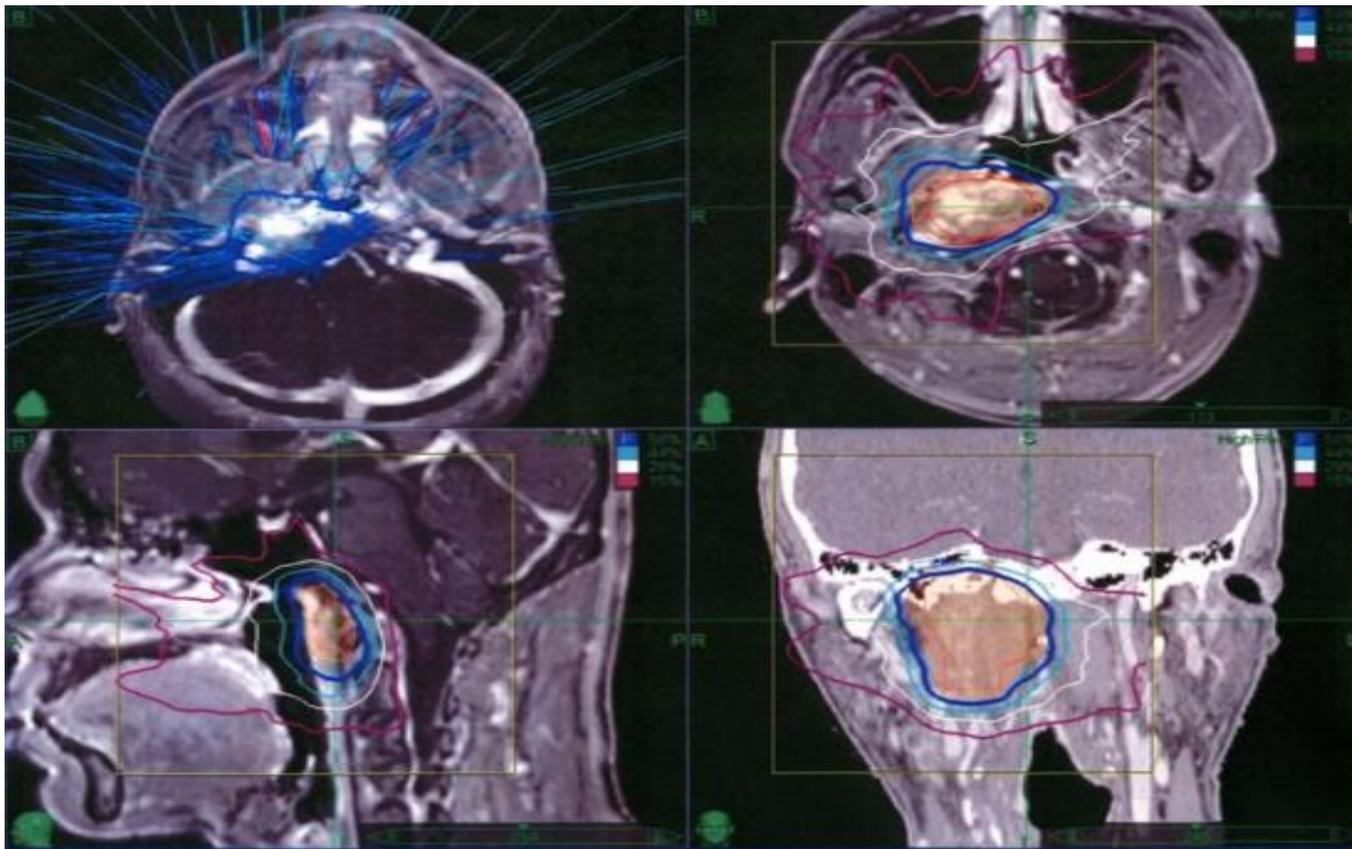


ЛЕКЦИЯ 4

СТЕРЕОТАКСИЧЕСКАЯ РАДИОХИРУРГИЯ



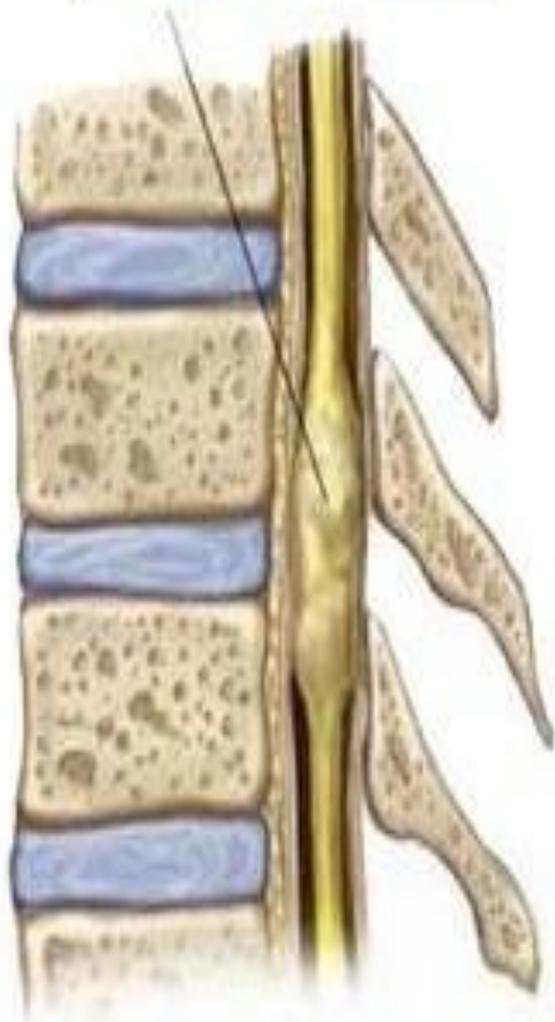
**ЛЕКТОР: К.М.Н., ДОЦЕНТ КАФЕДРЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ,
ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**
Кадырова Алия Ишенбековна

- Еще 5-10 лет назад врачам, чтобы добраться до опухоли, приходилось делать в черепе трепанационное отверстие, вводить инструменты в мозг и удалять опухоль. Минус такой операции заключался в том, что страдали здоровые ткани мозга. Поэтому спасенный от опухоли мозга человек после операции становился парализованным, у него могла возникнуть эпилепсия.
- Сегодня благодаря стереотаксической радиохирургии можно без скальпеля и разрезов удалить опухоль мозга размером до 3 см, не повреждая здоровые ткани.

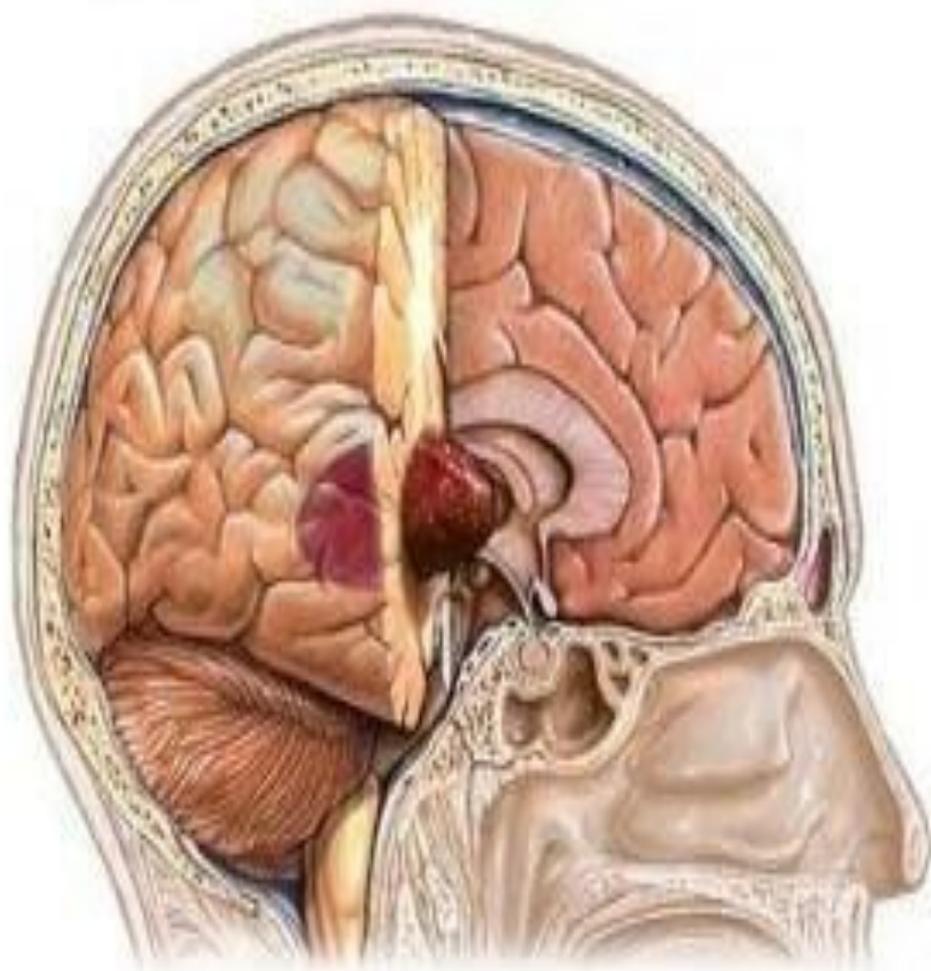
• Преимущества

- Стереотаксическая радиохирургия на 30-70% дешевле в отличие от открытого нейрохирургического вмешательства, если учитывать затраты на проведение наркоза, самой операции, послеоперационной реанимации и реабилитации пациента
- Возможно применение даже для лечения беременных женщин во II - III триместрах беременности, без риска воздействия на плод
- Рецидивы метастазов после радиохирургии встречаются почти в 3 раза реже, чем после радиохирургии на линейных ускорителях

Опухоль спинного мозга



Опухоль головного мозга



Стереотаксическая радиохирургия

- **Внедрение стереотаксической техники**
- **греч. stereos — пространственный и taxis — расположение**
- **пространственное «нахождение» очага**

- **Интенсивно модулированная радиотерапия (intensity-modulated radiation therapy – IMRT),**
- **Корректируемая по изображениям (image guided radiation therapy – IGRT)**

- **Некоторые критерии отбора больных для стереотаксического радиохирургического лечения:**

- - наличие одного или более метастазов в головном мозге (до 10);
- - диаметр очагов – не более 6 см;
- - локализация очагов в функционально важных зонах или в глубинных структурах мозга;
- - удовлетворительное физическое и психическое состояние пациентов (по шкале Карновского - не менее 70 баллов).
- Ограничение по диаметру очага, а соответственно, и по его объему обусловлено предупреждением развития лучевых повреждений.

- **Противопоказания к стереотаксическому радиохирургическому вмешательству:**
 - - большие размеры патологического очага (более 7 см в диаметре);
 - - серьезные снижения уровня психического и физического состояния пациента;
 - - наличие быстро прогрессирующего неврологического дефицита и симптомов дислокации мозга;
 - - выраженная диссеминация интракраниального метастатического процесса;
 - - неэффективное лечение экстракраниальных опухолевых очагов.



- **Кибер-нож** — это мобильная компьютеризированная радиохирургическая установка, состоит из робота-манипулятора, на руке которого расположен линейный ускоритель.
- При помощи роботизированной руки можно уничтожить новообразования с любых позиций и под различными углами.
- Уничтожение поврежденных клеток осуществляется при помощи рентгеновского облучения, которое в несколько раз мощнее по сравнению с энергией, получаемой от кобальта.



- **Гамма-нож** — это стационарная установка, облучение обеспечивается за счет распада кобальта.
- Прибор представляет собой негибкую рамку, на которой установлены источники облучения.
- В определенную точку подается высокая доза облучения, которая необходима для уничтожения новообразования.
- Коллиматоры радиохирургической установки имеют небольшие размеры, что позволяет бережно выполнять процедуру.
- Но эта особенность создает трудности при уничтожении опухолей больших размеров.

Защитный кожух

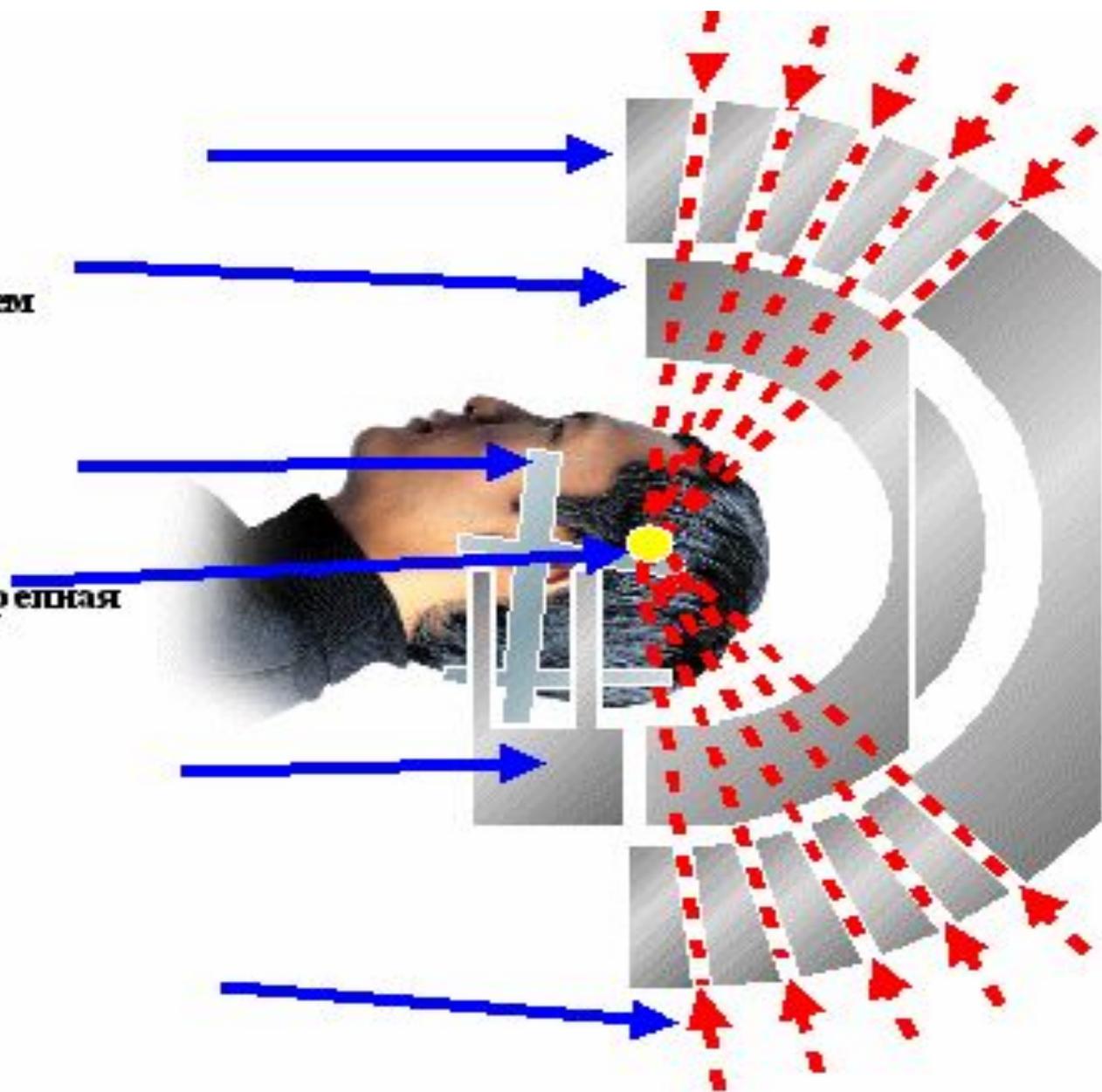
**Сферический
коллиматорный шлем**

**Стереотаксическая
рама Лекселла®**

**Изоцентр/
Внутричерепная
мишень**

**Автоматическая
позиционирующая
система™**

201 источник Со60

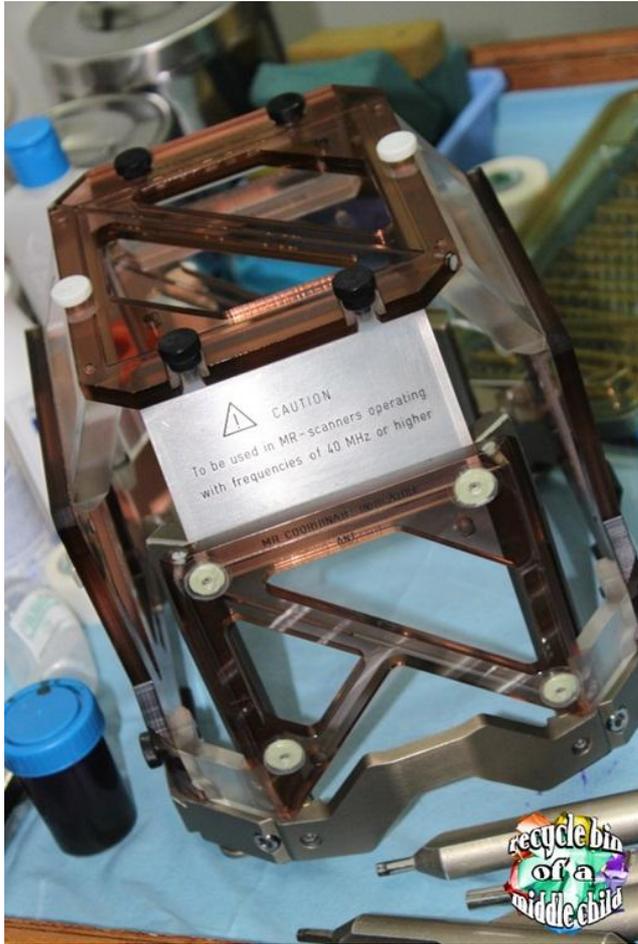


Историческая справка

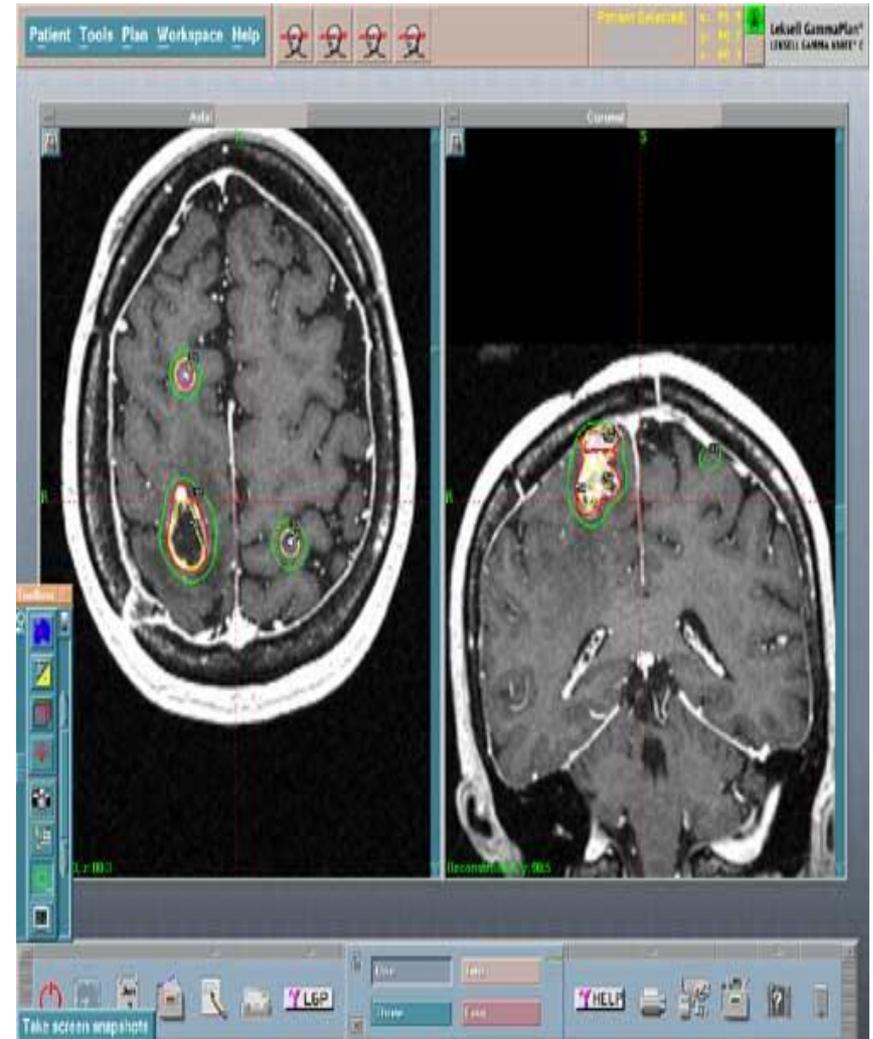
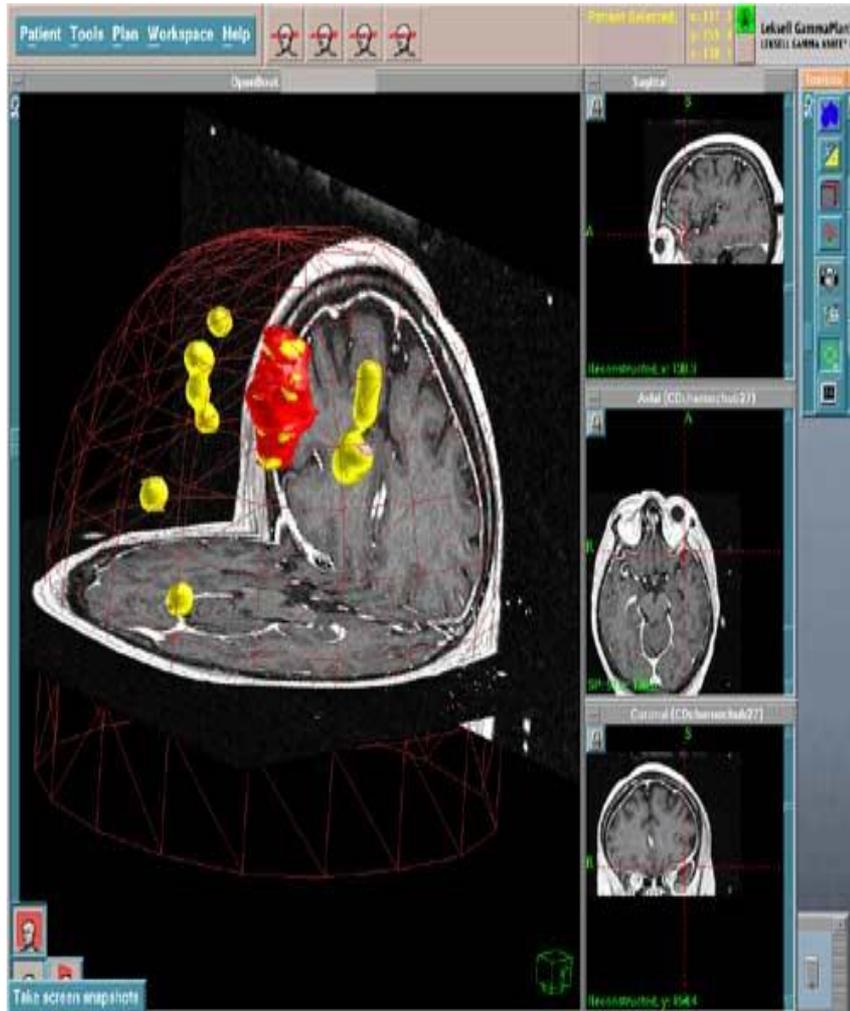
- Основоположником Гамма-Ножа и радиохирургического метода лечения является шведский профессор нейрохирургии Ларс Лекселл (Lars Leksell).
- Лекселл работал в Каролинском институте в Стокгольме и был выдающимся и провидящим нейрохирургом и исследователем.
- Первый Гамма-Нож, использующий 201 источник кобальта-60, был установлен в Университете города Питтсбург (США) в 1987 году.
- В настоящее время в мире работает около 350 Гамма-Ножей, почти половина из которых находятся в США и Японии.

Внешний вид коллиматорного шлема





примеры планирования лечения множественных метастазов в головной МОЗГ



Показания для радиохирургии с применением Гамма-ножа:

1. Опухоли головного мозга

- невриномы слухового нерва и других черепно-мозговых нервов
- менингиомы любых локализаций;
- опухоли шишковидной железы;
- опухоли (аденома) гипофиза;
- метастазы рака в головной мозг (одиночные, множественные) и т.д.

2. Сосудистые заболевания

- артерио-венозные мальформации;
- кавернозные ангиомы и т.д.

Показания для радиохирургии с применением Гамма-ножа:

3. Функциональные заболевания головного мозга

- невралгия тройничного нерва
- паркинсонизм
- височная эпилепсия и т.д.

4. Заболевания глаз

- Меланома сетчатки;
- Прогрессирующая глаукома

Противопоказания: большой размер патологического очага (больше 3-3,5 см)

- Связано с тем, что при облучении мишени большого размера растет риск местных постлучевых осложнений;**
- Противопоказано лечение опухоли мозга в случае симптомов сдавливания головного мозга, которые сопровождаются быстрым развитием.**
- Есть возможность только уменьшить рост опухолей большого размера. В подобных случаях стратегия выбирается после индивидуальной оценки**

Противопоказания

- Тяжелое декомпенсированное состояние больного
- Наличие острых симптомов сдавления головного мозга
- Повышенное внутричерепное давление

Четыре основных этапа гамма-ножа:

- фиксация стереотаксической рамы
- получение изображения (сканирование) мишени методом КТ, МРТ или ангиографии
- планирование процедуры
- проведение самого сеанса облучения

Этап 1. Основной компонент «Гамма ножа» - стереотаксическая рама (локалайзер)



- необходима для проведения расчетов и достижения высокой точности облучения.
- Рама позволяет точно локализовать поражение головного мозга, а также фиксирует голову пациента в процессе сканирования и облучения.
- В местах крепления винтов пациенту вводится местное анестезирующее средство («заморозка»).

Этап 2. Сканирование



- Пациенту необходимо повторить процедуру сканирования с закрепленным на раме локалайзером для того, чтобы точно определить положение объекта мишени и прилегающих структур головного мозга относительно системы координат стереотаксического аппарата.
- После получения изображения осуществляется моделирование облучения патологического очага в специальной планирующей системе.
- После обработки полученных изображений разрабатывается план лечения.
- В это время у пациента есть возможность отдохнуть, он может перекусить, почитать, посмотреть телевизор.

Планирование сеанса лечения



- Доктор совместно с медицинским физиком составляют план и подбирают параметры облучения, которые обеспечивают оптимальное трехмерное распределение дозы излучения с учетом индивидуальных особенностей пациента.
- Каждый из таких планов разрабатывается с учетом медицинских показаний для конкретного пациента.
- Окончательный план лечения экспериментально проверяется на фантомах.

- **Планирование осуществляется путем выбора числа изоцентров, их положения, относительного времени облучения в каждом изоцентре, угла наклона головы пациента, направлений пучков.**

При этом учитывается:

- **расположение и форма опухоли (или опухолей),**
- **Окружающие и прилегающие здоровые ткани,**
- **критические органы,**
- **общая дозовая нагрузка на голову**

Процедура лечения



- Длительность сеанса варьируется от нескольких минут до нескольких часов, в зависимости от размера и формы внутричерепного поражения.
- Перед началом сеанса пациента помещают на специальную кушетку с коллиматорным шлемом, которая за двигается в радиационный блок.
- В зависимости от плана лечения, сеанс облучения может разбиваться на несколько этапов, которые отличаются используемым коллиматорным шлемом.
- Сама процедура лечения проходит беззвучно и абсолютно безболезненно. Пациент находится в полном сознании и слушает музыку. Во время сеанса облучения за пациентом ведется постоянный аудио/видео



После лечения



У некоторых пациентов иногда отмечается легкая головная боль или небольшой отек мягких тканей (припухлость) в месте крепления рамы, но в большинстве случаев подобных проблем не возникает. Отсроченный результат при динамическом поликлиническом наблюдении

Преимущества лечения Гамма-ножом :

- 1. возможность удаления патологических образований головного мозга без вскрытия черепной коробки;**
- 2. одномоментность действия по сравнению с радиотерапией;**
- 3. большая пространственная точность;**
- 4. отсутствие поражения здоровых участков;**
- 5. отсутствие последствий, которые имеются после хирургического вмешательства;**
- 6. высокая мера комфортности (IMRT)**

- ***Ограничения*** — малые размеры патологического очага, отсроченность результата

Преимущества — одномоментность, отсутствие хирургических рисков, высокая степень конформности

- По сравнению с линейными ускорителями имеет несколько большую пространственную точность (ошибка до 0.5 мм)
- Последняя модель Гамма-ножа — Perfexion позволяет лечить также и верхние отделы шеи.

Осложнения после Гамма-ножа

- В процентном отношении радиохирургическое лечение опухолей головного мозга имеет по разным статистическим данным в среднем в 10 раз меньшее число осложнений по сравнению с нейрохирургической операцией.

- За последние пять лет ежегодно более 30 тысяч пациентов во всем мире получают радиохирургическое лечение с использованием Гамма-ножа.
- Отзывы о результатах лечения являются в большинстве своём положительными.

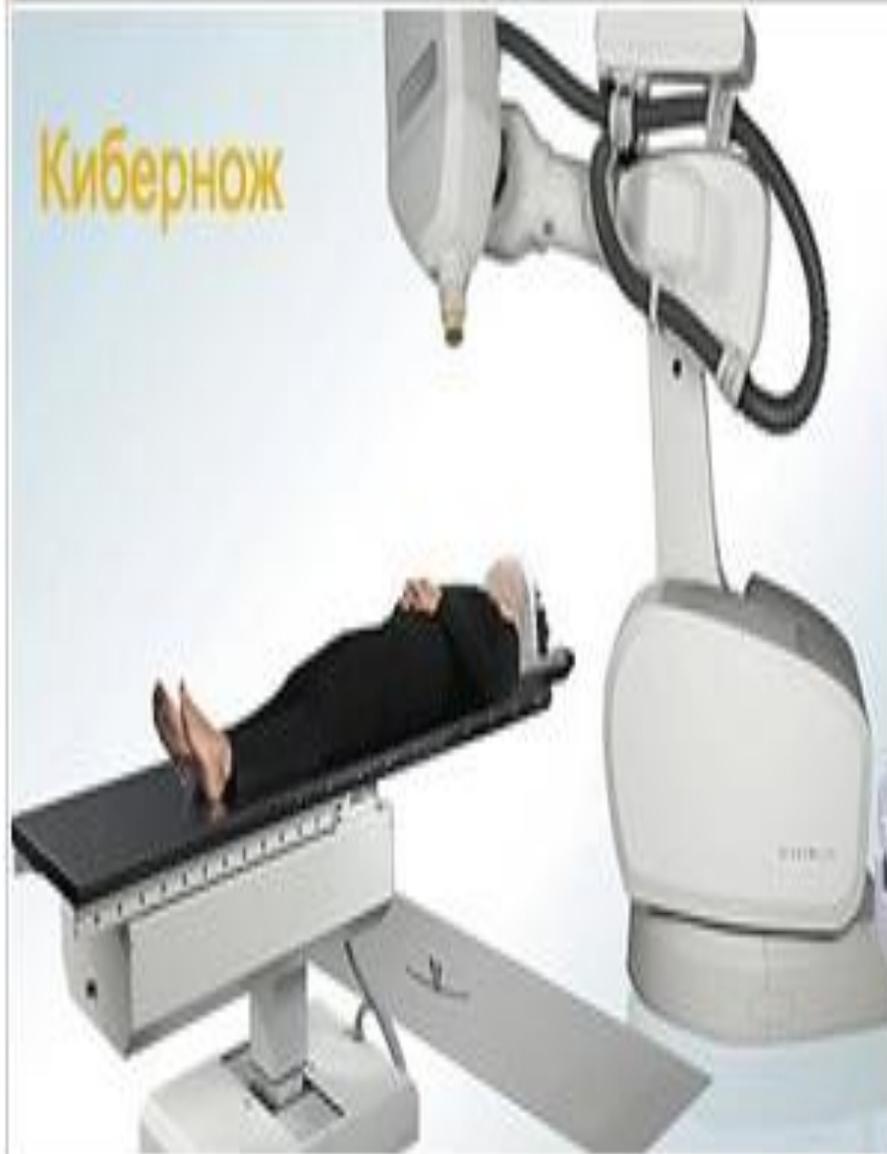
- Общее количество пациентов, прошедших лечение на аппарате [Leksell Gamma Knife](#) к 2014 г. составило около 1 000 000 человек (статистика от 350 радиохирургических центров по всему миру)
1. Наибольшее количество установок Leksell Gamma Knife – в США (91);
 2. Япония (49)
 3. Установленный в НИИ нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко аппарат Leksell Gamma Knife стал 218 по счету в мире и первым в России и СНГ

На основании 332 измерений проведенных на 189 аппаратах Leksell Gamma Knife установлено, что погрешность облучения в среднем не превышает 0,15 мм

Стоимость операции Гамма-ножом за рубежом

- **Германия 10.000 — 12.000 Евро (с учетом стоимости авиаперелета и услуг медицинского консультанта-переводчика)**
- **Турция от 8.000 Евро**
- **Корея 13.000 — 17.000 долларов**
- **Китай от 5.500 долларов**
- **Израиль в зависимости от сложности операции цена за лечение вместе с обследованием 17.000 — 25.000 долларов**
- **ИИ Бурденко (Москва), стоит 195000 рублей, дополнительно МРТ 13000 руб.**

Кибернож



Гамма-нож



- **Кибер-нож отличается сверхвысокой точностью и простотой в использовании. Точное наведение линейного ускорителя и контроль над движением опухоли осуществляются при помощи современных систем, без участия врача.**
- **При применении гамма-ножа на голову пациента обязательно устанавливается специальная рамка, которая не снимается в течение всей процедуры. Она ввинчивается в череп, поэтому после процедуры пациент часто жалуется на тошноту, головную боль и другие расстройства.**

УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ РАДИОХИРУРГИИ СУБЕРКНИФЕ®

- 1 Источники рентгена
- 2 Камера Synchrony®
- 3 Линейный ускоритель LINAC
- 4 Робот-манипулятор
- 5 Детекторы изображений



Кибер – Нож состоит из:

- **Линейного ускорителя, имеющий облегченную конструкцию.**
- **Роботизированной системы контроля положения излучателя, которая позволяет направить луч под любым углом.**
- **Рентгеновских камер и программно-аппаратных средств визуализации и контроля положения опухолей.**
- **Изображения, получаемые с этих камер, обрабатываются в режиме реального времени и позволяют корректировать**



Показания к лечению на Кибер-ноже

- **Опухоли головного и спинного мозга: Артериовенозная мальформация (АВМ); Краниофарингиома; Глиома; Менингиома; Нейрофиброма; Аденома гипофиза; Вестибулярная шваннома; Невралгия тройничного нерва и т. д.**
- **опухоли костной ткани – Остеосаркома; Карцинома носоглотки**
- **опухоли позвоночника**
- **органов грудной клетки (немелкоклеточный, мелкоклеточный рак легкого)**
- **органов брюшной полости (рак поджелудочной железы, гепатоцеллюлярная карцинома)**
- **почек, предстательной железы;**
- **яичника, матки;**
- **метастазы в кости любой локализации;**
- **метастазы в печени, легких.**

Абсолютные противопоказания:

- невозможность получения чёткой диагностической информации о распространенности опухоли: размере, форме опухоли и так далее...
- злокачественные заболевания органов кроветворения;
- опухоли, быстрая регрессия которых ведет к образованию свища (новообразования полых органов - ЖКТ, мочевого пузыря);
- опухоли, быстрая регрессия которых угрожает жизни пациента вследствие радио-некроза (опухоли большого размера).

Относительные противопоказания:

- опухоли, требующие немедленного оперативного или иного медицинского вмешательства;
- общее тяжелое состояние больного;
- низкие показатели крови;
- большое количество метастазов в органе;
- психические заболевания с тяжелыми или часто обостряющимися болезненными проявлениями;
- беременность и период лактации;
- декомпенсация при лечении или обострение сопутствующих патологий.

Принцип лечения заключается

- **в неинвазивной доставке высокой дозы облучения в опухоль любой локализации или части тела, посредством, управляемого компьютером, робота-манипулятора.**
- **Максимальный размер образования, при котором возможно проведение лечения на Кибер- ноже составляет 6 см.**
- **Лечение проводится амбулаторно, без анестезии и риска осложнений, длительность лечения от 1 до 5 дней.**
- **Пациент не нуждается в значительной дооперационной подготовке.**
- **Время реабилитации или пребывания в стационаре может быть незначительным или вовсе отсутствовать.**
- **Не требуется жесткая фиксация.**
- **Благодаря возможности проведения гипофракционной радиохирургии, позволяет проводить облучения новообразований с учетом расположенными рядом радиочувствительными структурами (зрительный нерв).**
- **Возможность проведения облучения движущихся органов (положение в процессе дыхания), что позволяет свести к минимуму воздействию облучения на здоровые окружающие ткани.**

Лечение на Кибер-ноже

1. Предварительная подготовка

- Подготовка термопластической маски (если лечение проводится на головном мозге) или фиксирующего жилета (для лечения органов грудной клетки).
- По необходимости, нанесение на кожу или эндоскопическое введение рентгенконтрастных меток, которые в дальнейшем будут использованы как система координат при планировании лечения.

2. Проведение КТ или МРТ.

3. Планирование лечения

- Диагностические данные врач обрабатывает и составляет план лечения с учетом желаемой дозы, размеров и конфигурации образования.

4. Лечение

- Во время лечения пациент неподвижно лежит на столе
- Исходя из необходимых позиций для облучения, вокруг пациента бесшумно перемещается установка.
- Положение опухоли автоматически отслеживается по отношению к визуализируемым в режиме реального времени костным структурам пациента или рентгенконтрастным меткам.
- Продолжительность каждого сеанса составляет 30–90 мин.

Историческая справка

- Система «Кибер-нож» была разработана в 1992 году профессором Стенфордского университета Джоном Адлером (США) с целью модернизации процедур лечения в радиохирургии.
- В устройстве «Кибер-нож» было сделано два нововведения – роботизированная «рука» с принципиально новым уровнем маневренности и внедрена система контроля пациента по изображению.
- С 1999 года началось лечение опухолей головы и шеи, а с 2003 года началось проведение лечения опухолей различных локализаций.
- По данным американской компании-производителя «Кибер-ножа» Accuray, в мире на июнь 2009 года более 70 000 пациентов прошли лечение «Кибер-ножом». Половина из них получила

Система «Кибер-нож» установлены в 21 странах мира.

«Кибер-нож» - это пространственный лучевой скальпель, предназначенный для проведения радиохирургического лечения, как одного из видов радиотерапии.

- На сегодняшний день в мире установлено 176 «Кибер-ножей», из них 115 в клиниках и медицинских центрах США: во Флориде – 15, в Техасе – 7, а в Калифорнии –12, другие штаты имеют по 1–2 установки.**
- Второе место по количеству «Кибер-ножей» занимает Япония - 19 установок.**
- По 6 «Кибер-ножей» установлено в Китае и Южной Корее, на Тайване - 5; в Турции - 4 установки; в Италии и Франции – по 3 установки. Индия установила 2 «Кибер-ножа».**

Большинство стран: Великобритания, Канада, Греция, Германия, Нидерланды, Швейцария, Испания, Таиланд; Саудовская Аравия, Малайзия, Вьетнам, Украина и Россия – имеют по одному «Кибер-ножу».

Приблизительная стоимость лечения на Кибер-ноже

- Россия - 6500 долларов**
- Турция - 16 тысяч евро**
- Германия - 20 тысяч евро**
- США - 35 тысяч долларов**
- Украина - 15 тысяч долларов**

Dose Calculation

Algorithm: **Ray-Tracing**

Resolution: **Low**

Uncertainty (%): **0**

Calculate

Prescription

Prescription

Reference Point

Use max dose point

Dose (cGy): **2500.00**

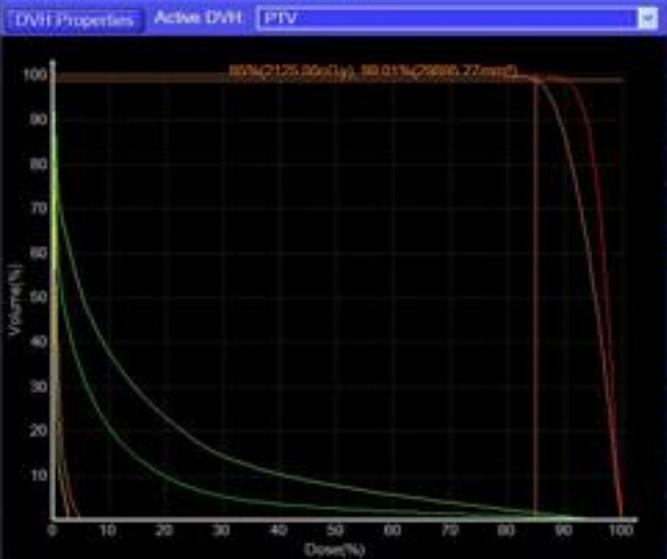
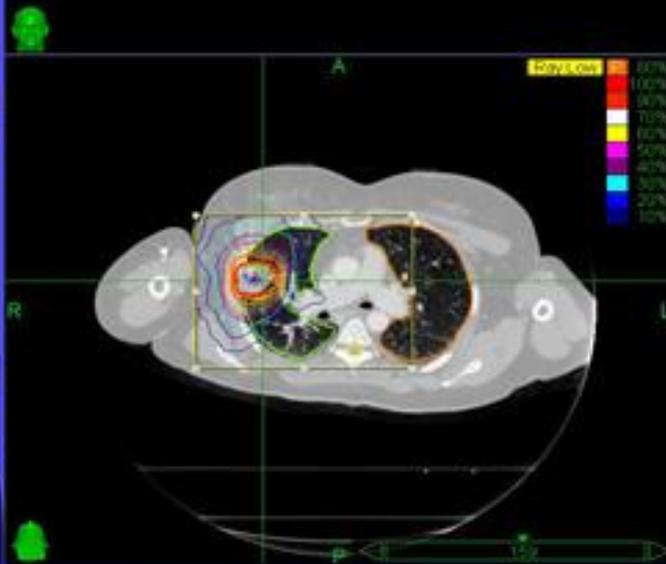
Point: **Go to >>**

-82.34, -28.32, -129.50

Get to Crosshair Point

Save Plan

Save Plan



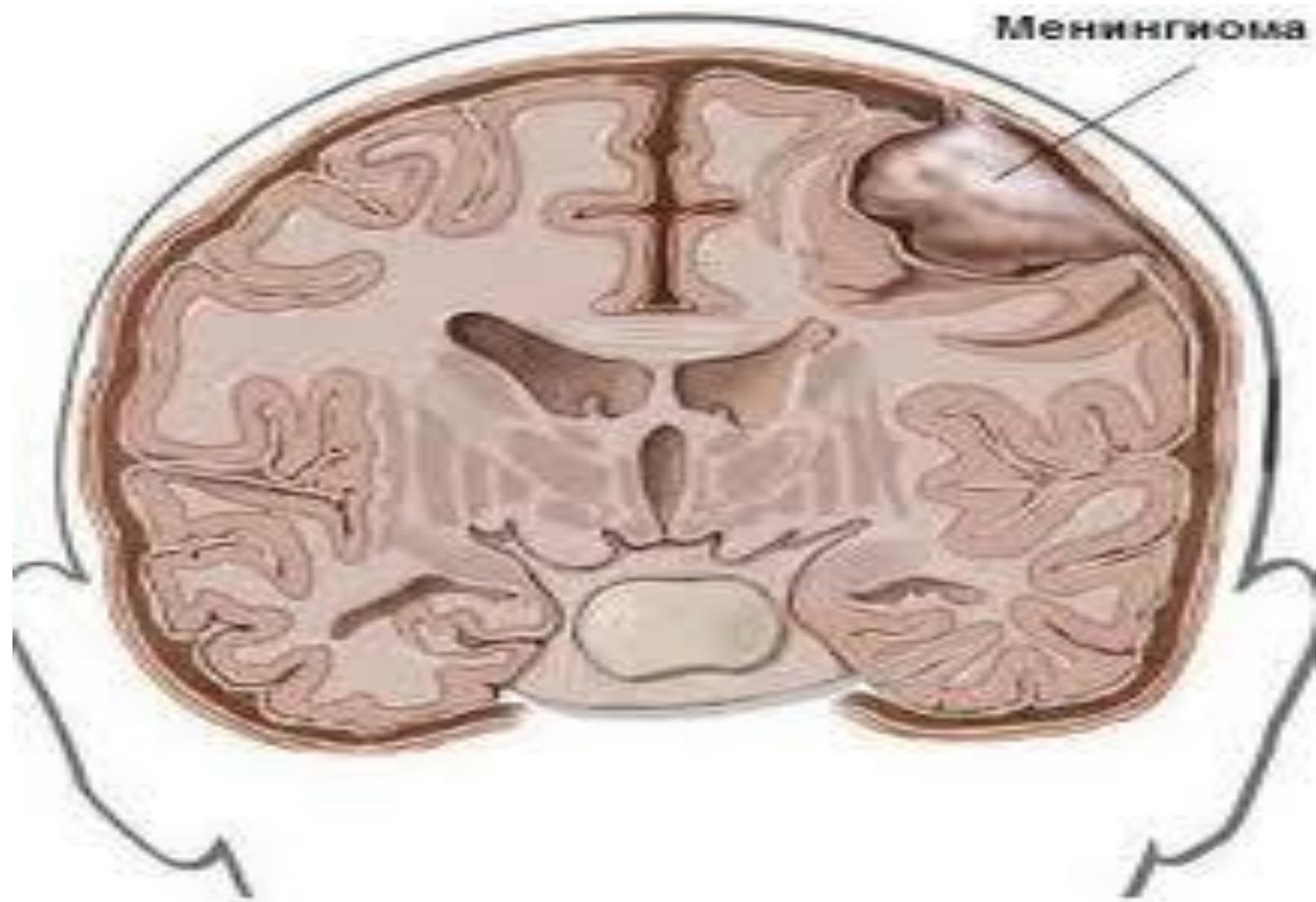
Nodes	32	Total MU	14044.67
Beams	205	Min MU	1.29
Max Dose (cGy)	2500.00	Max MU	100.00

Dose Statistics Table

VOI	Min (cGy)	Mean (cGy)	Max (cGy)	CI	nCI	HI	Coverage
TumorSite(CTV)	2151.47	2422.96	2500.00	2.90	2.90	1.25	100.00%
PTV	1991.23	2366.57	2500.00	1.71	1.71	1.25	100.00%
Left Lung	0.00	21.90	140.63	n/a	n/a	n/a	n/a
Right Lung	0.00	350.74	2494.73	n/a	n/a	n/a	n/a
Spinal Cord	0.00	10.25	78.53	n/a	n/a	n/a	n/a



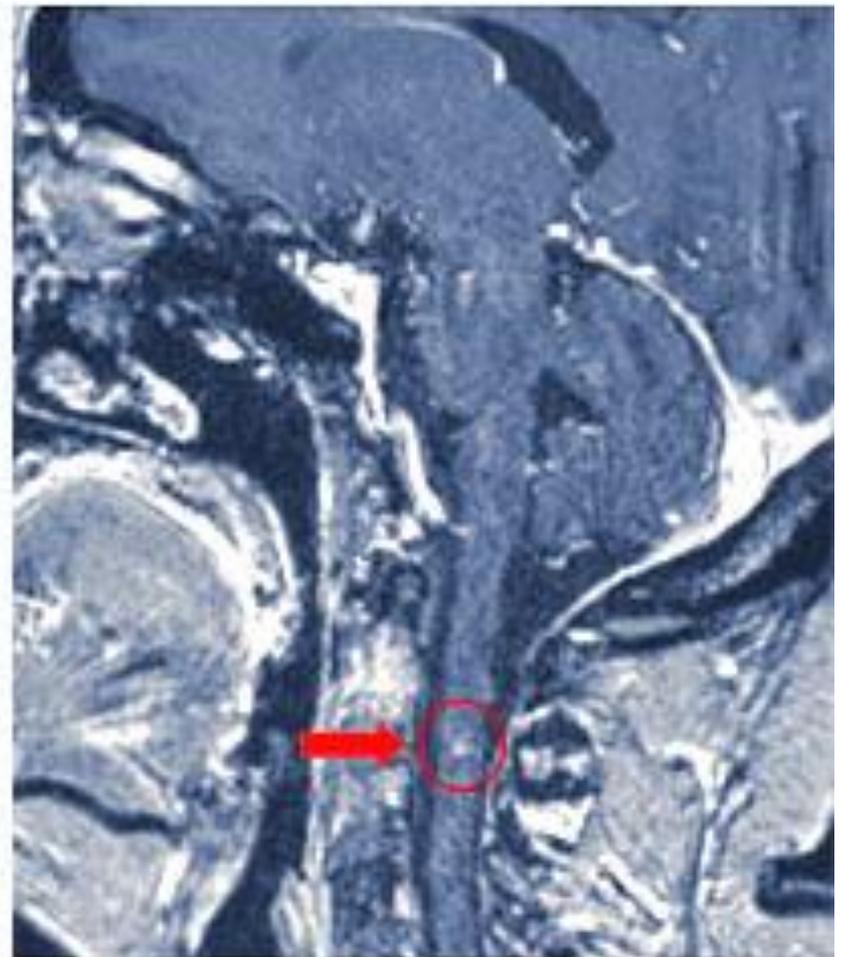
Менингиома



Пациентка была направлена в центр "Кибернож", где был проведен сеанс терапии, длительностью 1 час. Контрольное обследование через 4 недели после проведенной терапии показало отсутствие метастаз.



Vor der Behandlung



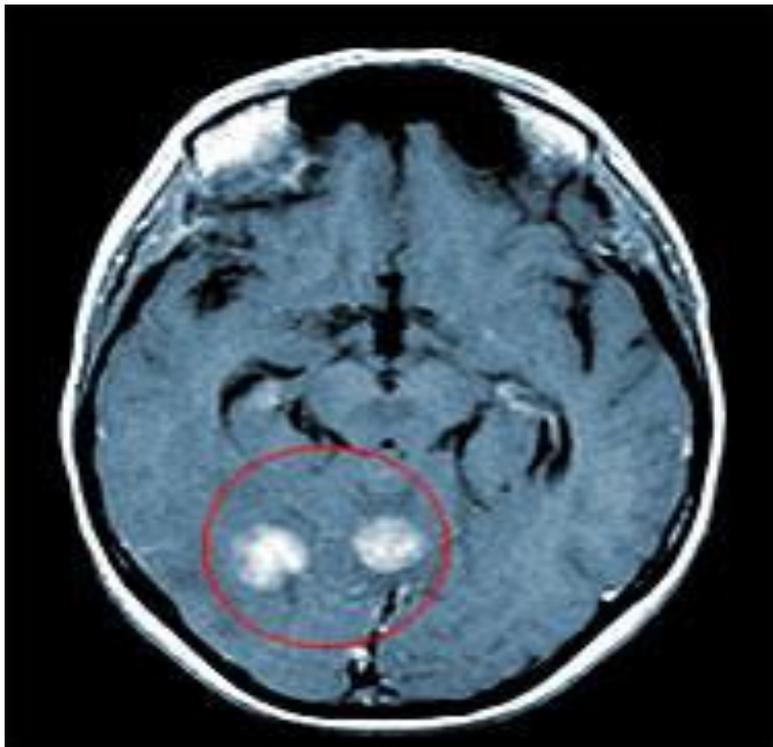
4 Wochen nach der Behandlung

МРТ-изображение с двумя метастазами в головной мозг рака легкого.

При помощи системы "Кибернож" оба метастаза были удалены за один сеанс, длительностью 1 час.

На правом снимке результат контрольного обследования через 4 месяца после проведенной терапии. Обе опухоли были удалены, после терапии пациент в тот же день смог вернуться к

работе.



Vor der Behandlung



4 Monate nach der
Behandlung

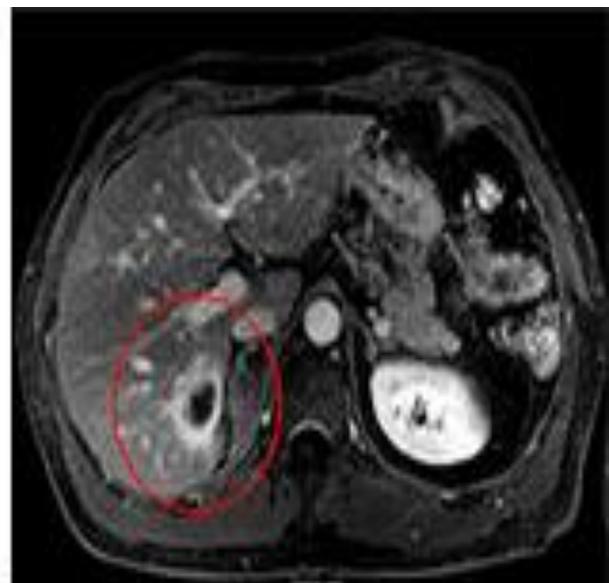
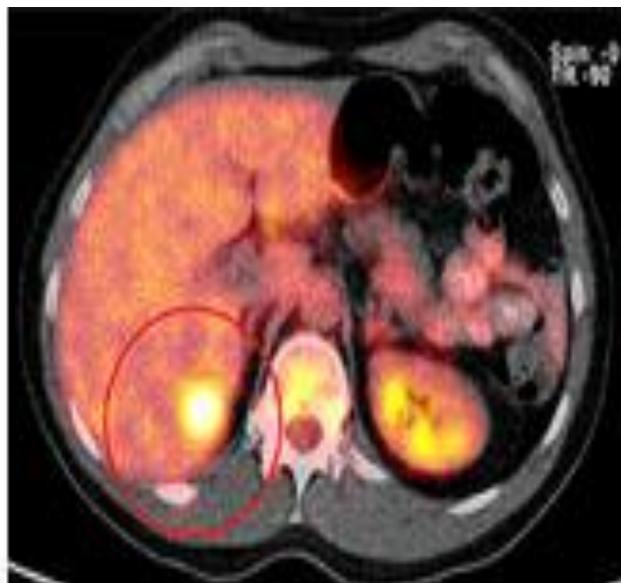
На правом изображении представлен снимок очага рака легкого до лечения. Опухоль была маркирована с помощью небольшого (5 мм) маркера в режиме реального времени. На левом изображении представлен исходный снимок через две недели после использования системы

"Кибернож". Опухоль заметно уменьшилась в размерах, ее центр разрушен.



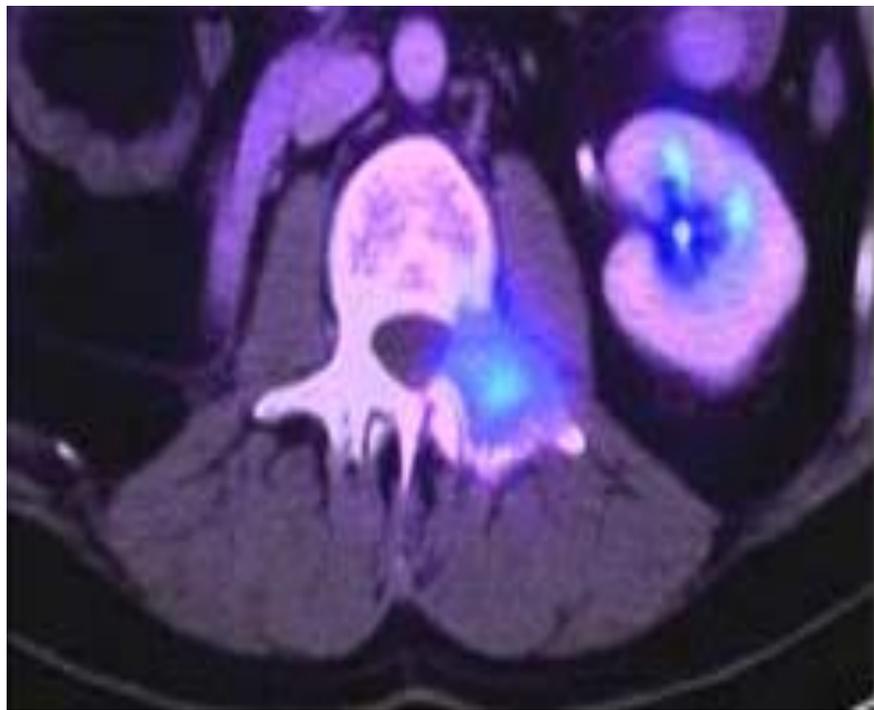
На левом изображении представлено МРТ-исследование рака кишечника, метастазирующего в печень. В исследовании ПЭТ-КТ выявляется биологическая активность опухоли (в центре). На правом изображении снимок МРТ печени через 8 недель после лечения. Терапия была проведена под контролем фаз дыхания с помощью методики "Кибернож". Опухоль разрушена (центральный некроз), реакция окружающих тканей

минимальна.



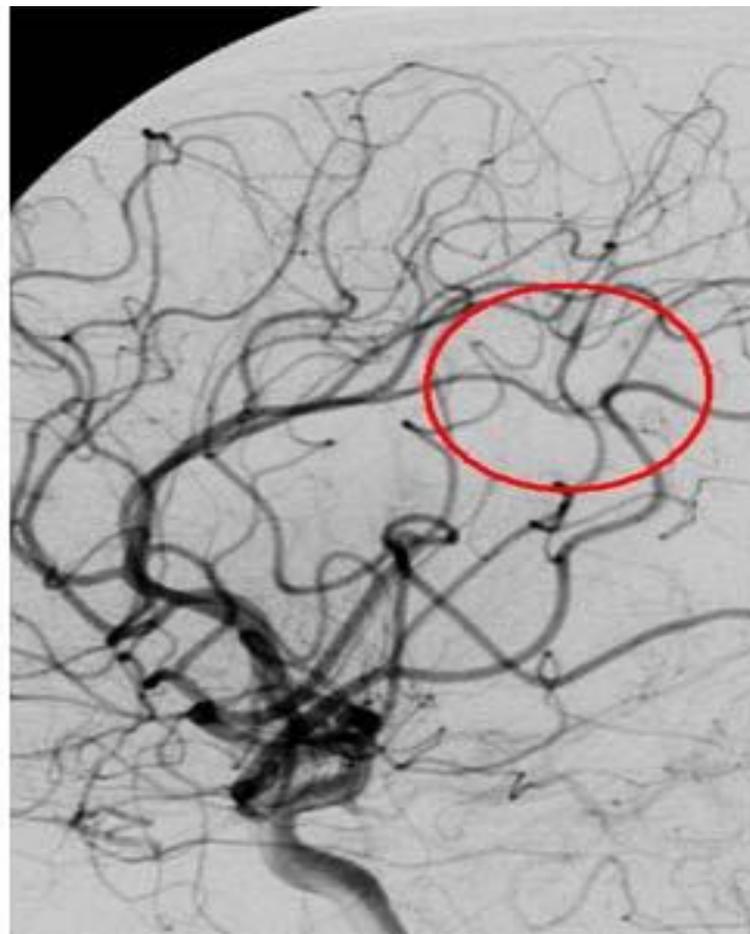
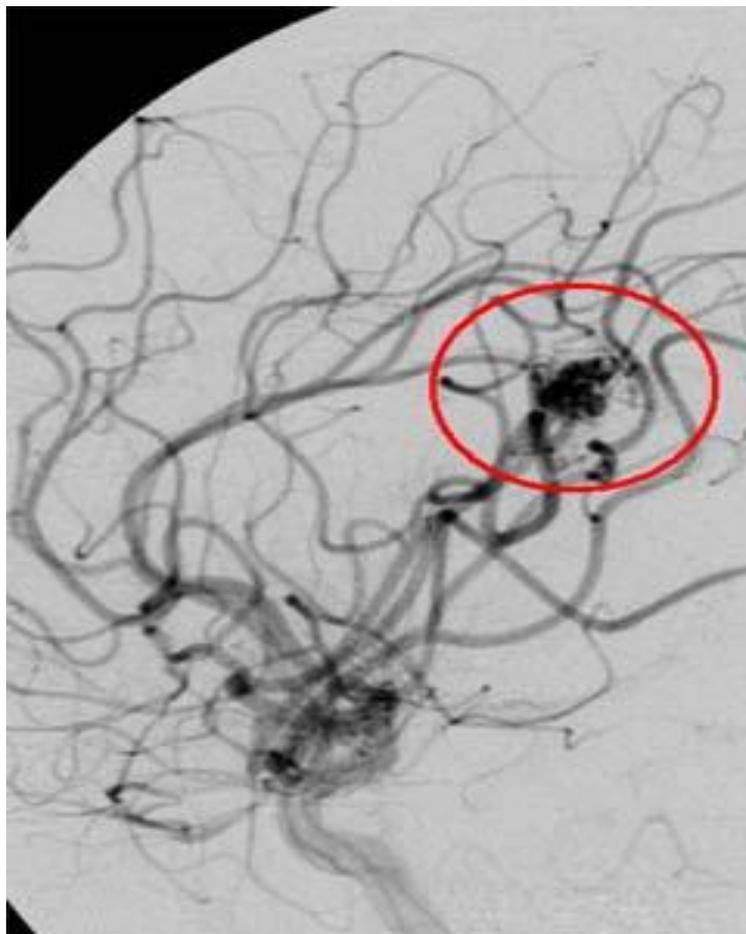
На левом изображении представлено ПЭТ-КТ исследование с метастазом почечно-клеточного рака в позвоночном столбе. На правом изображении - состояние через 6 месяцев проведенной терапии "Кибернож". Контрольный снимок показал отсутствие опухоли, в области прежнего

поражения образовалась костная мозоль.



Данный пример демонстрирует церебральную артериовенозную мальформацию у 15-летнего пациента до лечения и состояние через 14

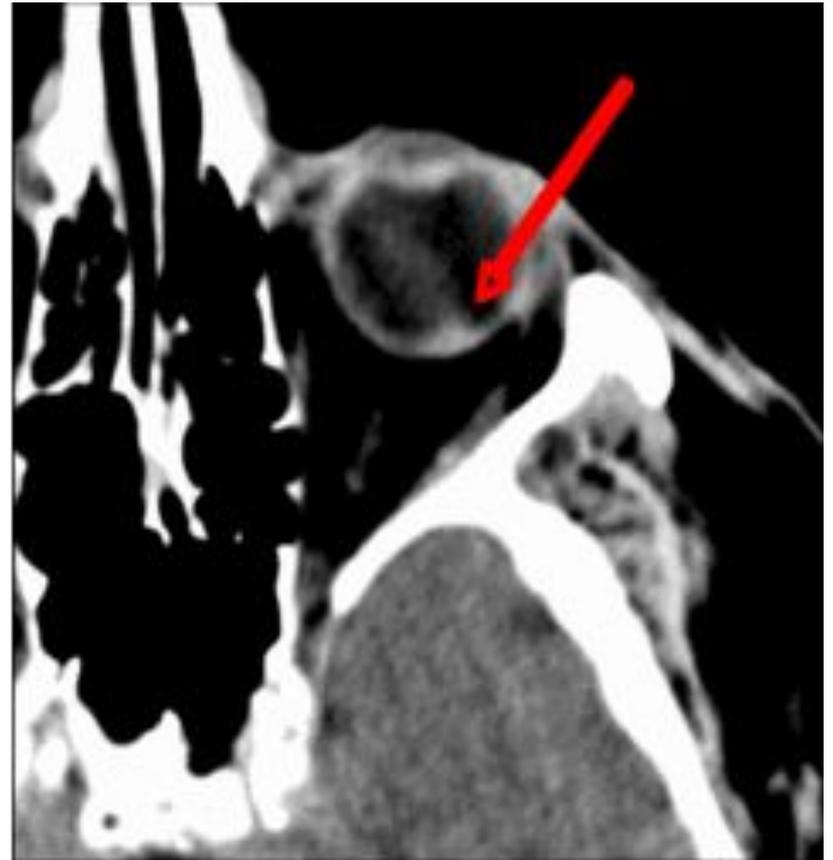
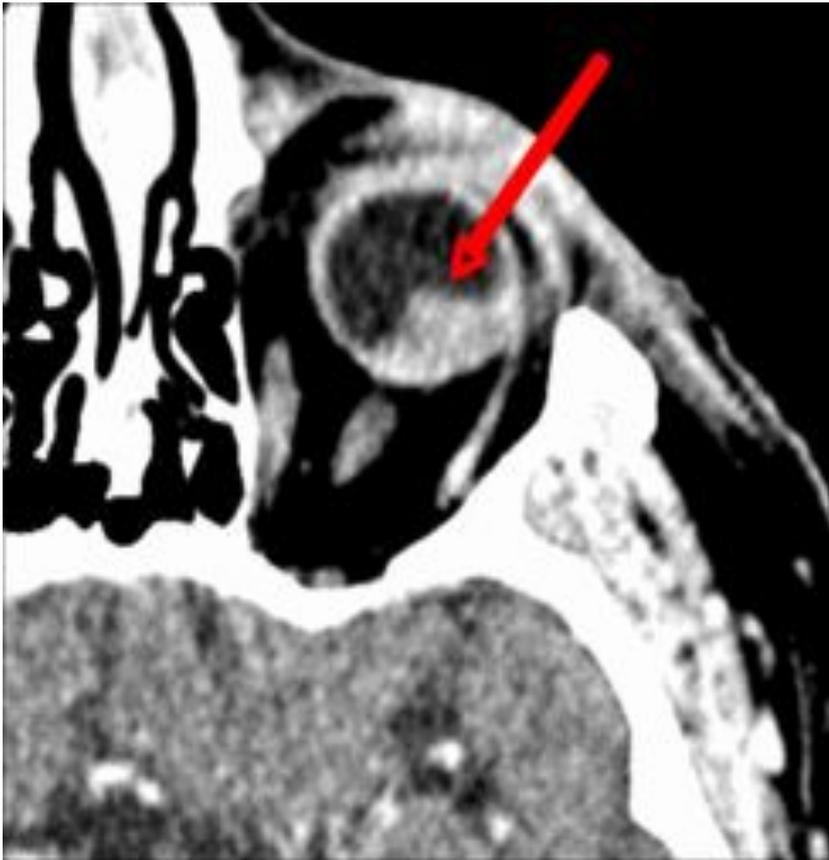
месяцев после проведения терапии.

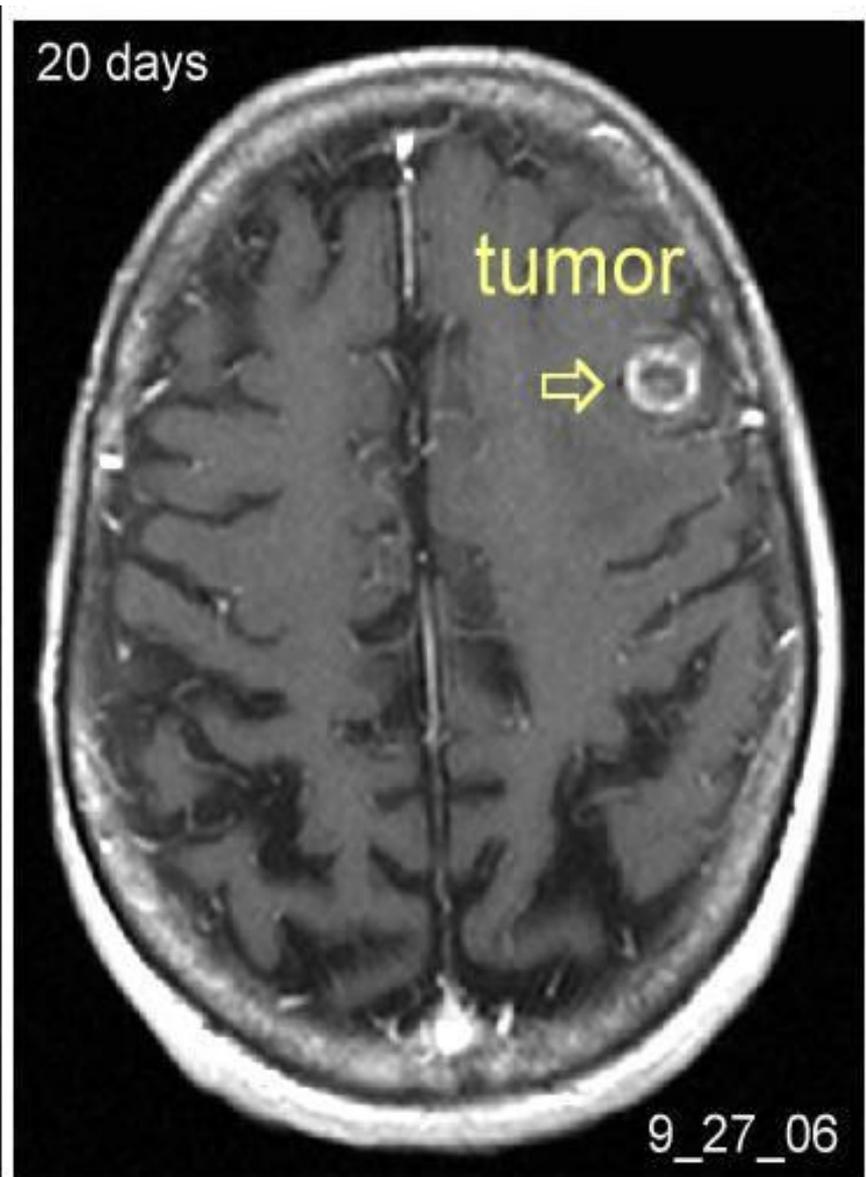
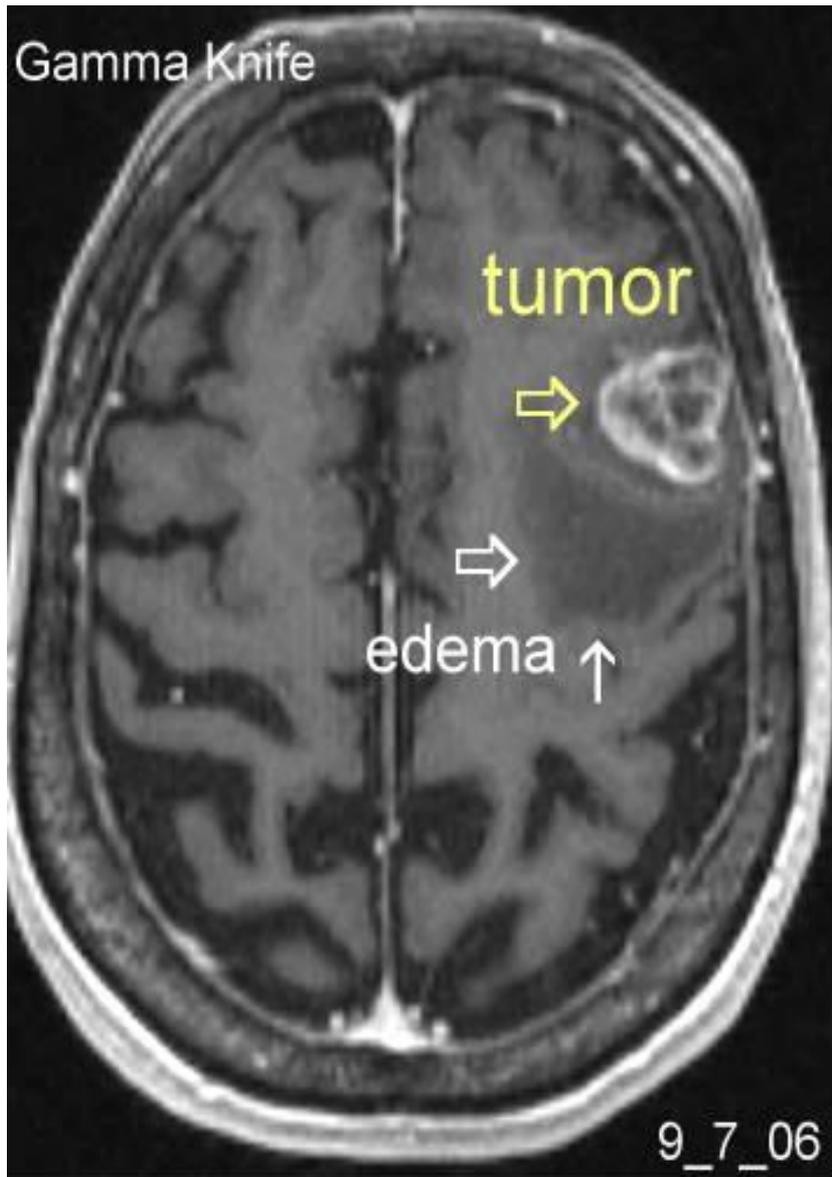


Артериовенозная мальформация

- – это врожденная аномалия сосудов, при которой неправильно соединяются артериальные и венозные части сосудистого русла головного мозга.
- Они формируют клубки, которые в любой момент могут разорваться – и возникнет кровоизлияние в головной мозг.
- Артериовенозная мальформация успешно лечится с помощью гамма-ножа: под действием гамма-лучей аномально развитые сосуды склеиваются – и пациенту не грозит кровоизлияние в мозг.

На снимке слева меланома радужки в момент проведения терапии.
После одного сеанса облучения опухоль полностью исчезла.
Контрольный снимок с помощью КТ (справа) через 16 месяцев
выявил небольшое рубцевание облученной зоны.





- При хирургическом лечении невралгии тройничного происходит потеря чувствительности.
- Дело в том, что нерв в своем составе несет чувствительные и вегетативные волокна, при уничтожении которых нарушается обмен в тканях, которые этот нерв иннервирует.
- Гамма-нож, нейтрализует источник боли, не разрушает волокна, поэтому чувствительность не пропадает.

