Фриц-Нигли)

ные отклонения в деятельности центральной нервной системы. Внутриклеточный  $H_2O_2$  может привести к глубоким изменениям в многочисленных органических и неорганических соединениях, а следовательно, и в физиологическом равновесии.

Из экспериментов, касающихся органических растворов, следует отметить эксперименты *Лефорта* (Lefort). Он нашел, что в присутствии кислорода перекиси могут образоваться не только из молекул воды, но и из всех органических соединений и насыщенных углеродов могут отщепляться амины и аминокислоты с отдачей аммиака и  $CO_2$ . Подобным образом ароматные соединения могут окисляться до хинонов, алкоголь превращается в альдегид и кислоты.

Интересные эксперименты были проведены *Александром* и *Чарльби* (Alexander, Charlesby). Заслуживают внимания опыты *Бака* (Bacq). Все они наблюдали, что под действием ионизирующего облучения полистирол и другие искусственные

полимеры твердого состояния претерпевают деполимеризацию, образуются макромолекулы и эти деполимеризованные соединения перестают растворяться в тех растворителях, в которых они раньше растворялись. Лучевая деполимеризация проявляется в разрушении главной цепи и боковых цепочек. Подобное явление наблюдается тогда, когда в водном растворе аминокислот происходит дезаминирование. *Дэл* (Dale) и его сотрудники нашли, что в растворе глицина после облучения образуется аммиак, а *Раевский* и *Доз* (Rajewsky, Dose) воздействовали лучами на аминокислоты и пептиды и пришли к такому же заключению.

*Барон* (Baron), *Розенфельд* (Rosenfeld), *Бак* и *Александр*, *Телор* (Taylor) и многие другие сообщили о том, что вязкость нуклеиновых кислот уменьшается под воздействием лучей.

Интересно, что *Барон* уже в 1946 году *in vivo* доказал инактивирование внутриклеточных сульфгидрильных энзимов лу-

чами путем окисления и описал способ реактивирования, в то же время про другие энзимы выяснилось, что напр. в печени животных, получивших облучение в 1000 «р», значительно возрастает активность энзима триптофан пероксидазы-оксидазы, точно также как в том случае, когда животное получает триптофан в избыточном количестве. *Томпсон* и *Микута* (Thompson, Mikuta) объясняют это явление усилением функции надпочечников, так как у животных после удаления надпочечников такое явление не наблюдается. После облучения повышается активность катепсина, расщепляющего желатину, по всей вероятности из-за того, что вещество, блокирующее катепсин, претерпевает под влиянием лучей деструкцию. *Хаген* (Hagen) сообщил о том, что активность энзимов аденозинтрифосфатазы, 5-нуклеозид фосфоорилазы, фосфопротейн фосфатазы и карбопептидазы увеличивается приблизительно в два-три раза, причина этого явления заключается не только в деструкции ингибиторов ферментов, здесь наверное происходит и распад определенных клеточных структур.

Большое значение имеют также важнейшие симптомы, сопровождающие острую лучевую болезнь, выясненные за последние годы. Из них подчеркнем действие летальной дозы лучей, при которой наблюдается сравнительно большое увеличение анаболических и катаболических процессов костного мозга и селезенки и блокирование синтеза дезоксирибонуклеиновой кислоты, причем все это происходит таким образом, что одновременно не наблюдается никаких значительных изменений в белковом, углеводном и жировом обмене. Из советских исследователей, занимающихся вопросом деполимеризаций нуклеопротеидов и нуклеиновых кислот, я укажу на работы *Кушина*, который установил, что *in vitro* чувствительность дезоксирибонуклеиновой кислоты к лучам сильно возрастает в присутствии следов иона железа, как катализатора, а *in vivo* для деполимеризации необходимо лишь приблизительно  $1,0 \cdot 10^8$  «р».

Значительные изменения были вскрыты и в электролитном обмене. Вместе со мно-

гими исследователями нами было установлено, что после воздействия на все тело больших доз наблюдается «смерть под лучом» («intestinal radiation death») при ней выделение калия мочой через день после облучения возрастает приблизительно на 27%, а на третий день количество калия в желудочно-кишечном тракте возросло на 138%.

Из данных, относящихся к изменениям функций печени, являющейся самым важным органом детоксикаций, можно упомянуть интересные исследования *Раст*, *Вишек* и *Рот* (Rust, Visek, Roth). Они облучали крыс дозой 1000 «р» и давали им внутривентрикулярно карбамид, меченный изотопом С—14. Они определяли карбамид, выделенный мочой, содержание гликогена печени и  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе. Они нашли, что гликоген, синтезированный из карбамида, стал меньше в соответствии с повреждением печени после 1000 «р».

Отметим еще, что *Пиллемер* (Pillemer) и его сотрудники несколько лет тому назад открыли англобулин: пропердин, который имеет очень большое значение в защите от инфекционных воздействий. По исследованиям *Линдера* (Linder) и по моим собственным данным в опытах на крысах после облучения всего тела дозой 500—600 «р», количество пропердина уменьшается на  $1/2$ — $1/3$ , а увеличение его титра начинается только приблизительно через 14 дней. Значение этого явления заключается в том, что у животных, подверженных облучению летальной дозой, главной причиной гибели являются последствия повреждения кишечника. После облучения всего тела летальной дозой в первые 7 дней наблюдается бактеремия, обнаруженная в лимфатических узлах и в крови; такая бактеремия является последствием инвазии бактерий из каудального участка кишечника, претерпевшего лучевое поражение. Эти симптомы частично могут быть объяснены снижением титра пропердина.

Чтобы защитить организм от развития такого комплексного синдрома, исследования ведутся в широком масштабе. Цель этих исследований заключается в поисках

таких радиопротективных веществ, которые способны предотвратить возникновение симптомов, возникающих после облучения всего тела летальной дозой. В начале исследований использовали, в первую очередь, вещества с известным фармакодинамическим действием. Эффективными оказались, главным образом те вещества, которыми можно снизить внутриклеточное парциальное давление кислорода. Этим объясняется действие адреналина, окситоцина и пипрессина.

В рамках одной статьи невозможно перечислить даже часть всех веществ, которые были использованы при этих исследованиях, поэтому я ограничусь лишь перечислением веществ, проявляющих хорошее защитное действие.

Продолжением старых исследований служило то направление экспериментов, при котором старались восстановить разрушенное равновесие гемопoэтической системы и уничтожить последствия этого разрушения. Это достигалось тем, что извне вводили в организм эритроциты, лимфоциты, тромбоциты, затем видовоспецифичный экстракт костного мозга и гомогенизат селезенки и таким путем пытались помочь гемопoэтическому аппарату в состоянии кризиса. Эти работы привели к новым ценным результатам.

В области применения составных частей крови в терапевтических целях, самые значительные результаты связаны с именами советских исследователей. Они исходили из наблюдения Фабрицуса, который в 1922 году установил, что геморрагическая фаза лучевой болезни и тромбопения хорошо излечиваются переливанием тромбоцитарной массы.

Лучшие результаты сообщили Багдасаров, Виноград, Финкель, Раушенбах, Боговяльская, Родина, Белиев, Лагутина, которые наблюдали, что при лечении различных рецидивирующих опухолей (карцинома молочной железы, матки, лимфосаркома, лимфогрануломатоз и т. д.) облучением после наступления изменений в картине крови при переливании лимфоцитарной и тромбоцитарной массы, изолирован-

ной из свежей крови, можно было достигнуть хороший терапевтический эффект. Жизнеспособность лимфоцитов повышалась ионообменными веществами. Положительные клинические результаты были дополнены экспериментами на животных. Облучая собак дозой DL—95, они нашли, что при лечении собак переливанием лимфоцитов и тромбоцитов, животные не погибали, а в то же время собаки контрольной группы за 8—14 дней все погибли в явлениях острого лучевого синдрома.

Эти исследователи нашли, что качественные и количественные изменения тромбоцитов играют очень большую роль в развитии острого лучевого синдрома и главным образом в развитии геморрагического диатеза, вызванного облучением. Оказывается, что вследствие тромбопении снижается тромбопластическая активность крови, хотя активность тромбокиназы отдельных тромбоцитов не меняется. Они показали, что после облучения в крови некоторых животных обнаруживаются гепарино-подобные вещества. Если через 3—4 дня после облучения таким животным 3—5 раз переливали свежие тромбоциты, наблюдалась повышенная тромбопластическая активность крови, и тромбоциты, меченные изотопом Cr—51, обнаруживались в крови даже через 7 дней после переливания.

Как видно, результаты этих исследований заслуживают очень большого внимания. Здесь же нужно указать на то, что на основании прежних исследований Яковсона (Jacobson), Шошка, Дразил и Карпфел (Soska, Drasil, Karpfel) придерживаются такого мнения, что костный мозг проявляет свое терапевтическое действие гуморальным путем. Такой взгляд противоречит экспериментальным данным Барнеса (Barnes) и его сотрудников, по которым при переливании изологического костного мозга и суспензии селезенки образуются химеры, и регенерация гемато- и лимфопoэтической системы исходит из перенесенных живых клеток и в случае гомологичных и в случае гетерологичных химер. Барнес и его сотрудники нашли, что клеточные элементы

крови одинаково размножались у организма-приемника, а главным образом, у спендера, однако, встречались и такие случаи, где клетки принимающего организма спонтанно, путем реверсии угнетали клетки типа спендера.

Второе главное направление испытаний, — как об этом уже говорилось — стремилось к получению такого соединения, которое способно препятствовать разрушающему действию ионизирующего излучения на важнейших точках его действия.

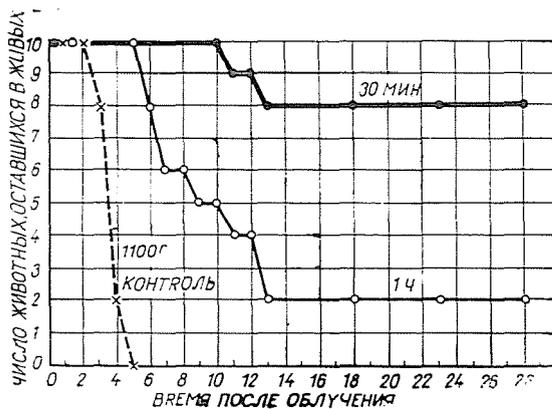
Раньше всего были закончены эксперименты, направленные на снижение парциального давления кислорода, и на клеточную гипоксию, вызванную путем блокирования дыхательных ферментов. Выяснилось, что цианиды, отщепленные из нитрина малоновой кислоты (Na, K), на которые рассчитывали в первую очередь, из-за высокой токсичности на практике не могут быть использованы.

Лучшие результаты были получены при изыскании и использовании таких соединений, которые характеризуются тем, что содержат так называемую сульфгидрильную группу и как восстановители способны служить защищающими веществами внутриклеточно, вступая в реакцию с окислительными радикалами и соединениями.

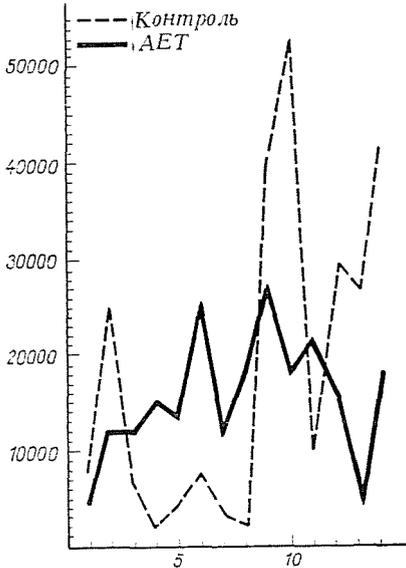
Производные цистеина оказались наиболее эффективными. Цистеин является аминокислотой, содержащей группу SH и по мнению *Патта* (Patt) и его сотрудников и *Баррона* является ценным радиопротективным веществом. Так же ведет себя физиологически трипептид — глутатион, однако, он проявляет свое действие только при инъекциях, а не через рот. *Пассалаква* и *Кох* (Passalacqua, Koch) применением автордиографии с S—35 показали, что цистеин расположен главным образом в клеточных ядрах печени и селезенки и в митохондриях вокруг ядра.

Исходя из этого в 1951 году *Бак* и его сотрудники, а также и другие исследователи, предложили использовать в радиопротективных целях цистеамин и его производные, которые в пять раз эффективнее цистеина.

Среди веществ, имеющих радикалы SH, как об этом уже говорилось, особое положение занимает  $\beta$ -меркаптоэтиламинцистеамин, обладающий ценными свойствами и малой токсичностью, он проявляет свое действие у мышей в дозе 150 мг/кг и кроме того является дешевым. Заслуживает внимания тот факт, что цистеамин, являющийся составной частью коэнзима А и содержащий радикал SH, может быть выделен из пантотена одним из ферментов печени



Фиг. 2. Влияние содержащего радикал SH радиопротективного вещества проявляется только в том случае, когда летальная доза лучей еще перед приставлением находится в организме. Из снимка хорошо видно, что по истечении одного часа после облучения применение цистеамин является по существу неэффективным



Фиг. 3. Изменение числа белых кровяных телец подверженных облучению с DL<sub>100</sub> крыс по истечении 14 дней после облучения. Влияние дозы АЕТ 25 стg/kg, примененной в радиопротективных целях, на число белых кровяных телец изображается сплошной линией. В процессе наших опытов по истечении 50 дней из числа подверженных облучению 10 крыс осталось в живых 10 крыс

при даче интратрихонсально, интритмишечно и интритвенно быстро выделяется из организма, равномерно распределяется в организме, концентрируется в печени и является противоотечным и противовоспалительным веществом.

Применение этих веществ мотивировано между прочим и тем фактом, что многочисленные ферменты могут быть блокированы *in vitro* в водном растворе, как это было доказано исследователями Гуссей и Томпсон (Hussey, Thompson) в 1922 году для трипсина. Такое же явление наблюдали Тител, Керстен и Форсберг (Tytel, Kersten, Forberg) в растворах уреазы и каталазы, Дал (Dale) в случае карбоксилпептидазы и d-оксидазы аминокислоты, а Баррон в экспериментах с аденозинтрифосфатазой (миозином). Они наблюдали также,

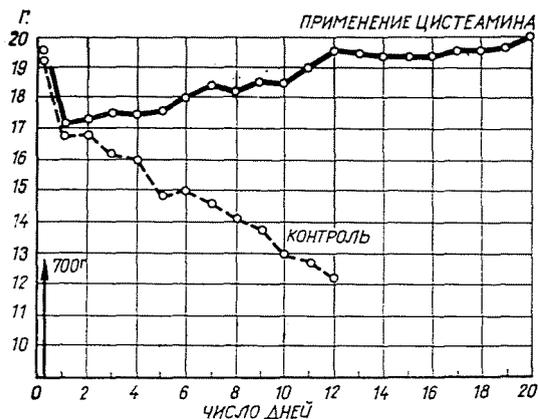
что эти ферменты, инактивированные путем облучения, могут вновь активироваться соединениями, содержащими радикал SH.

Следовательно, за последние годы центр внимания занимают соединения, содержащие радикал SH. Многие исследователи доказали, что все вещества, входящие в группу цистеамин (производные β-меркаптоэтиламина), проявляют в большей или меньшей мере радиопротективное действие. Так например:

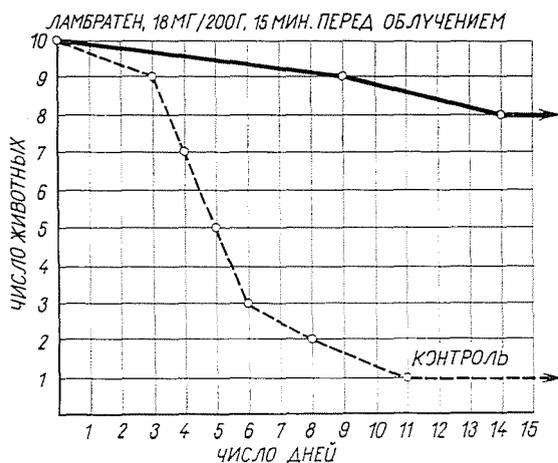
глутамин-цистеаминат,  
цистеамин-моноуксусная кислота,  
цистеамин, диуксусная кислота,  
глюконил-цистеамин и  
амин метионина.

Бонати и Нуволон (Bonati, Nuvolone) показали, что при введении интритрихонсально, в дозе 100 мг/кг цистеамин-моноуксусная кислота и глюконил-цистеамин проявляют почти такое действие, как цистеамин. Возникает вопрос, в чем заключается действие цистеамин?

Эффективность веществ, содержащих радикал SH объясняется между прочим и тем, что среди ферментов особенно чувствительными к облучению являются те, в молекуле которых имеется группа SH. Эти ферменты могут легко окисляться и инактивироваться при воздействии на них небольших доз лучей, а при даче соединений, содержащих сульфгидрильную группу, они вновь активируются. Эту задачу выполняет почти идеально цистеамин, содержащий радикал SH (рис. 2 и 3). Недостатком этого соединения, как и всех известных до сих пор радиопротективных веществ, является то, что они проявляют свое действие только в том случае, если они имеются в организме во время облучения в необходимой концентрации. Так, например, если давать цистеамин через 30 секунд после облучения, то его радиопротективное действие уже отсутствует. Характерно, что ни цистеин, ни цистеамин, ни цистамин не могут полностью препятствовать классическому снижению числа лимфоцитов, как это наблюдалось в наших экспериментах



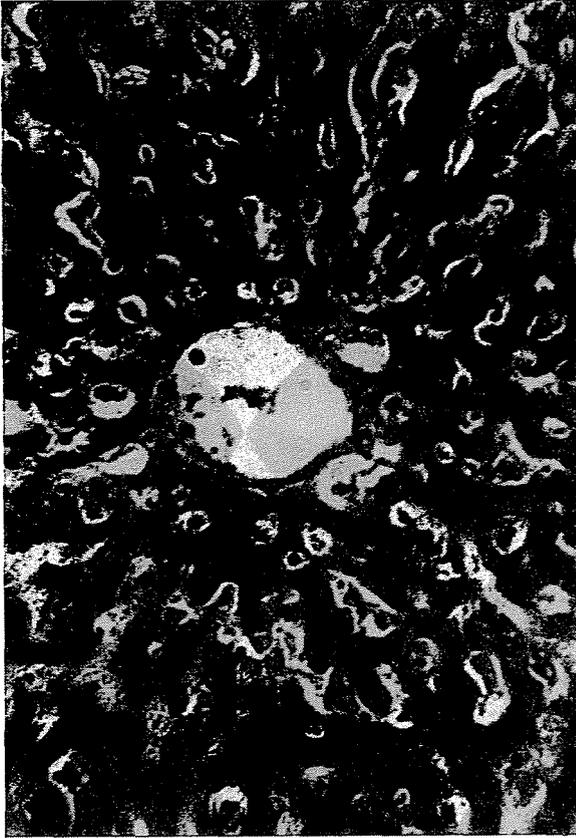
Фиг. 4. Влияние использованного с радиопротективной целью цистеамина на вес тела при опытах на животных. Начальную потерю веса мыши восстанавливают в течение 20 дней. (Васц)



Фиг. 5. Влияние дозы цистеаминхлорида (Lambratene—Врассо) в 100 мг/кг на переживание животных в случае облучения всего тела и двукратной летальной дозе (1500 р). Радиопротективное вещество перед облучением в процессе опытов иницировалось с 15<sup>1</sup>. По истечении 50 суток из 10 животных осталось в живых 8.

(рис. 4), при даче этих веществ ускоряется лишь по сравнению с контрольными животными регенерация гемопоэтического аппарата (рис. 5). Однако, они не могут предотвратить и снижения веса тела, следующего после облучения летальной дозой. В наших экспериментах, проведенных хлоридом цистеамина (Ламбратен—Бракко) (Lambratene—Bracco) на животных, мы обнаружили, что после применения цистеамина в дозе 100 мг/кг из десяти облученных крыс шесть животных не погибло после летального облучения всего тела. Защитный эффект цистеамина обнаруживается также и на гистологической картине печени (рис. 6, 7).

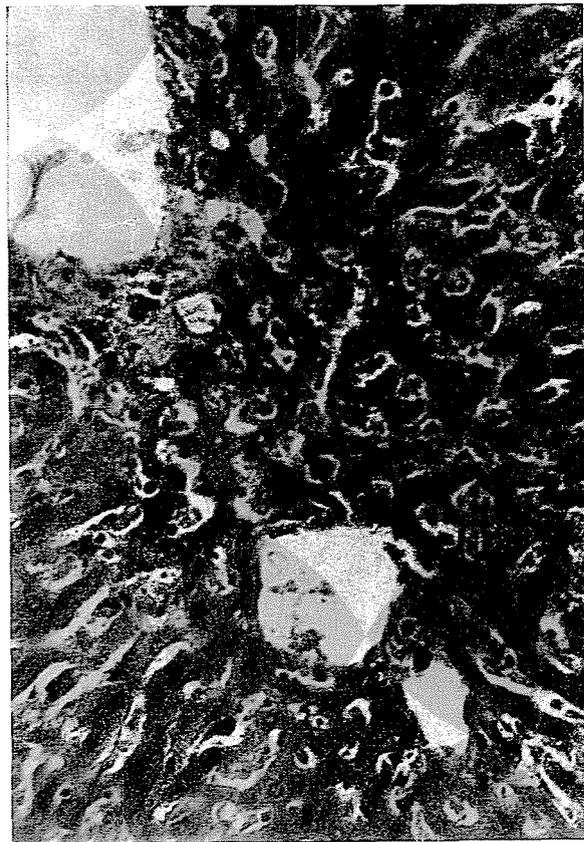
тепе—Врассо) на животных, мы обнаружили, что после применения цистеамина в дозе 100 мг/кг из десяти облученных крыс шесть животных не погибло после летального облучения всего тела. Защитный эффект цистеамина обнаруживается также и на гистологической картине печени (рис. 6, 7).



Фиг. 6. Ткань печени крысы, погибшей на 7 сутки после облучения всего тела с летальной дозой. Гистоструктура печени сохранилась, вены центральные, ответвления вен, ведущие в портобиллиарную клетчатку, являются исключительно расширенными, аналогично также участки Disse, которые наряду с сывороткообразным веществом содержат разбросанно шаровые клетки и по одному лейкоциту. Клетки печени имеют среднюю величину, окраска ядра клеток в отдельных областях хорошо сохранена, однако в других местах ядро клетки набухшее, хроматинное содержание в выделившемся в кусках виде размещается на периферических частях, средние области ядра клетки являются выражено светлыми. Во многих местах окраска ядра клеток совершенно отсутствует. Соответственно отдельным мелким очагам на местах ядер клеток имеется однородная масса, имеющая слегка базофильную окраску, и здесь участки Disse заполняет аналогичное вещество

Радиопротективным веществом является и АЕТ (амино-этиловый изотиокарбамид, бромид и глюробромид), полученный исследователями *Догерти* и *Бернет* (Doherty, Burnett) в 1954 году. При применении облучения всего тела летальной дозой мелких млекопитающих АЕТ имеет дозоснижающий фактор = 2. По исследо-

ваниям *Вруши* и *Оберман* (Vrousch, Obermann) АЕТ проявляет свое защитное действие в дозе 200 мг/кг. Оказывается, что АЕТ в организме превращается в меркаптоэтил-гванидин (МЕТ), который является производным цистеамина, и проявляет свое действие в одинаковой мере при даче через рот, внутривенно, внутримышечно, под-



Фиг. 7. Ткань печени крысы, облученной под защитой цистеамина (Lambratene—Bracco.) Структура хорошо сохранена, в противоположность с предыдущим срезом значительно лучше можно видеть дольковую структуру. Изменения ядра клетки, описанные в случае фиг. 6, расширение вен и участков Disse существенно менее выражено. В противоположность с прежним срезом плазма клеток печени с переменной обильностью происходит вакулизация, которая однако не показывает характерного ацино-центрального или же ацино-периферального расположения. Мелкие некрозы встречаются и на этом срезе и здесь по соседству их встречаются уже воспаленные элементы

кожно или внутрибрюшинно, как это показали наши собственные опыты на животных, а также *Голлендер* (Hollaender) и др. Наш опыт в соответствии с результатами других исследователей говорит о том, что защитное действие этого соединения длится приблизительно в течение 4 часов после его введения (рис. 3, 4).

Что касается механизма действия, некоторые исследователи придерживаются такого мнения, что эти соединения связы-

вают свободные радикалы, образующиеся под воздействием облучения. Другие, как напр. *Голлендер* (Hollaender) и *Гре* (Gray) объясняют защитный эффект препарата тканевой гипоксией, аноксией. Это объяснение, по-видимому, подтверждается и тем, что хотя гликоген печени мобилизуется цистеамином, все же не развивается ни глюкозурия, ни гипергликемия и потребление кислорода также не возрастает. *Фишер* (Fischer) установил, что у живот-

ных, получивших предварительно эти соединения, повышается содержание в крови органических кислот, так например, молочной кислоты, а у млекопитающих аноксия характеризуется именно этим. Они наблюдали и то, что после дачи цистаминна в дозе 150 мг/кг крысы очень чувствительно реагируют на снижение давления кислородом.

Ионизирующее облучение блокирует также синтез дезоксирибонуклеиновой кислоты в кишечной стенке. Эксперименты, в которых пытались расследовать этот биохимический процесс применением радиоактивного фосфора, показали, что у животных, защищенных цистеамином, через 24 часа после летального облучения, количество дезоксирибонуклеиновой кислоты составляет 40% нормального количества, а у контрольной группы синтез дезоксирибонуклеазной кислоты был всего 20%. К сожалению часть симптомов синдрома лучевой болезни не может быть предотвращена даже соединениями, содержащими радикал SH. Однако, *Гэне, Ястер и Кюнкел* (Höhne, Jaster, Könkel) установили, что почти классическая лучевая реакция, которая появляется в составе белков сыворотки, а именно, уменьшение количества сывороточного альбумина и относительное увеличение количества альфа- и гамма-глобулинов, может быть почти полностью предотвращена цистеамином и регенеративная фаза также протекает быстрее. Эти исследователи предполагают, что этот механизм составляет значительную часть защитного действия.

Эксперименты с цистеамином привели к одному из наиболее интересных выводов в радиологии. Из экспериментов *Патт и Свифт* (Patt, Swift) выяснилось, что после облучения лягушек, охлажденных до  $+5^{\circ}\text{C}$ , лучевой реакции не наблюдалось, однако, при нагревании животных смерть наступала сразу же. Еще большее значение имеет эксперимент *Кюнкель, Гэне и Мас* (Könkel, Höhne, Maass); они облучали находящихся в зимней спячке сурков дозой в 800 «р» и лучевая реакция не развивалась. Однако, приводя животных в состояние

бодрствования, наблюдалась их немедленная гибель. Если спящему животному после облучения непосредственно *перед* пробуждением давали цистеин, то он обеспечивал почти полную защиту от лучевого синдрома даже в том случае, если его давали через три недели после облучения. Это говорит о том, что нельзя считать полностью доказанным тот взгляд, по которому цистеамин нейтрализует так называемые свободные радикалы. Разумеется, в организме животного, находящегося в зимней спячке, эти соединения уже не присутствуют, или же надо предположить, что имеются такие пероксиды, которые остаются химически активными в течение нескольких недель.

Как мы видели, цистеамин и его производные находятся в особенно эффективных и нетоксичных соединениях. DL—50 производных цистеаминна составляет 200 мг/кг и больше, а цистеамин-N-уксусной кислоты равняется 3200 мг/кг.

Надо сказать еще и о том, что имеются такие защитные соединения, которые *in vitro* являются не эффективными, а *in vivo* эффективны, как например, гистамин и эпинефрин. *Ван дер Мер* (Van der Meer) *Беккун и Коэн* (Bekkm, Cohen) занимались производными адреналина. Они проводили эксперименты на селезенке мышей и нашли, что кровяное давление не влияет на радиопротективное действие, т. е. защитное действие эпинефрина и норэпинефрина проявляется в снижении давления кислорода. Этот взгляд подтверждается и тем, что если например снизить содержание кислорода в воздухе до 10 или 7,5%, одно это обстоятельство само по себе оказывает защитное действие. Их исследования были распространены на определенные соединения, являющиеся фармакологически агонистами и антагонистами, как например, фенерган и гистамин, дибенамин-эпинефрин, атропин-карбаминол-холин. Они выбрали эти соединения таким образом, чтобы антагонисты проявили свое действие на агонисты не путем химической инактивации. По своим экспериментам они пришли к такому выводу, что взгляд *Александера* и других

о том, что цистеамин и другие сульфгидрильные соединения нейтрализуют свободные радикалы, возникающие в одном растворе, не соответствует действительности.

Как видно, из всего вышеизложенного, мнения относительно механизма действия сильно расходятся. Известно много таких наблюдений, которые говорят против тканевой аноксии, как например, опыты *Гоффмана* (Hoffmann), *Девила* и *Лота* (Devil, Lothe).

Исследования *Лангендорфа* (Langendorf) и его сотрудников показали, что сосудосуживающие пилтессин, адреналин и особенно 5-гидроксилириптамин также являются эффективными защитными веществами. Эти исследователи сообщили о своих результатах в прошлом году на атомной конференции в Женеве. Несмотря на то, что 5-гидроксилириптамин (серотонин) является сильным токсическим веществом, он в организме встречается и в физиологических условиях. Интересно отметить, что триптамин также является эффективным защитным средством, хотя он не входит в группу сосудосуживателей. Аскорбиновая кислота, являющаяся восстановителем и не обладающая группой SH, проявляет слабое защитное действие и это указывает на то, что для проявления радиопротективного эффекта сами по себе недостаточны ни восстановительная способность, ни сульфгидрильная группа.

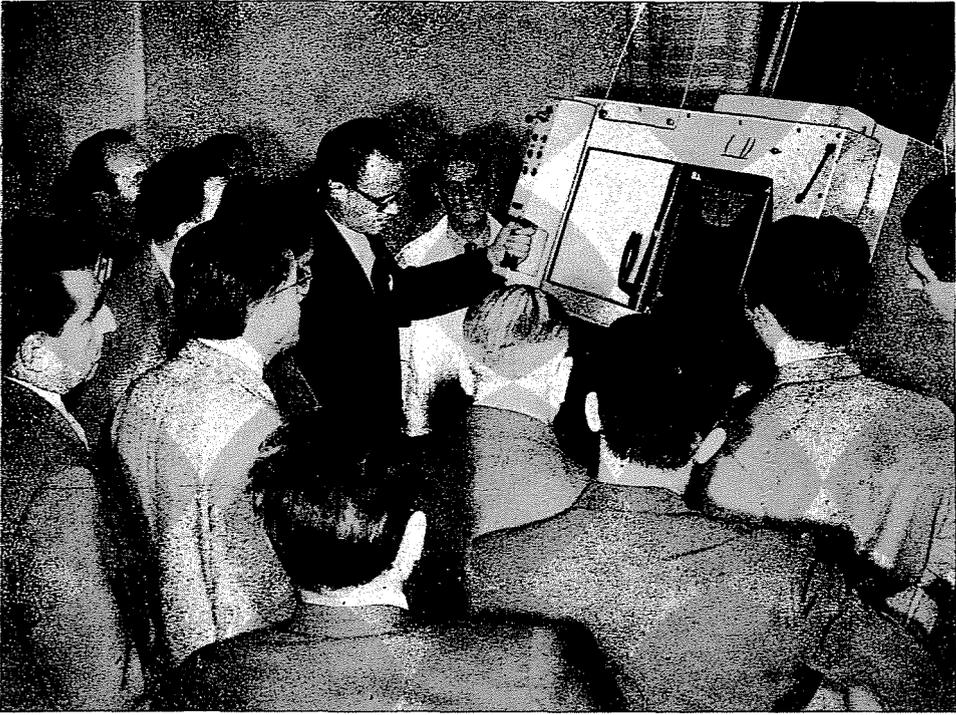
Отдельную главу в химической защите от облучения занимает стремление, удалять радиоактивные вещества из организма после их инкорпорации, так как мы еще не в состоянии защищать лиц, инкорпорировавших радиоактивные вещества.

Эксперименты в этой области еще находятся в начальной стадии, так как инкорпорированные вещества могут быть удалены из организма только такими элемен-

тами или соединениями, которые находятся с ними в тесном химическом средстве, а это имеет крайне сложные условия. Сегодня опыты ведутся главным образом с так называемыми хелато-образующими веществами, которыми занимаются многочисленные советские авторы и кроме них в частности *Граул* (Graul).

Декорпорация как фармакологическая проблема в настоящее время разрешена еще в меньшей мере, чем профилактическая химическая защита. Этилен-диамин-тетрауксусная кислота, димеркаптолпропанол и цитрат натрия, которые в настоящее время используются в целях декорпорации, означают лишь обнадеживающие эксперименты в этой области.

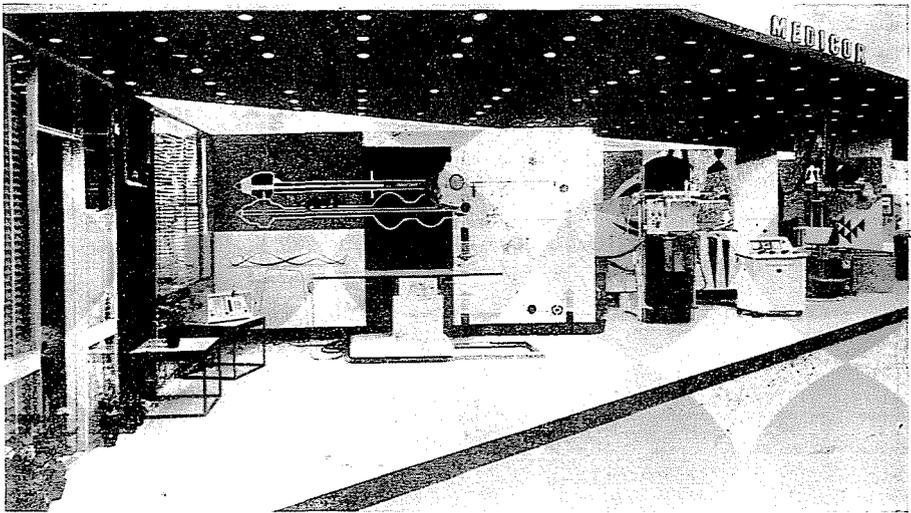
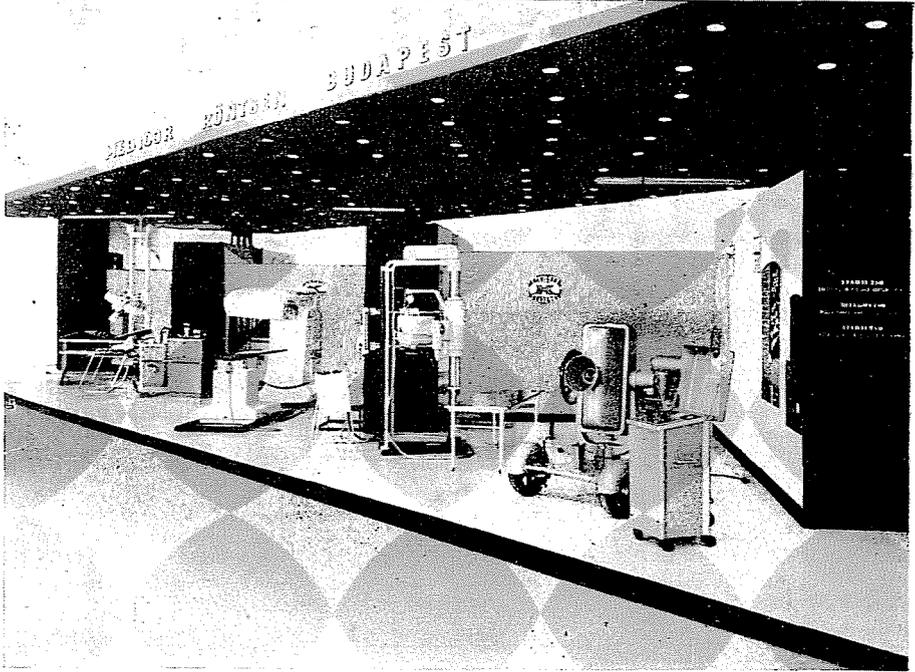
Экспериментальные данные показывают, что через 0,5—1 час после инкорпорации иттрия-91, вводя этилен-диаминтетрауксусную кислоту, в костях контрольной группы животных наблюдавшееся 60% отложение понижается до 15%. Недостатком этого соединения является то, что оно очень токсично. Между прочим, оно приводит к гипокальцемии, поэтому пытались одновременно давать и кальций. Он вызывает тошноту, боли в животе, повреждение почек. Из всех известных в настоящее время терапевтических методов наиболее оптимальным кажется одновременное применение цитрата циркония и кальциевой соли этилен-диамин-тетрауксусной кислоты, так как при этом инкорпорированное количество плутония снижается до 10% первоначальной величины: здесь я не могу заняться всеми частностями этого вопроса. Я упомяну лишь о том, что в настоящее время продолжают эксперименты в этом направлении и можно предполагать, что в ближайшие годы осуществится фармакологическое удаление инкорпорированных радиоактивных веществ из организма.



Демонстрация работы системы "полиmotor" штатива для исследования "UV—1" перед врачами на выставке, организованной заводом МЕДИКОР в Бухаресте (Румыния).



Двухлучевой облучатель "СФЕРОТЕРИСК", с двойным движением на Бухарестской выставке в Румынии.



Техническая выставка Венгерского радиологического конгресса, организованного в июле 1961 г. в Будапеште. — Выставочный стенд МЕДИКОРА (Венгрия).

# AR DRAUGIEM TIEKOTIES

VEROJUMI UN PARDOMAS UNGARIJAS  
RENTGENAPARATU IZSTADE

Nodarasti liels apmeklētāju skaits saukamajās sestdienās darbu pie Republikas Pasaules Straides klīnikas izstādē. Gaumīgo plauksts pie vārdzīmja veidņa, kas simnācis teritorijā no 8.—17. septembrim atvērta Ungārijas Tautas Republikas medicīnisku un rentgenaparātu izstādē.

Mūsu republikas ārsti jau kopš vairākiem gadiem ir iepazīstināti un atzinīgi novērtējuši mūsu draugu un draudzenes medicīniskos aparātus. Kā visu pazīnu uzskatām universālo rentgenoloģiskās aparātu «Diagnomax-125». Daudz mūsdienu aprīkojuma ir radies praktiskā strādāt ar šo ierīci un viegli apkalpojamu aparātu.

Tas viss izraisa lielu interesi un precīzu satraukumu vārda izrunāšanā.

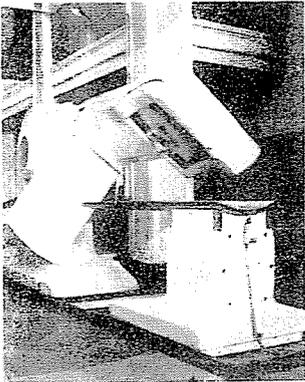
Sīmiņas plāks un tālrunis izkārta. Apmeklētājus interesē, kādos apstākļos jāizmanto un kāda rēģina spēdiens. Pārmaiņu skāni izvērtē krievu, ungāru, vācu valodā un citās citā valodā bez rakstveidīgām pamācības līnijām — tādu draudzības valodu, izrunas ģenerāldirektoram B. Somaraj dāra pilnas rēģas.

Jau vairākus gadus mūsu draudzenes plaukst šķērsa ceļojotā rentgeniekārtā, kas iekārtota modernā automašīnā «Karus-620» ar priekšēji 11. attēli. To izstrādā jau pirms 50 mūsu republikas izveidošanās, tā arī V. Huselejas jaunagotā veidā iemēģināta.

Automašīnā arī izveidots ātrās rentgeniekārtas ar lietošanu ierīcēm, kas nodrošina ātrās rentgeniekārtas. Šeit veiksmīgi darbojas arī tā, kas ir ātrās rentgeniekārtas ierīcēs.

Arskatām mums jau pazīstamo «Diagnomax-125» (5. attēls). Šis ir moderns un vienkāršs un viegli apkalpojamais aparāts ar mikrofokusa apūdi. Šis jaunums atļauj izdarīt rentģenuņemumus ar tādu pašreizējās pasīvēšanas metodi. Kautu un locītavu pasīvēšanu diagnostikā tam ir liels praktisks nozīme.

Pravs paņēma apmeklētāju aprīkojuma



8

vietojamā rentgenaparātu, kas samontēts ar īpašu attēla pastiprināšanas ierīci — elektronatvērto pastiprinātāju un telekameranu. Šādu veidu iegūtais attēls parādās gandrīz tūlīt uz televizora ekrāna. Viens otrs izmēģināja savam acim aplūkot šādu attēlu. Šādas ierīces vai lētas triks? Nē, aparāts ar ļoti plašām izmēģināšanas iespējām un nākotnes perspektīvam. Šādi parvairāki rentgenaparāti kopā ar pastiprinātāvas un televīzijas iekārtām turpmāk tiks ražotas veidams paļūgs kopā ar citiem aparātiem, kas ir ražoti šīs ražošanas iekārtās.

Interesantāks izstrādē ražošanu ir Budapeštā, rentgenaparātu rūpnīcā. Medikora jaunākais iekārtums — moderns universāls rentgenoloģiskās aparāts «Centromax-150» (12. 3. attēls). Liela aparatūra, divkārtēja vadīšanas automātika, gūta iekārtota ārējā apdare un praktiski neierobežotas dažādas diagnostikas iespējas — liels svarīgākais šīs iekārtas priekšrocības. Aprīkota apkalpošana būtībā nepieciešama, lai izstrādātu, un ar maksimālu vērtību veikt tieši slimnieka izmeklēšanas procedūras.

Pārdojuma rentgenaparāta ierīcēs, kas ir rentgenoloģu priekšrocības problēma, kā parast maksimālu staru dozu, kas ir nepieciešama, lai izstrādātu, un ar maksimālu vērtību veikt tieši slimnieka izmeklēšanas procedūras.

Šis ir rentgenoloģu priekšrocības problēma, kā parast maksimālu staru dozu, kas ir nepieciešama, lai izstrādātu, un ar maksimālu vērtību veikt tieši slimnieka izmeklēšanas procedūras.

Tautas Ungārijā lielu vērtību veikt arī pacientu pārveidāšanā, no «nevarējama» staru izstrādāšanas dažādu diagnostisku procedūru laikā. Saistītajā parastu interesē izstrādāt, kā parast maksimālu staru dozu, kas ir nepieciešama, lai izstrādātu, un ar maksimālu vērtību veikt tieši slimnieka izmeklēšanas procedūras.

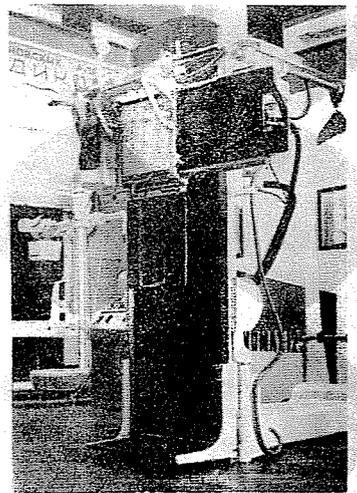
Šis ir rentgenoloģu priekšrocības problēma, kā parast maksimālu staru dozu, kas ir nepieciešama, lai izstrādātu, un ar maksimālu vērtību veikt tieši slimnieka izmeklēšanas procedūras.

Šis ir rentgenoloģu priekšrocības problēma, kā parast maksimālu staru dozu, kas ir nepieciešama, lai izstrādātu, un ar maksimālu vērtību veikt tieši slimnieka izmeklēšanas procedūras.

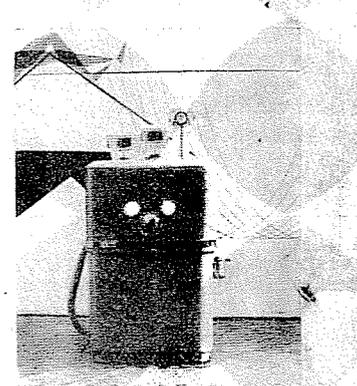
Šis ir rentgenoloģu priekšrocības problēma, kā parast maksimālu staru dozu, kas ir nepieciešama, lai izstrādātu, un ar maksimālu vērtību veikt tieši slimnieka izmeklēšanas procedūras.

Šis ir rentgenoloģu priekšrocības problēma, kā parast maksimālu staru dozu, kas ir nepieciešama, lai izstrādātu, un ar maksimālu vērtību veikt tieši slimnieka izmeklēšanas procedūras.

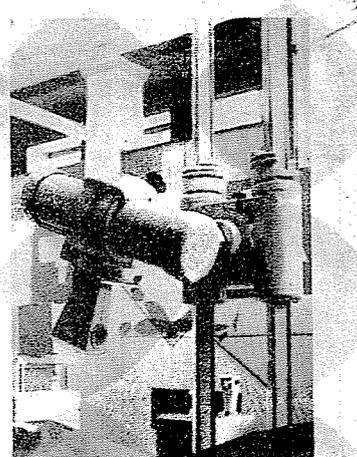
Šis ir rentgenoloģu priekšrocības problēma, kā parast maksimālu staru dozu, kas ir nepieciešama, lai izstrādātu, un ar maksimālu vērtību veikt tieši slimnieka izmeklēšanas procedūras.



5



7



6

Некоторые изделия завода рентгеновских аппаратов МЕДИКОР в иностранной специлитературе. —