

Радиация на службе здоровья

Ядерные методы помогают бороться за достижение цели — здоровье всем к 2000 г.

Мохамед Нофаль

Если говорить просто, то здоровье — это отсутствие болезни. Полное отсутствие болезней, что является целью медицины, пока еще не достижимо. Однако любая направленная на это программа является собой попытку создать условия по предотвращению заболеваний, по раннему их диагностированию, а в случае возникновения — по их лечению при наименьших затратах. Меры, связанные с охраной здоровья; оказывают большую помощь странам в выполнении задачи, поставленной Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), — здоровье всем к 2000 г.

За истекшие 30 лет МАГАТЭ осуществило ряд совместных проектов и программ в следующих областях*:

- **Ядерная медицина.** Это использование радионуклидов в диагностике и лечении заболеваний, а также в медицинских исследованиях, углубляющих понимание характера заболеваний.
- **Ядерные аналитические методы.** Речь идет об их использовании для оценки различных микроэлементов в организме человека, в рационе его питания и в окружающей его среде. В противоположность методам ядерной медицины, которые исследуют внутреннюю среду человека с целью определить поражающие нас болезни, ядерные аналитические методы применяются для изучения непосредственно окружающей нас среды, изменения которой могут явиться причиной некоторых заболеваний.

Др Нофаль — директор Отдела естественных наук МАГАТЭ. В составлении настоящей статьи приняли участие сотрудники этого отдела Раманик Ганатра, Рамендра Муххерджи, Роберт Парр и Моника Густафссон.

* Более подробные сообщения о программах МАГАТЭ по ядерной медицине и смежным областям можно найти в *Бюллетене МАГАТЭ*, том 28, № 2 (1986 г.) и том 25, № 2 (1983 г.).

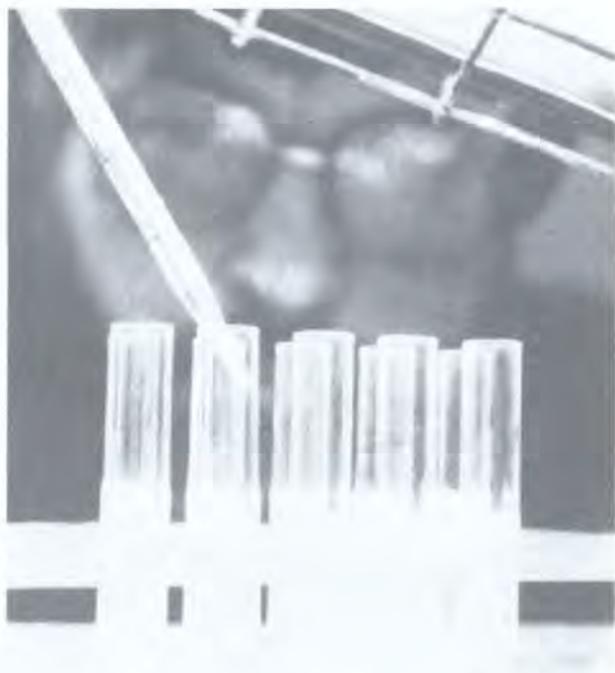


Пациенту вводится короткоживущий радиоизотоп для получения на дисплее визуальной информации о функционировании сердца и легких. (Фото UKAEA)

- **Радиационная биология.** Она занимается вопросами изменения внешней среды под воздействием радиации или ликвидации заболеваний с помощью внешней радиации. Например, стерилизация излучением медицинских изделий уничтожает микроорганизмы, являющиеся повсеместным компонентом окружающей нас среды и могущие угрожать здоровью. Радиотерапия уничтожает раковые клетки, которые хотя и находятся внутри человеческого организма, функционально чужды его потребностям.
- **Дозиметрия.** Она имеет дело с надежными измерениями доз излучения, применяемых с целью преднамеренного изменения внутренней или внешней среды человека.

Ядерная медицина

Сегодня только в Соединенных Штатах Америки ежегодно проводятся более 10 миллионов процедур с использованием методов ядерной медицины. Один пациент из четырех, помещаемых в больницы общего типа, подвергается процедурам ядерной медицины как части диагностического процесса. Ежегодно увеличивается не только количество таких процедур, но и их разнообразие. Многие развивающиеся страны



Использование радиоизотопов для мечения ферментов и протеинов во взятых у пациента жидких образцах. На фото ученый готовит флуоресцентные вещества для проведения радиоиммунологического обследования. (Фото E.I. du Pont de Nemours & Co., Inc.)

ожидают помощи от МАГАТЭ в получении для своих больниц установок ядерной медицины в целях обеспечения того специализированного лечения, которое можно проводить с их помощью. Государства-члены, уже имеющие некоторые виды таких установок, просят оснастить свои службы ядерной медицины более совершенными. На этот год от государств-членов поступило около 70 запросов на оказание помощи в осуществлении их программ в области ядерной медицины.

Эти запросы отражают два момента. С одной стороны, они свидетельствуют как о горизонтальном, так и о вертикальном расширении ядерной медицины. С другой стороны, они отражают растущее беспокойство в отношении того, что практика ядерной медицины потребует в будущем более дорогостоящих и сложных приборов и что требуемые радиофармацевтические препараты и меченые соединения также станут более сложными, дорогими и частными по своему характеру. Возрастающие расходы на ядерную медицину и базовые инфраструктурные установки, требующиеся для ее поддержания, вызывают необходимость постоянных усилий со стороны Агентства по развитию ядерной медицины в развивающемся мире путем технического сотрудничества, предоставления исследовательских контрактов и подготовки кадров.

● *Ядерная медицина in-vitro.* Сюда относятся процедуры, не подвергающие пациента прямому воздей-

ствию радиации. Меченные радиоактивностью вещества добавляются в тестовых пробирках к различным клиническим элюатам, взятым у пациента для оценки в организме гормонов, витаминов, питательных и лекарственных веществ. Радиоиммунологические обследования с использованием иммунореактивных реагентов являются основными процедурами в этом виде ядерной медицины. С их помощью могут быть оценены сотни биологических веществ диагностического характера. Это один из наиболее простых, дешевых и многогранных средств диагностики.

Деятельность Агентства в этой области включает оказание помощи в создании и усовершенствовании лабораторий, в развитии в странах собственных возможностей для производства реагентов на национальном и региональном уровнях. Один проект предусматривает предоставление реагентов в массе почти 14 странам азиатско-тихоокеанского региона для обследований гормонов щитовидной железы. Это наиболее распространенные обследования в развивающихся странах, а при использовании реагентов в массе вместо готовых к употреблению коммерческих наборов их стоимость на пациента может быть сокращена на одну десятую от обычной стоимости. Государства уже готовы к использованию реагентов, которые они изготавливают сами или которые производятся в регионе. Этот процесс постепенно ведет к передаче технологии и к региональной самообеспеченности. Аналогичная программа вводится в этом году в странах Латинской Америки. В целом программа обследований *in-vitro* подкрепляется интенсивной деятельностью по подготовке специалистов по контролю за качеством процедур.

Другие работы Агентства касаются новых разработок в области биотехнологии, ведущих к усложнению различных процедур обследования. (Примеры: моноклональные антитела, применение намагниченных микрочастиц реагентов во избежание центрифугирования и использование систем обследования в твердой фазе, позволяющих упростить и ускорить процедуры). Эта программа содействует разработке таких методов, главным образом, через проекты координируемых исследований.

За истекшее десятилетие обследования проводились, главным образом, в отношении уровня гормонов в крови. Но в настоящее время проявляется тенденция к расширению их применения, в том числе в диагностике инфекционных заболеваний. Стали широко практиковаться иммунологические обследования на гепатит и на приобретенный иммунный дефицит (СПИД), а также новые обследования на другие намного более распространенные болезни в развивающихся странах. МАГАТЭ поддерживает исследовательские программы по применению радиоиммунологических обследований на малярию, шистозоматоз и туберкулез.

● *Ядерная медицина in-vivo.* Основное назначение ядерной медицины — изучение функционирования различных органов с помощью радиоактивных индикаторов. Наиболее распространенное применение *in-vivo* — воспроизведение изображения органов,

Пациенту вводятся радиофармацевтические препараты, селективно локализуемые в органах и обнаруживаемые различными устройствами, воспроизводящими их изображение. Гамма-камера позволяет обеспечить визуализацию всего органа в течение нескольких секунд, и с помощью ЭВМ можно проводить последовательные функциональные обследования различных органов. Метод воспроизведения изображения органов получает быстрое распространение. В некоторых случаях Агентство предоставляет соответствующие приборы и вспомогательное оборудование, но основная его деятельность в этой области заключается в обеспечении подготовки специалистов и предоставлении услуг экспертов заинтересованным государствам-членам. Ввиду сложности установок значительное внимание необходимо уделять контролю за качеством и проведению ремонта, что предполагает наличие мастерских, соответствующей документации и программ координируемых исследований. В связи с этим научные симпозиумы и семинары, совместно проводимые МАГАТЭ и ВОЗ, стали ценным каналом обмена информацией.

Радиотерапия

Радиотерапия раковых больных с целью разрушения быстро распространяющихся злокачественных клеток хорошо известна. В особых случаях терапевтическое облучение совмещается в настоящее время с другими физико-химическими способами воздействия, такими как температура (гипертермия) или кислород (гипоксические сенсibilизаторы клеток), для усиления клинических преимуществ при сравнительно небольших дозах излучения. На совместно проведенном МАГАТЭ и ВОЗ международном симпозиуме по радиотерапии в развивающихся странах были рассмотрены различные проблемы в этой важной области здравоохранения, что способствовало идентификации соответствующих потребностей во многих странах.* Значительная деятельность в целях содействия совершенствованию радиотерапии рака проводится в рамках технического сотрудничества в области подготовки радиотерапевтов, радиологов и биофизиков.

Египетский проект борьбы с раком, осуществляемый МАГАТЭ и правительством Египта в сотрудничестве с ВОЗ и при финансовой поддержке Италии, является хорошим примером применения радиотерапии, отвечающим потребностям и социально-экономическим условиям развивающихся регионов. Основное внимание уделяется брахитерапии (лечение на близком расстоянии) карциномы шейки матки с помощью внутрисполостного источника облучения с цезием-137, загружаемым вручную. Организованные по этому проекту учебные курсы помогли 95 специа-



Радиотерапия внешним пучком. (Фото СЕА)

листам из Египта и некоторых других африканских стран пройти практику по этой специальности. (Агентство планирует провести в 1989 г. семинар для Африки по организации радиотерапии и подготовке специалистов в этой области). По программе технического сотрудничества Агентства, известной как Региональное совместное соглашение (РСС), оказывается содействие применению радиотерапии в Азии и в странах Тихого океана. Учебные курсы в Малайзии привлекли специалистов по радиотерапии и биофизиков из 11 стран. Хотя основной темой курсов было лечение карциномы шейки матки, рассматривались и другие методы лечения, например, с применением классических источников излучения с радием-226, вновь созданным источником с калифорнием-252 и с дистанционными устройствами „с последующей загрузкой”, дающими мощные дозы.

Ядерные аналитические методы

Изучение проблем питания человека является той областью, в которой ядерные методы находят значительное применение. Эксперты считают, что для хоро-

* Труды симпозиума можно приобрести в МАГАТЭ. Ссылка — STI/PUB/719. В отношении заказа информации см. раздел *Keep Abreast*.

шего здоровья требуются в различных количествах примерно 15 основных микроэлементов, таких как йод, железо, медь, цинк, кобальт и селен. Программы Агентства содействуют проведению исследований для определения фактического потребления человеком в рационе питания микроэлементов в различных странах и для сравнения их с рекомендуемыми количествами. Собираются образцы рационов из 12 промышленных и развивающихся стран. *Впервые* дается оценка питанию, содержащему все малые и микроэлементы (всего 24), имеющие значение в питании. Семнадцать из 24 элементов определяются нейтронным активационным анализом (НАА). Агентство создало также новые эталонные вещества для полного рациона, удостоверенные для 22 элементов, с помощью 79 участников из 33 стран. Из всех полученных результатов на долю НАА приходится одна треть. Предварительные результаты показывают, что фактическое потребление многих основных микроэлементов в некоторых странах значительно меньше рекомендуемых норм.

Влияние дефицита микроэлементов становится совершенно очевидным и распространенным: только в Азии, например, свыше 400 миллионов человек страдают в различной степени от нехватки йода. Большинство же микроэлементов проявляет свое воздействие в более острой, но менее заметной форме, и лишь сравнительно недавно стало очевидным, что их нехватка имеет место в значительно большей мере, чем ранее предполагалось. Многие страны обогащают отдельные пищевые продукты такими микроэлементами, как йод и железо и поддерживают исследования в отношении меди, цинка, селена и других элементов.

Исследования окружающей среды в связи с охраной здоровья. В этой области внимание также сфокусировано на применении ядерных аналитических методов. Особое место занимают исследования токсичных тяжелых металлов, таких как ртуть, кадмий, свинец и мышьяк. Человеческий волос, например, оказывается лучшим индикатором воздействия этих элементов в окружающей среде и на работе. Особенно ртуть считается показателем отравления всего организма. Другие исследовательские программы связаны с методологией определения соответствия национальных и международных правил по установлению максимально допустимых концентраций токсичных элементов в пищевых продуктах, а также загрязнения окружающей среды твердыми отходами, такими как угольная копоть и жидкие отбросы. Контроль за качеством является составной частью проводимых исследований и поддерживается разработкой новых эталонных веществ и аналитических методов.

Радиационная биология

Развивающиеся страны испытывают острую нехватку стерилизующих установок в своих медицинских центрах. В связи с этим у Агентства возникает растущая потребность в создании небольших установок радиационной стерилизации. Из 135 крупных гамма-излучателей, которыми располагают 42 страны, в развивающихся странах находятся 20, причем большая часть из них создана при технической и научной поддержке Агентства. Такие медицинские изделия, как шприцы, иглы, ланцеты, шланги для



Ученый наблюдает за культурами клеток во время образования моноклональных антител. (Фото E.I. du Pont de Nemours & Co., Inc.)



Ядерные методы могут использоваться для оценки и лечения опухолей щитовидной железы, вызываемых нехваткой микроэлемента (йода). Функционирование щитовидной железы может быть определено обследованиями *in-vitro* соответствующих гормонов, а анатомический и патологический диагнозы устанавливаются с помощью методов *in-vivo*, таких как сцинтиграфия. Для лечения некоторых опухолей щитовидной железы применяется радиотерапия. (Источник: "SEARO Regional Health Papers" № 10, Региональное бюро Всемирной организации здравоохранения для Юго-Восточной Азии, Нью-Дели, 1985 г.)

вливаний, катетеры, нити для сшивания ран, скальпели, марлевые тампоны, бинты, фармацевтические препараты и даже живая ткань для пересадки, требуются в больницах всех стран. Неосторожное использование предметов, зараженных микроорганизмами, может вызвать инфекции, зачастую с фатальными последствиями. Очень эффективно гамма-излучение кобальта-60, позволяющее осуществлять „холодную“ стерилизацию чувствительных к теплу пластиков после их упаковки. В отличие от обычного стерилизующего средства — этиленоксида — облучение не оставляет на обрабатываемых медицинских изделиях никаких токсичных остатков, могущих повредить здоровью.

Радиационная биология применяется и в изучении питания человека. Объединенный отдел МАГАТЭ и Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО) поддерживает координируемые исследования по применению ядерных методов для повышения питательной ценности маниоки — основного продукта питания во многих тропических странах.

Дозиметрия

Сеть МАГАТЭ/ВОЗ. В области метрологии лишь немногие страны располагают первичными эталонами для измерения ионизирующих излучений. Государства-участники „Конвенции Метра“ имеют возможность сравнить национальные эталоны измерения с эталонами Международного бюро мер и весов (МБМВ) или обратиться с просьбой о калибровке, если имеется вторичный эталон. Однако примерно лишь в половине из 47 государств — участников конвенции имеются национальные эталоны измерения в дозиметрических целях. Ввиду широкого применения ионизирующих излучений требуется решение проблем, связанных

с отсутствием необходимых калибровочных установок. Поэтому МАГАТЭ предложило создание лабораторий по калибровке дозиметров, работа которых поддерживалась бы уже существующими лабораториями первичных эталонов и координировалась бы МАГАТЭ и ВОЗ. Такая сеть дозиметрических лабораторий вторичных эталонов (ДЛВЭ) была создана за последнее десятилетие, главным образом, для развивающихся стран и включает в настоящее время 60 лабораторий (46 из них находятся в развивающихся странах).

Большинство ДЛВЭ были созданы для обеспечения калибровки дозиметров и для содействия повышению качества в дозиметрии радиационной терапии и радиационной защиты. С расширением терапевтического применения радиации необходимость в точном измерении доз излучения будет возрастать. Хотя в радиационной защите и в некоторых дозиметрических измерениях окружающей среды не требуется высокая точность, опыт Чернобыля указывает на необходимость лучшей калибровки и большей надежности дозиметров для малых доз. В этих целях для ДЛВЭ была разработана программа обеспечения качества. Используя имеющиеся установки, можно организовать сравнение результатов измерений, проведенных в различное время, в различных местах и с помощью различных приборов с тем, чтобы компетентные органы сделали соответствующие выводы. Центральной лабораторией в сети ДЛВЭ служит секция дозиметрии в Зейберсдорфской лаборатории Агентства. (Дополнительную информацию о работе секции можно найти в статье в Зейберсдорфской лаборатории).

Взаимное сравнение доз для радиотерапии. В 1970 г. МАГАТЭ и ВОЗ организовали службу взаимного сравнения доз для радиотерапии по почте. Термолюминесцентные дозиметры (ТЛД) изготавливаются и калибруются в МАГАТЭ, а затем отправляются по почте через ВОЗ в участвующие в этом сравнении больницы развивающихся стран. Здесь они подвергаются при

определенных условиях воздействию доз излучения, устанавливаемых больничной лабораторией. После возвращения дозиметров в лабораторию Агентства они проходят проверку, и участники уведомляются через ВОЗ о выходящих за пределы допустимых норм отклонениях в их показаниях и о возможных причинах этого с рекомендациями в отношении принятия необходимых мер. Каждый год рассылаются 200 дозиметрических наборов и 100–150 из них возвращаются и проходят проверку. Услугами этой службы пользовались 650 больниц. В среднем у 70 % больниц отклонения в показаниях дозиметров составляют $\pm 5\%$, тогда как в 70-х годах такой показатель был лишь у 60 % больниц. Считается, однако, что 90 % — реальная цель и этот вид услуг еще потребует в течение определенного времени. Служба расширит свою деятельность на все виды качества излучения, включая использование фантома человека.

Служба гарантированных доз и стандартизации мощных доз. МАГАТЭ организовало международную службу гарантированных доз (МСГД) в отношении мощных излучений и в целях содействия развитию дозиметрии как средства контроля за качеством в технологии радиационной обработки. Предполагается охватить коммерческие и некоммерческие радиационные установки, рассчитанные на поглощенные дозы гамма- и электронного излучения от 10 грей до 10 килוגрей. С июня 1985 г. были проверены свыше 200 доз для 27 установок в 18 странах. В целом результаты оказались очень хорошими. Однако отклонения находились в пределах между -20% и $+24\%$. Предполагается, что стандартизация дозиметрической технологии радиационной обработки позволит признать облучаемые продукты в законодательном порядке и послужит основой для международного разрешения свободной торговли.



Страницы прошлого... ██████████



В 60-х годах передвижная лаборатория МАГАТЭ использовалась в качестве учебного центра, вызывая живой интерес в посещаемых странах. На фото — эта лаборатория в Мексике, где одним из мест посещения был университет в Гуанахуато.



МАГАТЭ оказывает поддержку проектам по борьбе с насекомыми с использованием радиационных методов во многих странах, включая Нигерию, где с помощью проекта BICOT была уничтожена муха цеце в выделенной сельскохозяйственной зоне. Недавно область применения этого проекта, осуществляемого в кооперации с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО), была расширена.



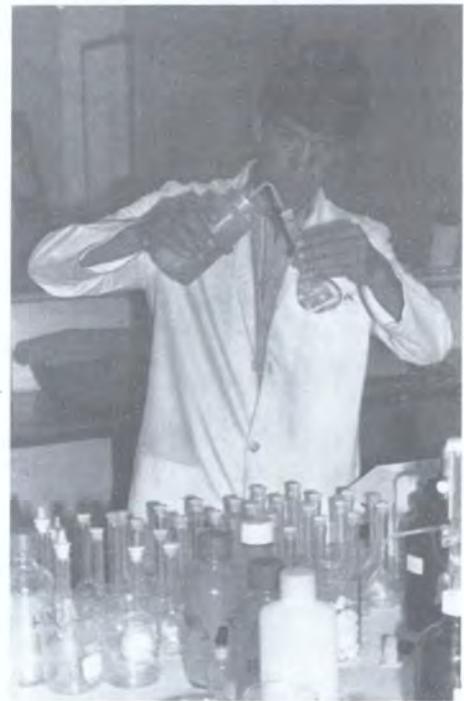
В 60-х годах около 20 стран прислали образцы зерен и стеблей риса в лаборатории МАГАТЭ в Зейберсдорфе в рамках исследовательского проекта по анализу использования удобрений с помощью ядерных методов.



В 1966 г. на Ямайке в Исследовательском институте тропического метаболизма Британского исследовательского совета при изучении детских заболеваний от недоедания использовалось ядерное оборудование, предоставленное МАГАТЭ.



Начиная с 70-х годов, МАГАТЭ и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) поддерживали сеть лабораторий, призванных способствовать повышению надежности измерений при использовании излучений для медицинских, промышленных и других целей. На фото — лаборант в дозиметрической лаборатории вторичных эталонов в Эквадоре, одной из 50 таких лабораторий, входящих в сеть, созданную при содействии МАГАТЭ и ВОЗ.



Обучение молодых специалистов применению ядерных методов было ключевым компонентом перечня услуг МАГАТЭ за 30 лет его существования. На фото — студент университета Макере в Кампале, Уганда, проходит обучение у прибывшего из МАГАТЭ ученого.

