

создание установок типа радиационных контуров может привести к улучшению экономических показателей атомных электростанций.

Подводя итоги этого краткого обсуждения докладов, прочитанных на секционных заседаниях, можно отметить, что проводится интенсивная работа, получен большой эксперимен-

тальный материал, достигнуты большие успехи в области использования ионизирующего излучения для целей химического синтеза. Теоретические исследования в области радиационной химии на конференции представлены только частично, многие направления вообще не нашли отражения, хотя в них достигнуты тоже важные результаты.

Радиационная медицина

Е. Г. МАТВЕЕНКО, И. О. КОНСТАНТИНОВ

На медицинской секции конференции были заслушаны 82 доклада; большая их часть (49 докладов) была посвящена непосредственно вопросам использования новых методов в медицине, а остальные — вспомогательным вопросам (приборостроению, дозиметрии и радиационной гигиене).

В докладах по радиоизотопной диагностике подчеркивалось, что к настоящему моменту в результате успешной разработки методов исследования с помощью различных изотопов выделены отдельные клинические направления радиоизотопной диагностики: применение в клинике внутренних болезней, в клинической онкологии, нейрохирургии, эндокринологии, отоларингологии и офтальмологии. Большинство разработанных методик и тестов уже утверждены Министерством здравоохранения СССР для широкого внедрения в практику лечебных учреждений.

С обзорными докладами выступили В. З. Агранат, В. К. Модестов, М. Н. Фатеева.

Радиоактивные изотопы применяются для изучения большинства параметров функционального состояния сердечно-сосудистой системы: объема циркулирующей крови, скорости кровотока как в организме в целом, так и регионарно-коронарного, легочного, мозгового, сердечно-печеночного, периферического кровообращения в конечностях и т. п., минутного и ударного объема сердца, наличия тромбоза и степени атеросклероза. Метод скенирования полостей сердца позволяет отличать истинное расширение границ сердца от перикардитов, а также выявлять тромбированные аневризмы.

В докладе Г. А. Малова показаны возможности радиоиндикации для изучения гемодинамики при пороках сердца, при протезировании клапанов для оценки тактики и эффективности хирургического вмешательства. Для изучения всех показателей сердечно-сосудистой системы широко используется альбумин человеческой

сыворотки, меченный I^{131} , а также другие меченые соединения и препараты.

Радиоизотопные методы исследования позволяют получить важную информацию о функциональном состоянии и структурных изменениях легких. Уже сейчас имеется возможность изучать состояние сосудистого русла легких с помощью внутривенного введения макроагрегатов альбумина — I^{131} , а также бронхиального дерева путем ингаляционного введения изотопов (бенгал-роз — I^{131} , коллоидный раствор золота Au^{98} и др.).

В нашей стране разработан метод применения He^{138} для исследования легких, о чем докладывал на конференции В. Н. Корсунский. Физико-химические свойства этого изотопа делают его чрезвычайно удобным для полной характеристики состояния легочной вентиляции. Сопоставление с обычными методами — бронхометрией, ангиопневмографией, электрокимографией — показало, что метод радиоизотопной индикации с ксеноном в сочетании со скенированием легких с макроагрегатами альбумина — I^{131} имеет важные преимущества, такие, как простота, безопасность и физиологичность. При хирургическом вмешательстве этот метод позволяет не только определить функциональное состояние, но и планировать наиболее оптимальные объемы оперативного лечения, а в послеоперационный период оценить динамику компенсации внешнего дыхания.

При исследовании желудочно-кишечного тракта имеются многочисленные радиоизотопные тесты для изучения процессов всасывания и экскреции важнейших продуктов обмена (белков, жиров, витаминов, железа). Это позволило расшифровать многие вопросы патогенеза некоторых заболеваний (анемии, нарушения всасывания жиров и т. д.).

Для изучения желудочно-кишечной фазы обмена используются меченые жирные кислоты (олеиновая кислота, триолеатглицерин), белки

(альбумин — I^{131} , казеин — I^{131}), витамин В-12 — Co^{58} , препараты железа Fe^{59} . Кроме этого разработаны методы изучения переваривающей способности желудочного сока и экскреторной функции желудка, а также эвакуаторно-моторной функции путем многократного скенирования после приема пищи, меченной различными изотопами. И, наконец, для оценки скрытых кровопотерь в желудочно-кишечном тракте при различных заболеваниях хорошо зарекомендовал себя метод радиоиндикации с Cr^{51} (А. Э. Цфасман и др.).

Применение меченых соединений позволяет отдельно изучить функцию печеночных клеток (бенгал-роз — I^{131}) и ретикуло-эндотелиальной системы печени (коллоидный раствор Au^{198}), играющей важнейшую роль в процессах дезинтоксикации организма.

Функциональное состояние желчного пузыря изучается с помощью I^{131} — билигноста. Значительного успеха добились исследователи в области скенирования печени и желчного пузыря, позволяющего судить о форме, размерах органа, наличии в нем патологических очагов, их локализации и величине.

Функциональные исследования желудочно-кишечного тракта и печени с помощью изотопов имеют значение не только при заболеваниях этих органов, но и для изучения работы этих систем при различных заболеваниях, особенно опухолевых (Л. С. Сусковатых). Выявляемые сдвиги функционального состояния помогают в выборе тактики комбинированного лечения, так как именно они в значительной степени определяют компенсаторные возможности.

Широкое признание врачей получили методы изотопной диагностики почек. Ренометрия с I^{131} — гиппураном и скенирование с неогидрином — Hg^{203} и неогидрином — Hg^{197} позволяют определить ранние нарушения функции, когда обычными клиническими методами отклонения не обнаруживаются. Особенно полезным оказался метод ренометрии при односторонних поражениях почек, почечной форме гипертонии, для характеристики функционального состояния органа после оперативных вмешательств, включая пересадку почки.

Как известно, первым изотопом, использованным в медицинских исследованиях, был I^{131} , примененный для изучения функции щитовидной железы. С тех пор разработан целый комплекс разнообразных тестов для изучения всех фаз иодного обмена. Сложным этапом для изучения оказался тканевый уровень обмена тиреоидных гормонов, однако и в этом отноше-

нии появилась надежда получить методики для исследования с помощью установок по измерению общей радиоактивности (Е. Г. Матвеевко, Д. Г. Палинкаши). С помощью изотопов изучаются функции и других эндокринных желез.

На конференции обсуждался также новый метод исследования проходимости ликворных пространств спинного мозга (Ф. М. Лясс), а также возможность изучения водного обмена с использованием трития (К. М. Богданов и др.).

Особое значение приобретают радиоизотопные методы для диагностики опухолей. Наибольшее распространение получил изотоп фосфора P^{32} , который хорошо накапливается почти во всех опухолях, обладающих повышенным обменом. С его помощью разработаны методики определения опухолей почти всех органов и систем, в том числе гортани (А. И. Ароцкий), мозга (В. С. Снигирев, В. М. Десятников), кожи, мягких тканей глаз, полостных органов (Т. П. Сиваченко и др.) и т. д.

Кроме фосфора в качестве туморотропных препаратов используются Se^{75} — метионин, альбумин — I^{131} , меченные I^{131} антитела, I^{131} — тетрациклин. Интересные возможности открываются для клиницистов в исследовании костной системы с применением остеотропных изотопов — Sr^{85} , Sr^{87m} , Ca^{47} и др. Работы многих исследователей подтверждают эффективность этих методик: в ряде случаев удается выявить патологические очаги раньше, чем рентгенологическими методами (Н. Ф. Заркевич и др.). Это понятно, так как изменения обмена в костной ткани при опухолях наступают раньше структурных. Оригинальным препаратом для выявления костной патологии является предложенный В. В. Седовым и В. П. Сорокиным изотоп бария Ba^{135m} , который отличается высокой степенью концентрации в костных опухолях.

Высокую оценку всех онкологов получил метод радиоизотопного скенирования, позволяющий четко представить картину распределения изотопа в органе, наличие «холодных» и «горячих» узлов. С помощью скенирования выявляются новообразования щитовидной железы, печени, почек, мозга, селезенки, лимфатических узлов, костей. Для этой цели используются различные препараты, меченные I^{131} , Hg^{197} , Au^{198} , Cr^{51} , Te^{99m} , Sr^{85} , Ca^{47} .

Основная схема любого метода радиоизотопной диагностики заключается во введении в организм больного меченого изотопом препарата и в наблюдении за кинетикой обменных процес-

сов по определенной временной программе. Измерение активности изотопа ведется либо путем внешнего счета над органом, либо с помощью регистрации интенсивности счета в пробах крови и различных экскретах, либо путем получения картины распределения активности в исследуемом органе. Первые два метода позволяют судить об интенсивности и скорости метаболизма, последний в большей степени отражает структурные изменения в органе (наличие «холодных» и «горячих» узлов).

В соответствии с этими основными принципами и осуществляется разработка медицинской радиоизотопной аппаратуры (И. К. Табаровский и др.); сейчас создан лабораторный комплекс диагностических приборов.

Пять докладов на секции было посвящено применению метода радиометрии всего тела для целей диагностики. Преимущества этого метода — возможность значительного снижения применяемых доз изотопов, исследования перераспределительных процессов, а также комплексного изучения метаболизма одного или нескольких изотопов одновременно (М. А. Каплан и др., Е. Г. Матвеевко, Д. Г. Палинкаши, В. Г. Цомык и др., Э. Л. Шапиро и др.).

В настоящее время лучевая терапия наряду с оперативным вмешательством является одним из важнейших орудий медицины в борьбе со злокачественными новообразованиями. Облучение ткани может осуществляться дистанционно — внешними источниками (телегамма-терапия), а также введением внутрь организма в ткань соединения, содержащего радиоактивный изотоп.

С обзорным докладом о состоянии советской лучевой терапии злокачественных опухолей выступила А. В. Козлова. Она отметила, что к настоящему времени разработаны различные пути воздействия на патологический очаг; значительно расширились показания к лучевой терапии и улучшились результаты лечения. Так, за последние годы число пятилетних излечений рака шейки и тела матки возросло примерно на 35%, рака яичников на 25—30%, гортани на 25% и даже при таких трудноизлечимых формах злокачественных опухолей, как рак пищевода, легких, саркомы костей, число излечений увеличилось с 0 до 12—20%.

Широкое развитие получило применение комбинированной терапии или радиохирургии, т. е. сочетание оперативных воздействий с пред- или послеоперационным облучением пораженного органа как извне с помощью источника

дистанционной гамма-терапии, так и путем введения коллоидных радиоактивных препаратов, которые препятствуют диссимиляции опухоли по брюшине, плевре и другим путям. Наиболее широко используется радиоактивное коллоидное золото Au^{198} . Большой материал по этому вопросу был представлен на конференции в докладах Н. Н. Александрова и Л. С. Суковатых (Научно-исследовательский институт онкологии и медицинской радиологии Министерства здравоохранения БССР), М. А. Волковой и др. (Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена).

Внутрилимфососудистое введение I^{131} — иодолипола в целях рентгенодиагностики и лучевой терапии лимфатических узлов было впервые применено в нашей стране (А. Н. Рыжих и др.). Авторы показали, что проведение радиоактивной лимфографии перед оперативным вмешательством продлевает жизнь больных с метастазами в лимфатических узлах.

Как и в радиоизотопной диагностике, в лучевой терапии актуален вопрос о совершенствовании методов и форм применения короткоживущих изотопов в лечебных целях. Освоение производства и внедрение в практику рассасывающихся нитей, пленок и губок с этими изотопами даст онкологам дополнительное средство в борьбе с раком.

Семь докладов было посвящено актуальным вопросам телегамма-терапии. Прогресс в лечении рака шейки матки в основном обусловлен широким применением излучений, генерируемых в мегавольтном диапазоне, что вообще характеризует современный этап развития лучевой терапии. Дистанционная гамма-терапия выступает и как самостоятельный метод лечения, и как этап радиохирургического лечения. Кроме того, этот метод дает хорошие результаты в сочетании с внутрисполостной гамма-терапией. Важной проблемой здесь является создание условий не только равномерного, но и дифференцированного облучения области роста первичной опухоли и зон регионального метастазирования. Применение дистанционного облучения методом узких централизованных полей дает обнадеживающие результаты у больных раком шейки матки второй стадии. Эти вопросы рассматривались в докладах К. Н. Костроминой с сотрудниками, Е. Н. Вознюк и В. М. Шварц.

На конференции были обсуждены результаты, полученные при применении линейных ускорителей для лучевой терапии больных раком пищевода (В. Г. Герасимьяк и др.) и со злока-

чественными лимфомами (А. С. Павлов, В. А. Анкудинов).

При разработке индивидуальных дозиметрических планов применялись типовые многопольные методики; расчет оптимальных условий облучения проводился на ЭВМ. Специально разработанные клиновидные фильтры обеспечивали требуемое распределение доз вокруг опухоли. Суммарная лечебная доза составляет $\sim 5000-7000$ рад. Особое внимание уделялось ритму облучения, т. е. распределению дозы во времени. Накопленный опыт мегавольтной терапии злокачественных опухолей различных локализаций показывает вполне удовлетворительные непосредственные результаты.

Актуальный вопрос современного этапа методов лучевой терапии бронхогенного рака в дыхательных путях — предупреждение нежелательного облучения других отделов легких. Даже самые совершенные источники облучения, обеспечивающие наиболее выгодные условия распределения дозы и подведения радиоактивного излучения к патологическому очагу, не гарантируют отсутствия лучевой нагрузки на легкие. Поэтому важно изучить патогенез последствий воздействия терапевтических доз на смежные ткани. Этому вопросу был посвящен доклад Э. В. Валькович с соавторами. Отмечались пострадиационные структурные изменения стенки кровеносных сосудов, нарушения кровообращения с последующим фиброзом легочной ткани.

Это показывает, насколько важным является предупреждение общей лучевой реакции на терапевтические воздействия лучевой энергии. Поэтому с большим интересом было выслушано сообщение З. Ф. Лопатниковой, которая на основании многолетнего опыта по применению радиопротекторов как общего, так и избирательного действия при лучевой терапии провела сравнительную оценку различных групп этих препаратов и дала рекомендации по их использованию.

Состояние и перспективы развития отечественной гамма-терапевтической аппаратуры были рассмотрены в 11 докладах. Страны — члены СЭВ — приняли унифицированный набор гамма-терапевтических аппаратов, предназначенных для специализированного производства. Это аппараты четырех основных типов (базовых моделей): 1) статического дальнедистанционного, 2) ротационно-дальнедистанционного (качение вокруг одной оси), 3) ротационно-конвергентного дальнедистанционного и 4) ближнедистанционного. В соответствии с пору-

чением СЭВ в СССР разработаны все четыре типа аппаратов, удовлетворяющих принятым параметрам нормального ряда: «Луч»-1, «Агат-Р», «Рокус» и «Ритс». Особенности этих аппаратов рассмотрены в докладах А. Г. Сулькина и др.

Несколько докладов той же группы (Е. А. Жуковский и др., А. В. Бибергаль и др., Л. С. Галина и др.) посвящено исследованию физико-технических характеристик и формированию дозных полей у отечественных гамма-установок. В интересном докладе А. Ф. Риммана и др. приведен обзор аппаратуры для внутривольного облучения злокачественных опухолей. Он сообщил о том, что для этих целей разработан шланговый аппарат.

В докладе Н. Н. Александрова с соавторами рассмотрены возможности использования ускорителя электронов на 25 Мэв для дистанционной лучевой терапии. Два доклада (В. Ф. Борейко и др. и В. С. Хорышков и др.) посвящены применению внешнего протонного пучка для медико-биологических целей и, в частности, для лучевой терапии. Эти перспективные работы нацелены на получение более локализованных полей максимальной дозы облучения опухолей.

Для закрепления и развития успехов лучевой терапии требуется решить многие вопросы организационного и научного характера. Вопрос об оптимальном географическом размещении сети онкологических учреждений, их оснащении был рассмотрен в докладе В. Н. Никешичева и Р. В. Сеницына. Обсуждению вопросов клинической дозиметрии на конференции был посвящен обзорный доклад А. Н. Кронгауза и еще 12 сообщений.

Различные способы общего решения на ЭВМ задачи выбора оптимального поля и ритма облучения рассмотрены в докладе Р. В. Сеницына. Несколько докладов посвящено конкретному расчету распределения поглощенных доз в тканях вокруг препаратов из Co^{58} (Т. Г. Павлова, Л. Н. Александрова, Н. М. Палладица, М. Н. Дьяченко и др.), Cs^{137} (В. В. Бочкарев и др.), при теле-гамма-терапии (А. Н. Кронгауз и др.) и при использовании протонных пучков (Ю. В. Воронин и др.).

С 1962 г. ведутся работы по стандартизации пучков тормозного излучения медицинских ускорительных установок, пучков γ -излучения терапевтических аппаратов и быстрых электронов (И. А. Ермаков и Р. В. Сеницын); при этом применяется ионизационный метод дозиметрии пучков, разработана специальная кулонометри-

ческая установка, позволяющая измерить как величину поглощенной дозы, так и поток падающего излучения. Среди детекторов ионизирующих излучений, используемых в клинической дозиметрии, наиболее перспективными являются детекторы на основе твердого тела (спинтлационные, термо- и фотолюминесцентные и полупроводниковые). Эти вопросы обсуждались в двух докладах (А. Н. Варини и др., О. Н. Денисенко и др.). Проведена сравнительная оценка детекторов излучения, их дозиметрических характеристик, и описаны разработанные дозиметрические приборы. На примере такой области, как тканевая дозиметрия, видно, насколько необходим сейчас тесный контакт физиков и врачей для прогресса в области медицины.

В настоящее время в медицине широко используются различные пластические материалы, вплоть до искусственных клапанов сердца, синтетические препараты, не выдерживающие термической и химических способов стерилизации. В то же время бактерицидное действие ионизирующих излучений без влияния на основные свойства стерилизуемых материалов широко известно. Изучение и применение этого эффекта явилось еще одной областью использования лучевой энергии в медицине.

На конференции было прослушано 12 докладов, посвященных различным аспектам применения лучевой стерилизации в практике. Для надежного уничтожения микроорганизмов и бактерий большое значение имеет разработка оптимальной дозы облучения. На основании многочисленных исследований такой дозой считается (доклад М. А. Туманян) 2,5 *Мрад*. Для создания такой дозы используются мощные установки с источниками γ -излучения и ускорители электронов.

Проведены интересные исследования зависимости оптимальной стерилизующей дозы от величины начального загрязнения, вида инфекции и от степени радиорезистентности микроорганизмов. Полученные данные на брюшнотифозных, дизентерийных палочках и т. д. (З. Г. Першина и др.) заставляют обратить внимание на разработку режима облучения для каждого вида изделий.

Не менее важен вопрос о подборе тест-микроба, для того чтобы судить о степени стерилизующего эффекта (Н. В. Рамкова и И. П. Дипконт).

На конференции были изложены результаты изучения возможности лучевой стерилизации

пластмассовых мешков с консервирующим раствором для крови (Г. Н. Мацнева и др.). Выяснилось, что при условии дальнейшего улучшения качества пластика доза γ -излучения в 1 *Мрад* будет достаточной для надежной их стерилизации.

Для стерилизации перевязочного материала и инструментария нужна доза γ -излучения Co^{60} в 1,5—2,0 *Мрад* (И. Т. Шевченко и др.), кетгута — 2—5 *Мрад* (В. И. Башков и др.).

Лучевая стерилизация оказалась также полезной при приготовлении некоторых вакцин, радиоантигенов. Опыт показал, что эти препараты даже более эффективны (М. А. Туманян и др.).

Облучение вакцин, антигенов и сывороток с целью стерилизации значительно удешевляет их производство.

Полученные многими авторами отличные результаты лучевой стерилизации послужили основанием для проектирования специальной стационарной установки, о чем на конференции сообщила Т. В. Бажбеук-Меликова с соавторами. При этом, конечно, возникает необходимость четкой организации дозиметрической службы (В. В. Бочкарев с соавторами).

Вопросы радиационной гигиены обсуждались на секции в восьми докладах, которые хотя и не отражают всех сторон этой области радиационной медицины, но дают некоторое представление об отдельных вопросах, находящихся в процессе исследования.

Несколько докладов представлено сотрудниками Института биофизики Министерства здравоохранения СССР, в частности группой, возглавляемой Г. М. Пархоменко. В них в основном анализируются вопросы оценки радиационной обстановки в целом, проводится проверка правильности принятых норм для уровня облучения и изучение механизма поглощения изотопов кожей, легкими и т. п. В качестве критерия для оценки опасности рассматривается лучевая нагрузка на критический орган.

Работы, обсужденные на конференции, продемонстрировали большие успехи отечественной медицинской радиологии за первые 20 лет ее существования, это особенно заметно на примере радиоизотопной диагностики и лучевой терапии. Тем более блистательным нам представляется будущее творческого союза врачей, физиков и инженеров в борьбе за сохранение и продление жизни людей.