**Стереотаксическая радиохирургия (stereotactic radiosurgery, SRS)**

В.Ю. Бекленищев - эксперт-физик по контролю за источниками ионизирующих и неионизирующих излучений, первой квалификационной категории.

История стереотаксической радиохирургии (SRS) начинается с 50-х годов прошлого столетия, когда Ларс Лекселл в 1952 г. впервые выполнил комбинированную нейрохирургическую операцию, сочетая методы стереотаксического вмешательства и радиохирургии. Пациенту вокруг головы устанавливали стереотаксическую рамку, на которой в разных плоскостях вращалась лампа. Операция произведена больному по поводу невралгии тройничного нерва. После облучения тройничного узла, у пациента исчезла продолжительная невралгическая боль.

В 1967 г. завершена разработка первого стереотаксического радиохирургического прибора гамма-ножа, в котором использовано гамма-излучение Со60. Гамма-нож применяли при лечении небольших артериовенозных мальформаций (АВМ) (с 1970 г.), а также опухолей мозга. В 80-х годах радиохирургические операции с использованием установки гамма-нож стали широко распространенными в мире.

В 1982 г., используя стереотаксический аппарат в сочетании с линейным ускорителем, осуществили фотонную деструкцию и облучение небольших опухолей и сосудистых мальформаций мозга. В 1987 г. изготовлен линейный ускоритель, управляемый стереотаксическим методом. С тех пор опыт и знания нейрохирургов, радио-онкологов, радиологов, медицинских физиков были направлены на широкое внедрение стереотаксической радиохирургии.

Стереотаксическая радиохирургия (stereotactic radiosurgery, SRS) - это область лучевой терапии, которая подразумевает применение высокоточного излучения. Первоначально SRS использовалась для лечения опухолей и других патологических изменений головного мозга. В настоящее время радиохирургические методики (под названием экстракраниальная стереотаксическая радиотерапия, или стереотаксическая радиотерапия тела (stereotactic body radiotherapy, SBRT)) применяются для лечения злокачественных новообразований любых локализаций.

Несмотря на свое название, SRS не является хирургической процедурой. Методика подразумевает высокоточную доставку большой дозы излучения к опухоли, в обход здоровых, рядом расположенных тканей. Это и отличает SRS от стандартной лучевой терапии.

При проведении стереотаксических радиохирургических вмешательств используются следующие технологии:

* Методики трехмерной визуализации и локализации, что позволяет определить точные координаты опухоли или органа-мишени
* Приспособления для иммобилизации и тщательного позиционирования пациента
* Методики проведения радиотерапии под визуальным контролем, которые подразумевают отслеживание положения опухоли в течение всего цикла облучения, что позволяет увеличить точность и эффективность лечения

Для определения локализации опухоли или другого патологического очага в организме, как и их точного размера и формы, используются методики трехмерной визуализации, такие как КТ, МРТ и ПЭТ/КТ. Полученные снимки необходимы для планирования лечения, в ходе которого пучки лучей подходят к опухоли с самых разных углов и под разными плоскостями, а также тщательного позиционирования пациента на процедурном столе во время каждого сеанса.

Как правило, стереотаксическое радиохирургическое вмешательство проводится одномоментно. Тем не менее, некоторые специалисты рекомендуют несколько сеансов лучевой терапии, особенно при крупных опухолях более 3-4 см в диаметре. Подобная методика с назначением 2-5 сеансов лечения носит название фракционированной стереотаксической радиотерапии.

SRS и SBRT вмешательства представляют собой важную альтернативу открытым хирургическим процедурам, особенно для пациентов, которые не в состоянии вынести операцию. Кроме этого, стереотаксические вмешательства показаны при опухолях, которые:

* Расположены в труднодоступных для хирурга местах
* Находятся рядом с жизненно важными органами
* Меняют свое положение при физиологических движениях, например, дыхании

Радиохирургические процедуры используются в следующих случаях:

для лечения многих опухолей головного мозга, включая:

* доброкачественные и злокачественные новообразования
* первичные и метастатические поражения
* одиночные и множественные опухоли
* остаточные опухолевые очаги после хирургического вмешательства
* интракраниальные поражения и опухоли основания черепа и глазницы

Экстракраниальная стереотаксическая радиотерапия в настоящее время применяется при злокачественных и доброкачественных опухолях небольшого или среднего размера, включая опухоли следующих локализаций:

* Легкие
* Печень
* Брюшная полость
* Позвоночник
* Предстательная железа
* Голова и шея

В основе SRS лежит тот же принцип, что и для других методов лучевой терапии. На самом деле, лечение не устраняет опухоль, а лишь повреждает ДНК опухолевых клеток. В результате клетки теряют способность к воспроизведению. После проведенного радиохирургического вмешательства размеры опухоли постепенно сокращаются в течение 1,5-2 лет. При этом злокачественные и метастатические очаги уменьшаются даже быстрее, иногда в течение 2-3 месяцев.

**Какие специалисты участвуют в проведении стереотаксических радиохирургических вмешательств?**

Проведение стереотаксических хирургических вмешательств, требует командного подхода. В группу входят онколог-радиолог, медицинский физик, дозиметрист и медицинская сестра радиологического отделения.

Результаты обследования и полученные снимки оценивает радиолог, что позволяет выявить патологический очаг в головном мозге или других органах.

Медицинский физик вместе с помощью специальных компьютерных программ разрабатывает план лечения. Специалист рассчитывает дозу излучения и определяет параметры пучка лучей для максимально полного воздействия на патологический очаг.

Радиолог занимается непосредственным проведением радиохирургического вмешательства. Специалист помогает пациенту разместиться на процедурном столе и управляет оборудованием из экранированного кабинета. Радиолог, который может общаться с пациентом по микрофону, наблюдает за ходом процедуры через смотровое окно или с помощью видеоаппаратуры.

Медицинская сестра радиологического отделения помогает пациенту во время и после процедуры и наблюдает за его состоянием, оценивая появление побочных эффектов лечения или других нежелательных явлений.

В некоторых случаях в лечении участвует невролог, нейрохирург или нейроонколог, который помогает выбрать наиболее подходящий метод лечения при опухолях или других поражениях головного мозга.

**Оборудование для проведения стереотаксических радиохирургических вмешательств.**

Выделяют три основных метода проведения стереотаксических радиохирургических операций.

**Гамма-нож** (Gamma - Knife)

 Для облучения органа-мишени используется 192 или 201 пучок четко сфокусированных гамма-лучей. Гамма-нож прекрасно подходит для лечения небольших или средних по размеру интракраниальных поражений.

Радиохирургическое лечение с помощью системы Гамма-нож состоит из четырех этапов: постановка фиксирующей рамки на голову пациента, визуализация положения опухоли, составление плана лечения с помощью компьютерной программы и процедура самого облучения.

В начале первого нейрохирург производит обезболивание кожи головы, а затем с помощью особых винтов фиксирует к черепу специальную прямоугольную стереотаксическую рамку. Это предупреждает нежелательные движения головой во время процедуры.

Во время второго этапа проводится магнитно-резонансная томография, что позволяет определить точное положение патологического участка по отношению к фиксирующей каркасной конструкции. В некоторых случаях вместо МРТ проводится компьютерная томография.

В течение следующего этапа, который длится около двух часов, пациент отдыхает. В это время группа лечащих врачей анализирует полученные снимки и определяет точное положение опухоли. С помощью специальных компьютерных программ разрабатывается план лечения, целью которого является оптимальное облучение опухоли и максимальная защита окружающих здоровых тканей.

В начале последнего этапа лечения пациент ложится на кушетку, а каркасная рамка фиксируется на его голове.

Перед началом лечения персонал переходит в соседний кабинет. Врач наблюдает за пациентом и ходом лечения с помощью камеры, установленной в процедурном кабинете. Пациент может общаться с медицинским персоналом по микрофону, вмонтированному в рамку.

Лечение проходит совершенно безболезненно, а сам аппарат не издает никаких звуков.

В зависимости от модели Гамма-ножа и плана лечения процедура проводится одномоментно или разбивается на несколько небольших сеансов. Общая продолжительность лечения составляет от 1 до 4 часов.

После окончания процедуры врач снимает с головы пациента фиксирующую рамку. В большинстве случаев сразу же после процедуры пациент может отправляться домой.

**Кибер-нож** (Cyber - Knife)

Это линейный ускоритель заряженных частиц в виде роботизированного манипулятора, используются с целью доставки высокоэнергетических рентгеновских лучей (фотонных пучков). Процедура может проводиться однократно или в несколько этапов, что носит название фракционированной стереотаксической радиохирургией.

Радиохирургическое лечение с помощью Кибер-ножа проходит аналогичным образом и также состоит из четырех этапов: установка фиксирующей рамки, визуализация патологического очага, планирование процедуры с помощью компьютерной программы и собственно облучение.

В отличие от Гамма-ножа, который в течение всей процедуры остается неподвижным, пучки лучей попадают в организм пациента под разными углами.

**Линейный ускоритель электронов  (Varian, Elekta)**

Развитие систем визуализации позволило соединить в конструкции современного линейного ускорителя модули отслеживания положения опухоли и высокоточной доставки ионизирующего излучения. Точность доставки и отслеживание положения опухоли в реальном времени позволяет подводить более высокие, радиохирургические дозы радиации точно в границы опухоли, используя традиционную конструкцию линейного ускорителя с поворотным гентри. Подобная модификация современного оборудования позволяет провести радиохирургию гораздо более крупных опухолей (по сравнению с возможностями КиберНожа), независимо от их локализации.

**Подготовка к проведению SRS и SBRT.**

Стереотаксические радиохирургические процедуры и SBRT обычно проводятся амбулаторно. Тем не менее, может потребоваться кратковременная госпитализация.

Возможно, что за 12 часов до сеанса потребуется прекратить прием пищи и жидкостей. Также важно узнать у врача об ограничениях в приеме лекарственных препаратов.

Врачу необходимо сообщить о следующем:

* О приеме лекарственных препаратов через рот или инсулина при сахарном диабете.
* О наличии аллергических реакций на внутривенно вводимые контрастные материалы, йод или морепродукты.
* О наличии искусственного водителя ритма, клапанов сердца, дефибриллятора
* О наличии клаустрофобии.

В большинстве случаев после завершения радиохирургического лечения или SBRT вернуться к привычной жизни можно через 1-2 дня.

Побочные эффекты радиотерапии являются результатом как непосредственного воздействия излучения, так и повреждения здоровых клеток и тканей рядом с опухолью.

Ранние побочные эффекты возникают во время или сразу же после прекращения лучевой терапии и обычно проходят в течение нескольких недель. Поздние побочные эффекты проявляются спустя месяцы или даже годы после радиотерапии.

Типичными ранними побочными эффектами радиотерапии считается утомляемость или усталость и кожные явления. Кожа в месте воздействия излучения становится чувствительной и краснеет, появляется раздражение или отек. Кроме этого, возможен зуд, сухость, шелушение и образование пузырьков на коже.

Проведение радиотерапии сопряжено с крайне небольшим риском развития новых злокачественных опухолей. После лечения по поводу рака очень важно соблюдать режим регулярных обследований у онколога, который оценивает признаки рецидива или появления новой опухоли.

Такие методики радиотерапии как SRS и SBRT, позволяют онкологам-радиологам добиваться максимально губительного влияния излучения на опухоль, одновременно минимизируя воздействие на здоровые ткани и органы и сдерживая риск развития побочных эффектов лечения.