

УДК 53.043

УСКОРИТЕЛИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Умаргазина Малика Умиргановна

malika.umargazina@icloud.com

Студент 5 курса специальности «Ядерная физика» ЕНУ им. Л.Н. Гумилева,

Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – и.о. доцента А.Б. Усеинов

Абстракт: Лучевая терапия представляет собой метод лечения, принцип которого заключается в приложении к глазу радиоактивной пластины, испускающей излучение, способной атрофировать опухолевую зону и, в свою очередь, предотвратить ее повторное появление и рост. В статье представлен анализ методов лучевого лечения, приведены наиболее существенные достижения в этой области медицины.

В нынешнее время практически всем пациентам с онкологическими заболеваниями предназначена лучевая терапия. Данный вид терапии прочно зарекомендовал себя как лучший и действенный метод борьбы со злокачественными новообразованиями. Сейчас для осуществления радиотерапии применяют ультрасовременные технологии, редкостные достижения в области компьютерной техники и электроники. Применение таких улучшенных методов позволяет подводить наибольшие дозы точно в опухоль и не травмировать здоровые ткани. Но история лучевой терапии начиналась совсем не с медицины, а с физики. А именно с

трех открытий, сделанных гласными учеными практически одновременно: В 1895г. — В.К. Рентген открыл рентгеновское излучение. 1896г. — А. Беккерель открыл явление естественной радиоактивности. 1898г. — Э. Резерфорд открыл составляющие в излучении урана и назвал их первыми буквами греческого алфавита альфа-, бета-, и гамма-излучение. 1898г. — супруги Пьер Кюри и Мария Складовская открыли радиоактивные свойства полония и радия [1,2].

К сожалению, как и во всем мире в Республике Казахстан происходит увеличение заболеваемости злокачественными опухолями, поэтому проблемы профилактики, диагностики и лечения онкологической патологии являются особо болезненными. Между трех основных методов лечения злокачественных новообразований (химиотерапевтического, хирургического, лучевого) лучевая терапия занимает главное место по частоте и широте спектра употребления [2].

Лучевая терапия в современной онкологии является одним из самых важных методов лечения злокачественных опухолей. Улучшения в области лечения онкологических заболеваний в последние десять лет в основном связаны с достижениями лучевой терапии. В Европе из 10 миллионов человек, живущих в сегодняшнее время после перенесенного онкологического заболевания, лучевую терапию получили больше 50%. В экономически развитых странах лучевая терапия используется каждый год у 60-70% онкологических больных. В последние десять лет успехи лучевой терапии связаны преимущественно с ее коренным техническим перевооружением. Результаты лучевой терапии зависят от качества клинической топометрии, предназначенной для точного позиционирования пучка излучения. Ошибка в четкости наведения пучка излучения допускается не более 2%. Доза излучения при лучевой терапии злокачественных опухолей находится на пределе толерантности окружающих здоровых тканей. Изменение дозы всего на 5% может привести к отсутствию планируемого терапевтического эффекта [3]. Эти жесткие требования ведут к постоянному техническому совершенствованию лучевой терапии. В связи с этим важнейшим требованием является обеспечение гарантии качества лучевой терапии. Система ее гарантии охватывает весь процесс лучевого лечения больных, и в первую очередь задачу оптимальной доставки дозы излучения к патологическому очагу.

В течении 30 лет лучевая терапия потерпела значительные изменения, связанные с научно-техническим прогрессом в методах получения диагностических изображений и дозного распределения в неоднородной среде. Это позволило значительно усовершенствовать планирование и проведение лучевой терапии.

На сегодня лучевая терапия онкологических больных осуществляется путем:

- 1) дистанционное, применяемое у 95-98% больных, подлежащих лучевой терапии;
- 2) контактное (аппликационное, внутрисполостное, внутритканевое);
- 3) системное (внутрисосудистое, внутрисплевральное), используемое не более чем в 0,5% случаев.

Основу технических средств современной лучевой терапии составляют гамма-терапевтические аппараты и линейные ускорители. Причем, в последнем случае может быть использовано как фотонное, так и электронное излучение.

Пока что условно все методы дистанционной радиотерапии можно разделить следующим образом: конвенциональное облучение (conventional irradiation), конформное (conformal irradiation) и интенсивно модулированная радиотерапия (intensity-modulated radiation therapy – IMRT), корректируемая по изображениям (image guided radiation therapy – IGRT).

Конвенциональное (традиционное) лучевое лечение базируется в основном на использовании сравнительно простых методик облучения пациентов (формированием полей облучения при помощи диафрагм с неизменяемой степенью поглощения ионизирующего излучения, стандартных свинцовых блоков и клиновидных фильтров, болюсов). Выбор центра и границ поля при конвенциональной лучевой терапии осуществляется на основе проекционного изображения, полученного под заданным углом.

Для конвенционального лучевого лечения также характерно применение двумерного планирования с использованием для позиционирования облучаемого объема рентгенографии

или шаговой компьютерной томографии и рентгеновского симулятора облучения. В конвенциональной лучевой терапии, как правило, не вводятся цифровые копии рентгенограмм и компьютерных томограмм в компьютерную систему планирования облучения (КСПО), а используются твердые копии лучевых изображений. План облучения проверяется на симуляторе и реализуется на линейном ускорителе электронов или дистанционном гамма-аппарате. Для дозиметрического обеспечения лечебного процесса используются водные фантомы с устройствами перемещения датчиков и простейшие тканеэквивалентные фантомы. Традиционная лучевая терапия до сих пор используется в клинической практике.

Конформное облучение (conformal irradiation) явилось следующим этапом развития лучевой терапии. При конформном радиационном воздействии обязательно используется трехмерное планирование облучения. Применяются аппараты, включающие рентгеновский симулятор облучения и компьютерную томографическую приставку (симулятор-КТ), что позволяет провести более точную подготовку пациента к лучевой терапии, в том числе и через поля облучения сложной конфигурации.

Более актуальные средства определения облучаемого объема представлены КТ-симулятором, в основе которого спиральный рентгеновский компьютерный томограф, обеспечивающий трехмерное изображение опухоли и окружающих здоровых тканей.

При конформном облучении для создания более точного дозового распределения в облучаемом объеме применяются различные варианты фигурных блоков.

Одной из важнейших технологий конформной лучевой терапии является технология гамма-ножа (Leksell Gamma Knife) – установка для стереотаксической радиохирургии преимущественно патологий головного мозга. Источниками ионизирующего излучения в гамма-ноже являются 201 источник радиоактивного кобальта (^{60}Co) с начальной активностью около 30 Ки (1,1 ТБк) каждый. Источники зафиксированы в защитном кожухе по диаметру полусферы [4].



Рисунок 1- Установка гамма-нож и трехмерное планирование облучения

Дозовое распределение, порождаемое источниками, близко к сферическому. Излучение от всех источников собирается вместе и действует подобно неинвазивному хирургическому ножу (к патологическому очагу одно-кратно подводится доза до 60-70 Гр, достаточная для гибели опухоли или облитерации сосудистой мальформации). Диаметр изодозовой сферы определяется вторичным сменным коллимационным шлемом из вольфрама. Подобно нейрохирургической операции, процедура лечения проводится однократно, однако при этом отсутствуют разрезы кожи и нет необходимости проводить трепанацию черепа. Радиохирургия считается самым значимым достижением в развитии нейрохирургии за последние 20 лет.

Благодаря своей надежности, точности и эффективности гамма-нож считается «золотым стандартом» в радиохирургии.

Первая операция при помощи этой технологии была проведена в 1968 году, за прошедшее время пролечено около миллиона пациентов. На сегодняшний день существует более 300 установок гамма-нож во всех странах мира. Стоимость процедуры лечения с помощью стереотаксической радиохирургической системы гамма-нож дешевле, чем хирургическая операция вместе со всем комплексом лечебных и реабилитационных услуг. Гамма-нож применяется при лечении заболеваний грудной и брюшной полостей: рак печени, рак легких, рак пищевода, рак желудка, рак мочевого пузыря, рак желчных протоков, абдоминальные лимфатические метастазы рака; при лечении заболеваний головы: опухоль гипофиза, опухоль слухового нерва, опухоль тройничного нерва, менингиома, черепно-мозговые метастазы опухоли, аневризма, кавернозная ангиома, болезнь Паркинсона, невралгия тройничного нерва, эпилепсия. При лечении этих патологических состояний лучевая терапия по технологии гамма-нож обеспечивает сопоставимые или лучшие результаты по сравнению с хирургическими методами. Метод эффективен и может применяться при наличии патологических очагов размером не более 3-3,5 см. Обусловлено это тем, что при больших размерах лучевая нагрузка на здоровую ткань, а, следовательно, и вероятность развития постлучевых осложнений, становится чрезмерно высокой.

При IMRT имеет место непрерывная регулировка формы терапевтического радиационного поля в проекции запланированного объема мишени во время сеанса облучения. Использование IMRT в клинике требует абсолютно обязательного выполнения следующих условий:

- наличия корректного изображения первичной опухоли и окружающих ее структур, полученного с помощью лучевых методов диагностики;
- учета возможного физиологического движения мишени (опухоль) и других органов; жесткой иммобилизации пациента на лечебном столе радиотерапевтического аппарата.

Для иммобилизации при IMRT используется более жесткая иммобилизация, чем при конформной и конвенциональной лучевой терапии. Обычно на стол накладывается специальная планка из карбонового волокна, которая, в сочетании с применением термопластических материалов, дает возможность сохранять одно и то же положение пациента в течение всего времени проведения сеанса радиотерапии.

К планированию IMRT предъявляются достаточно жесткие требования. В облучаемом объеме выделяют понятие GTV (gross tumor volume) – большой опухолевый объем, т.е. опухоль определяется клиническими, лучевыми, инструментальными методами и клинический объем мишени (clinical target volume – CTV), т.е. зону, в которой необходимо ликвидировать макро- и микроскопические проявления злокачественной опухоли. CTV включает в себя макроскопический объем опухоли и ткани, в которых есть вероятность микроскопической опухолевой инвазии. Планируемый объем мишени (planning target volume – PTV) представляет собой зону, включающую клинический объем с добавлением для надежности по краю дополнительного объема облучения, связанного с изменением положения органов при дыхании больного, подвижностью органов и погрешностями оборудования. Планируемый объем органа риска (the-organ-at-risk-OAR) – это здоровые ткани и органы, попадающие в поле воздействия ионизирующего излучения при лучевой терапии.

Все перечисленные объемы и контуры кожи должны быть изображены на всех срезах, используемых для планирования. Для перечисленных структур нужно обязательно. Дозное распределение должно полностью соответствовать следующим критериям:

- <5% от OAR получает <60% от планируемой дозы;
- >95% PTV получает >95% от планируемой дозы;
- <10% PTV получает >120% от планируемой дозы.

IMRT обеспечивает более избирательное лучевое воздействие на опухоль по сравнению с конвенциональной и конформной лучевой терапией [5]. Быстро развиваются также методы преодоления проблемы перемещения опухолей и органов. Части тела перемещаются как в

период сеансов лучевой терапии, так и между ними вследствие дыхания, пищеварения и небольших отличий в положении пациента во время каждого сеанса лучевой терапии. Такое перемещение может приводить к получению чрезмерной дозы излучения нормальными тканями, окружающими опухоль, и неправильному лечению самой опухоли.

Лучевая терапия, корректируемая по изображениям (image guided radiation therapy – IGRT), предусматривает получение лучевых изображений опухоли, окружающих здоровых тканей непосредственно перед сеансом лучевой терапии и во время его. Эти изображения используются для определения перемещения опухоли и здоровых тканей и коррекции направления терапевтического пучка излучения в соответствии с вышеуказанными перемещениями. В соответствии с системой дыхательного «затвора», которая включает и отключает терапевтический пучок излучения синхронно с дыханием, можно ограничить лечение частью дыхательного цикла, когда опухоль находится в поле терапевтического пучка, и тем самым ограничить планируемый объем облучения. Это дает возможность увеличить поглощенную дозу в опухоли и уменьшить дозу, приходящуюся на окружающие ее здоровые ткани. При этой технологии может использоваться конусный или веерный пучок терапевтического излучения.

Веерный пучок излучения используется в наиболее современном методе лучевой терапии – томотерапии. Томотерапия представляет собой инновационный радиотерапевтический метод, позволяющий реализовать интенсивно модулированную радиотерапию (IMRT) и лучевую терапию с коррекцией изображения (IGRT). Метод основан на послойном облучении веерным пучком фотонов с модуляцией интенсивности и реализуется при помощи установки, комбинирующей в себе функциональные возможности линейного ускорителя и спирального компьютерного томографа. Установка для томотерапии представляет собой кольцевую консоль, в которой монтируются подсистемы линейного ускорителя и детекторов для компьютерной томографии.

В томотерапевтической системе вместо рентгеновского излучения, генерируемого рентгеновской трубкой для получения компьютерных томограмм, используется терапевтическое тормозное излучение высоких (мегавольтных) энергий, которое коллимируется в веерный пучок при помощи щелевидного многолепесткового коллиматора.

Модуляция интенсивности радиационного пучка достигается при помощи многолепесткового коллиматора, состоящего из набора пластин или лепестков. В процессе облучения лепестки могут перемещаться между двумя положениями – «закрыто» и «открыто», блокируя радиационный пучок в соответствии с заданным планом. Измерения интенсивности излучения, прошедшего через тело пациента в данном слое и достигшего системы сбора данных, позволяют реконструировать мегавольтные компьютерные томограммы, на основе которых производится коррекция укладки пациента в лечебном положении, а также дозиметрическая верификация сеанса радиотерапии.

Томотерапия обеспечивает замкнутый цикл для планирования, симуляции, подведения лечебной поглощенной дозы и верификации радиотерапии в рамках единой установки. Одним из самых важных ее преимуществ является значительное упрощение конформной терапии по сравнению с терапией конусными пучками без ухудшения возможностей формирования дозных полей.

Ключевым компонентом томотерапии является четырехмерное представление мишени и окружающих тканей, где четвертая временная координата должна рассматриваться в контексте изменения указанных структур в течение лечебного курса. Считается важным, что компьютерная томография на мегавольтных фотонах представляет информацию о числах Хаунсфилда, значение, которое необходимо для расчета дозы. В соответствии с этими данными проводится анализ лечебного плана.

Технологии IMRT и IGRT существенно улучшают результаты лучевой терапии, поскольку дают возможность подведения значительно большей дозы излучения, чем при конвенциональном лечении. Проведение лучевого лечения немелкоклеточного рака легкого в

условиях конформного облучения позволило повысить 5-летнюю выживаемость больных неоперабельным немелкоклеточным раком легкого с 4% до 28% при повышении суммарной дозы излучения на опухоль с 63-69 Гр до 92-103 Гр, соответственно.

При IMRT рака предстательной железы количество ранних лучевых поражений снизилось с 16% до 8%, поздних - с 15% до 5% по сравнению с конвенциональным методом лучевой терапии. Увеличение суммарной очаговой дозы на опухоль на 10-15% снизило риск местных рецидивов на 20-30%. IGRT увеличило частоту полной резорбции немелкоклеточного неоперабельного рака легкого - 90%.

Список использованных источников

1. Артемова, Н.А. Предлучевая подготовка с использованием объемного планирования: инструкция по применению / Н.А. Артемова, И.И. Минайло, А.Г. Страх, Е.Ф. Фидарова, С.А. Хоружик. – Минск, 2005 – 7 с.
2. Артемова, Н.А. Программа гарантии качества лучевой терапии / Н.А. Артемова, И.И. Минайло, И.Г. Тарутин // Онкологический журнал. - 2007. - Т.1, No1. - С. 28-36.
3. Бойко, А.В. Эволюция идеологии лучевой терапии на основе ее коренного технического перевооружения / А.В.Бойко // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2006. – Т. 51, No 1. – С. 46-53.
4. Бrame, А. Последние достижения в оптимизации планирования и проведения лучевой терапии / А.Бrame // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 1995. – Т. 40, No 5. – С. 70 – 81.
5. Виноградов, В.М. Перспективные методики лучевой терапии / В.М. Виноградов // Практическая онкология. - 2007. - Т.8, No 4. - С. 194-203.