

# АТОМНЫЙ КЛАССНЫЙ ЧАС



РОСАТОМ



**«МЕДИЦИНА. ПЕРСПЕКТИВЫ»**

# МЕДИЦИНА. ПЕРСПЕКТИВЫ.

(5–11 класс, 45 минут)

---

**Смысл** Основная идея урока - рассказ о ядерной медицине.

---

**Возраст и количество участников** Учащиеся 5-11 классов;  
работа в классе до 30 человек

---

**Ресурсное обеспечение** Особых требований нет

---

## ЭТАПЫ И ВРЕМЯ

## ОСНОВНАЯ ИДЕЯ ЭТАПА

### Этап 1. Введение. Что такое рак (7-10 минут)

Рак – серьёзное и опасное заболевание, которое на сегодняшний день является медико-социальной проблемой. Показатели смертности и заболеваемости во всем мире ежегодно возрастают, что связано с рядом причин, основными из которых являются изменение образа жизни, ухудшение экологии и увеличение влияния внешних и внутренних неблагоприятных факторов.

### Этап 2. Диагностика. Принцип работы рентгенографии (7-10 минут)

Рентгеновский аппарат представляет собой агрегат, применяющий рентгеновское излучение для получения информации о состоянии внутренних органов и костей для выявления патологий и их последующего устранения.

### Этап 3. Диагностика. Принцип работы КТ (5-7 минут)


Компьютерная томография – это рентгеновское исследование, при котором снимки делаются послойно, на различной глубине и обрабатываются затем с помощью компьютера. В результате получается объёмное изображение нужной области или внутреннего органа.

### Этап 4. Радионуклидная диагностика (5-7 минут)

Метод лучевой диагностики, широко используемый в мире, – это радионуклидная диагностика. Он основан на регистрации излучения введённых в организм радиофарм-препаратов – химических соединений, в молекулах которых содержится радионуклид.

### Этап 5. Терапия онкологических заболеваний (7-10 минут)

Ионизирующее излучение также используется с целью лечения ряда заболеваний, в первую очередь, онкологических, когда опухолевые клетки разрушаются под действием излучения. Этот метод получил название лучевой терапии и применяется для лечения разнообразных видов рака. Развитие способов воздействия ионизирующего излучения на опухоль привело к изобретению новых направлений радиохирургии, при которых высокая доза радиации однократно (либо за несколько сеансов) подаётся точно в границы опухоли и приводит к биологическому разрушению её клеток.



**Этап 6.**  
**Заключение**  
*(5 минут)*

Развитие ядерной медицины и терапии онкологических заболеваний облегчает течение болезни у пациентов или полностью приводит их к выздоровлению.

**Участники участвуют в обсуждении вопросов, возникающих в ходе беседы.**



## ВВЕДЕНИЕ

Рак – серьёзное и опасное заболевание, которое на сегодняшний день является медико-социальной проблемой. Показатели смертности и заболеваемости во всем мире ежегодно возрастают, что связано с рядом причин, основными из которых являются изменение образа жизни, ухудшение экологического состояния и увеличение влияния внешних и внутренних неблагоприятных факторов. Статистика онкологических заболеваний довольно неутешительна, ведь ежегодно в мире выявляется более 10 000 000 новых случаев злокачественных новообразований. Таким образом, ежедневно примерно 27 000 пациентам ставят этот диагноз. На сегодняшний момент в мире от рака страдают более 14 000 000 человек, из которых 8 200 000 погибают. В целом показатели смертности и заболеваемости в мире увеличиваются, но показатели при отдельных формах патологии снижаются благодаря внедрению передовых методов диагностики и лечения. По прогнозам ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), за 20 лет показатели смертности и заболеваемости от рака увеличатся в 2 раза: число новых случаев заболевания вырастет с 10 млн. до 20 млн., а летальность с 6 млн. до 12 млн.

В развитых странах в последние годы отмечается снижение смертности и заболеваемости за счёт улучшения мер профилактики и методов диагностики, а также улучшения качества специализированной помощи. Одним из ведущих направлений борьбы с онкологическими заболеваниями является ядерная медицина – раздел клинической медицины, в которой используют для диагностики и лечения заболеваний радионуклидные препараты, а также применяют метод лучевой терапии. Другими словами, в ядерной медицине излучение используется для диагностики и терапии заболеваний. Стоит отметить, что современная ядерная медицина помимо лечения онкологии эффективна при лечении кардиологических и неврологических заболеваний.

Сегодня мы поговорим о таких методах использования излучения, как рентгенодиагностика, компьютерная томография и радионуклидная диагностика в качестве диагностического инструмента, а также о нескольких методах использования излучения в терапии.

## ДИАГНОСТИКА

### ПРИНЦИП РАБОТЫ РЕНТГЕНОГРАФИИ

Рентгеновский аппарат представляет собой агрегат, применяющий рентгеновское излучение для получения информации о состоянии внутренних органов и костей, выявления патологий и их последующего устранения.

Конструктивно рентгеновский аппарат представляет собой установку, состоящую из:

1. питающего устройства, которое предназначено для регулирования радиационных параметров и обеспечения аппарата электроэнергией;
2. одной или нескольких трубочек (излучателей);
3. устройства, которое преобразует рентгеновское излучение в видимое изображение, доступное для наблюдения;
4. штативов, с помощью которых можно управлять аппаратом.

Аппарат надёжно защищён толстым корпусом из свинца. Атомы этого металла отлично поглощают рентгеновские лучи, что позволяет обеспечить безопасность для медицинского персонала и точно направить лучи на объект исследования через отверстие, имеющееся в корпусе аппарата.

Устройство рентгеновского аппарата долгие годы остаётся неизменным и в целом состоит из одних и тех же элементов: генератора, источника излучения, внешней контрольной панели и прочих периферических и вспомогательных узлов.

Медицинский рентген-аппарат позволяет проводить неинвазивную оценку костно-мышечных тканей организма. С его помощью осуществляется диагностика и лечение различных заболеваний.

Формирование рентгенограммы включает три отдельных этапа:

1. создание рентгеновского луча;
2. взаимодействие его со структурами пациента, подвергнутыми визуализации;
3. получение изображения.

Рентгеновские лучи, проходя сквозь тело, проецируются на пленку. Но они по-разному поглощаются тканями (в зависимости от их химического состава). Больше всего впитывает себя рентгеновские лучи кальций, входящий в состав костей. Поэтому они на снимке будут яркими, белого цвета. Мышцы, соединительные ткани, жидкость и жир не так интенсивно поглощают лучи, поэтому на снимке они будут иметь оттенки серого цвета. Меньше всего впитывает рентгеновские лучи воздух. Поэтому содержащие его полости будут самыми тёмными на снимке.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ КТ

Компьютерная томография — это рентгеновское исследование, при котором снимки делаются послойно, на различной глубине и обрабатываются затем с помощью компьютера.

Идея компьютерной томографии (КТ) была предложена нейрорентгенологом W. Oldendorf в 1961 г. На её основе английский инженер G. Hounsfield создал в 1968 г. первый аппарат КТ, получивший название «EMI-scanner». Результаты клинической апробации этого аппарата были представлены в 1972 г. на ежегодном конгрессе Британского института радиологии. С этого момента началось бурное техническое развитие КТ и успешное применение этого метода лучевой диагностики в клинической медицине. В 1979 г. А. Cormack и G. Hounsfield были удостоены Нобелевской премии по медицине за создание нового метода лучевой диагностики — рентгеновской компьютерной томографии.

Эволюция компьютерной томографии связана с усовершенствованием оборудования, необходимым для увеличения качества получаемого изображения и уменьшения времени сканирования, и насчитывает 4 этапа:

1 этап — создание первого компьютерного томографа в 1973 г. КТ-аппараты первого поколения были пошаговыми. Была одна трубка, направленная на один детектор. Сканирование производилось шаг за шагом, аппарат делал по одному обороту на слой. Один слой изображения обрабатывался около 4 минут.

2 этап — использование веерного типа конструкции КТ-аппарата. На кольцо вращения напротив рентгеновской трубки устанавливалось несколько детекторов. Время обработки изображения уменьшилось до 20 секунд.

3 этап — введение технологии спиральной компьютерной томографии. Трубка и детекторы за один шаг стола синхронно осуществляли полное вращение по часовой стрелке, что значительно уменьшило время исследования.

Увеличилось и количество детекторов. Время обработки и реконструкций заметно уменьшилось.

4 этап – создание современных компьютерных томографов, которые имеют 1088 люминесцентных датчиков, расположенных по всему кольцу гентри. Вращается лишь рентгеновская трубка. Благодаря этому методу время вращения сократилось до 0,7 секунд. Но существенного отличия в качестве изображений с КТ аппаратами 3-го поколения не имеет.

Современные аппараты КТ характеризуются хорошей диагностической эффективностью, высоким качеством и разрешающей способностью получаемых изображений, значительной скоростью исследований, относительно не-высокой себестоимостью исследований. Это делает КТ ценным методом лучевой диагностики в клинической практике.

Основными блоками компьютерного томографа являются:

- 1) гентри (внутри которого устанавливаются рентгеновская трубка, колли-мирующая система, детекторы, измеряющие интенсивность излучения, и система перемещений трубки и детекторов) со столом, на котором располагается пациент;
- 2) генератор рентгеновского излучения, обеспечивающий рентгеновскую трубку необходимой энергией;
- 3) компьютерная система, осуществляющая управление блоками томографа, сбор, обработку и хранение данных;
- 4) консоль оператора, обеспечивающая взаимодействие с пользователем, которая позволяет вводить данные, идентифицирующие пациента, отображает изображения и предоставляет средства для их обработки.

КТ-изображение представлено в цифровом виде. Оно состоит из большого количества пикселей, яркости которых записываются в форме матрицы. Яркость пикселя отражает ослабление (абсорбцию) рентгеновского излучения соответствующим вокселем.

Сам принцип работы КТ прост – рентгеновская трубка излучает множество лучей в виде узких пучков, которые проходят сквозь тело пациента. После этого приёмник рентгеновских лучей, который поглощает луч, пройденный через тело пациента, воспринимает или поглощает его. По причине того, что тело человека забирает только часть лучей, приёмник воспринимает именно оставшийся пучок рентгеновского излучения.

После этого данные отправляются на компьютер, где с помощью программного обеспечения, которое построено на сложных математических алгоритмах, сравниваются две интенсивности – интенсивность пучка лучей, который был выпущен рентгеновской трубкой изначально, с интенсивностью того пучка лучей, который дошёл до приёмника. Разные ткани организма поглощают разное количество лучей, следовательно, вышедшая интенсивность для каждого органа будет своя. Программное обеспечение анализирует полученную информацию и выстраивает трёхмерную картинку исследуемой части тела, которая выводится на монитор, печатается на специальной плёнке и просматривается медиками на негатоскопе.

Иногда для лучшей визуализации внутренних органов, сосудов используются контрастные вещества – контрасты (их также называют красителями), которые вводятся в организм, как правило, перорально или внутривенно.

Подводя итог, можно сказать, что компьютерная томография является ценным методом лучевой диагностики благодаря высокой диагностической эффективности, хорошему качеству и разрешающей способности получаемых изображений, высокой скорости исследований, относительно невысокой себестоимости исследований.



## РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА

Ещё один метод лучевой диагностики, широко используемый в мире, — это радионуклидная диагностика. Он основан на регистрации излучения введённых в организм радиофармпрепаратов — химических соединений, в молекулах которых содержится радионуклид. Радиоиммунологическая диагностика помогает изучить как организм в целом, так и клеточный метаболизм, что очень важно именно для онкологии. Определяя степень активности раковых клеток и распространённость процесса, радионуклидная диагностика помогает оценить правильность выбранной схемы лечения и вовремя выявить возможные рецидивы болезни. Чаще всего злокачественные новообразования удаётся обнаружить в самой ранней стадии развития, что уменьшает возможную смертность от рака и значительно сокращает количество рецидивов у таких больных.

Существует два метода проведения радионуклидной диагностики:


- *in vitro* (без введения в организм радиофармацевтических препаратов). Это безопасный метод в отношении облучения и может применяться у всех больных. Для анализа используют кровь или другую биологическую среду и диагностические тест-наборы.
- *in vivo* (с введением в организм радиофармацевтических препаратов). Этот метод имеет ограничения для женщин с возможной или подтверждённой беременностью, кормящих матерей, а также детей.

Для успешного проведения исследования с помощью радионуклидной диагностики необходимо сочетание трёх важных факторов:

- Квалифицированного персонала.
- Высокотехнического инновационного оборудования.
- Качественных радиофармпрепаратов (радиофармпрепараты, используемые в исследованиях, должны соответствовать необходимым требованиям в отношении химической, радионуклидной и радиохимической чистоты).

Радиофармпрепарат может быть введён в организм различными способами. Выбор способа введения зависит от цели исследования и от того, какой орган или систему органов нам нужно продиагностировать:

- энтеральный — нуклиды попадают в кровь из кишечника; чаще всего применяется при радионуклидной диагностике щитовидной железы;
- внутривенный — используется для обследования большинства органов; подкожный — важен при оценке функциональности лимфоузлов и сосудов, также препарат может быть введён непосредственно в лимфатические узлы;
- ингаляционный — нужен для визуализации вентиляции лёгких и кровообращения в головном мозге;
- внутримышечный — незаменим при оценке кровообращения;
- спинномозговой — препарат вводится непосредственно в канал для его обследования;
- внутриартериальный.
- В зависимости от целей проведения диагностики проводят либо диагностику с получением изображения на мониторе компьютера, либо без него.
- Наиболее распространена радионуклидная диагностика с получением изображения, которая подразделяется на:
  - сканирование (сцинтиграфию);
  - динамическую сцинтиграфию.



Сканирование позволяет получить данные о морфологических особенностях органов и систем и их последовательное изображение во всех точках. При использовании сцинтиграфии гамма-камера позволяет быстро (за 30-40 мин) провести исследование и обработать данные при помощи компьютера.


Динамическая сцинтиграфия расширяет исследование за счёт получения не только морфологических, но и функциональных данных. Информация, получаемая от органов во время исследования, отображается в виде серии топограмм. Накладывая топограммы друг на друга, мы можем получить представление о динамических изменениях в органе за время прохождения через него радиофармацевтического препарата. Визуальный анализ позволяет оценить положение органа, его размеры, очаги изменений в нём. Динамическая сцинтиграфия также изучает функциональные особенности исследуемого органа. К такому типу исследований можно отнести радионуклидную ангиографию, гепатобилисцинтиграфию, динамическую сцинтиграфию отдельных органов.

В целом аппарат для осуществления радионуклидной диагностики включает в себя сцинтилляционную или гамма-камеру, которая при поглощении излучения преобразует его в электрические сигналы, отображаемые на экране компьютера.

После введения радиофармацевтического препарата в кровеносную систему больного препарат избирательно накапливается в органах и отображается в виде «горячих» зон, если речь идёт об опухолях. Существует методика, когда вводятся тропные к определённому органу фармпрепараты. В этом случае наличие рака отображает их на экране в виде пустоты, «холодной» зоны. Наличие метастазов даёт такой же результат.

Посредством полученных изображений даёт инновационный аппарат ОФЭКТ, помогающий получить объёмную, трёхмерную модель органа. При этом два независимых аппарата (ПЭТ и КТ) заменяются единственным устройством с вращающейся гамма-камерой. Один или несколько детекторов томографа при этом двигаются вдоль тела пациента, что позволяет изучить такие трудно диагностируемые участки тела, как брюшная полость и органы грудной клетки. Сканирование занимает значительно меньше времени по сравнению со стандартным исследованием и даёт более полную картину заболевания.

Благодаря радионуклидной диагностике становится возможным изучение злокачественных образований таких органов, как щитовидная железа, почки, печень, легкие, кровеносная система. При наличии рака костей или метастазов в них применяют сцинтиграфию скелета. Метод является практически безопасным и может проводиться ежемесячно без ущерба для здоровья пациента. Такое исследование очень информативно, так как, в отличие от рентгенограммы, указывает на изменения в костях ещё до появления признаков их разрушения.



## ТЕРАПИЯ

Ионизирующее излучение также используется для лечения ряда заболеваний, в первую очередь, онкологических, когда опухолевые клетки разрушаются под действием излучения. Этот метод получил название лучевой терапии и применяется для лечения разнообразных видов рака. В настоящее время более половины больных, страдающих тем или иным видом рака, успешно лечатся с помощью облучения. Облучение может использоваться в виде самостоятельного метода лечения или в комплексе с другим методом (хирургическое удаление опухоли или химиотерапия).

Для проведения лучевой терапии используют специальные сложные аппараты, которые позволяют достичь главной цели лучевой терапии – максимально облучить опухолевые клетки и минимально повредить здоровые клетки. Эти аппараты различаются по принципу действия и применяются в разных целях.

Развитие способов воздействия ионизирующего излучения на опухоль привело к изобретению новых направлений, например, радиохирургии (Гамма-Нож, КиберНож), при которых высокая доза радиации однократно (либо за несколько сеансов) подаётся точно в границы опухоли и приводит к биологическому разрушению её клеток.

Гамма-нож – установка для радиохирургического лечения заболеваний церебрального, спинального характера. Впервые метод стал применяться в конце 80-х годов прошлого века, изначально предназначался исключительно для применения на головном мозге – в частности, для удаления опухолей доброкачественного либо злокачественного происхождения.


Современный Гамма-Нож – это высокотехнологичное компьютеризированное устройство, в котором используются самые новейшие достижения медицинской радиологии, нейрохирургии и робототехники. Подобно нейрохирургической операции, процедура лечения проводится однократно, однако при этом отсутствуют разрезы кожи и нет необходимости проводить трепанацию черепа.

В чём суть метода? Излучение от 196 источников  $^{60}\text{Co}$  проходит через отверстия в коллиматорных шлёмах к выбранной целевой точке. При этом излучение каждого отдельного пучка не оказывает повреждающего действия на мозг, но, сходясь в изоцентре, они создают высокую суммарную дозу, достаточную для гибели опухоли. Точность наведения составляет менее 0,5 мм, что полностью исключает облучение здоровых тканей мозга и всего тела. Под действием высокой дозы облучения происходит разрушение ДНК опухолевых клеток, которые теряют способность к делению и постепенно погибают. Некоторые опухоли полностью “рассасываются” и исчезают, некоторые остаются прежнего размера либо уменьшаются и больше никогда не растут.

Радиохирургия считается самым значимым достижением в развитии нейрохирургии за последние 20 лет. Благодаря своей надёжности, точности и эффективности Гамма-Нож считается «золотым стандартом» в радиохирургии.

Первая операция с использованием Гамма-Ножа была проведена в 1968 году, за прошедшее время пролечено около миллиона пациентов.

На сегодняшний день существует более 300 отделений Гамма-Ножа во всех развитых странах мира. Сейчас в мире насчитывается чуть более 300 установок Гамма-нож. Почти 50% мирового запаса аппаратуры сосредоточено в клиниках США, порядка 15% в Японии. Остальное количество оборудования неравномерно распределено по всему миру, на отдельных территориях их вообще нет в спектре нейрохирургии.



С недавних пор GammaKnife в ограниченном количестве появились и в России, основная их доля находится в клиниках Москвы и Санкт-Петербурга. Перспективными станциями для радиохирургии последнего поколения оснащены профильные медцентры самых востребованных стран высокой медицины – Израиля, Германии, Кореи и Чехии. В РФ медучреждения, использующие современные технологии радиохирургии, есть в Москве, Санкт-Петербурге, Ханты-Мансийске, Уфе, Новосибирске.

## **РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА**

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики начал отработку медицинских методик применения аппарата для терапии оксидом азота «Тианокс». Аппарат предназначен для производства ингаляционного оксида азота в терапии широкого ряда заболеваний (заболеваниях сердечно-сосудистой системы, реанимационном и анестезиологическом отделении, отделении интенсивной терапии).

«Тианокс» синтезирует монооксид азота из окружающего воздуха в газовом разряде и подаёт его в нужных количествах прямо в лёгкие пациента. По мнению академика РАН, д.м.н., профессора Александра Григорьевича Чуча-лина, повсеместное внедрение аппарата для терапии оксидом азота «Тианокс» в медицинскую практику позволит увеличить среднюю продолжительность жизни в России на 2,5 года.

### **Принцип работы.**

Основной элемент «Тианокса» – генератор, внутри которого в разрядной камере из воздуха синтезируется монооксид азота. Далее он по магистрали вдоха (гибкому шлангу) подаётся в дыхательный тракт пациента. Перед тем как NO попадает в дыхательную маску, аппарат берёт из шланга пробу на газоанализ.

Врач с помощью переключателя выставляет необходимую по методике лечения концентрацию NO. На протяжении всей процедуры «Тианокс» автоматически замеряет концентрацию, делает продувку измерительного тракта и даже сам себя очищает.

В «Тианоксе» есть опция выставления порогов концентрации: аппарат автоматически отключится, если что-то пойдёт не так. После отключения устройство подаёт звуковой сигнал.

