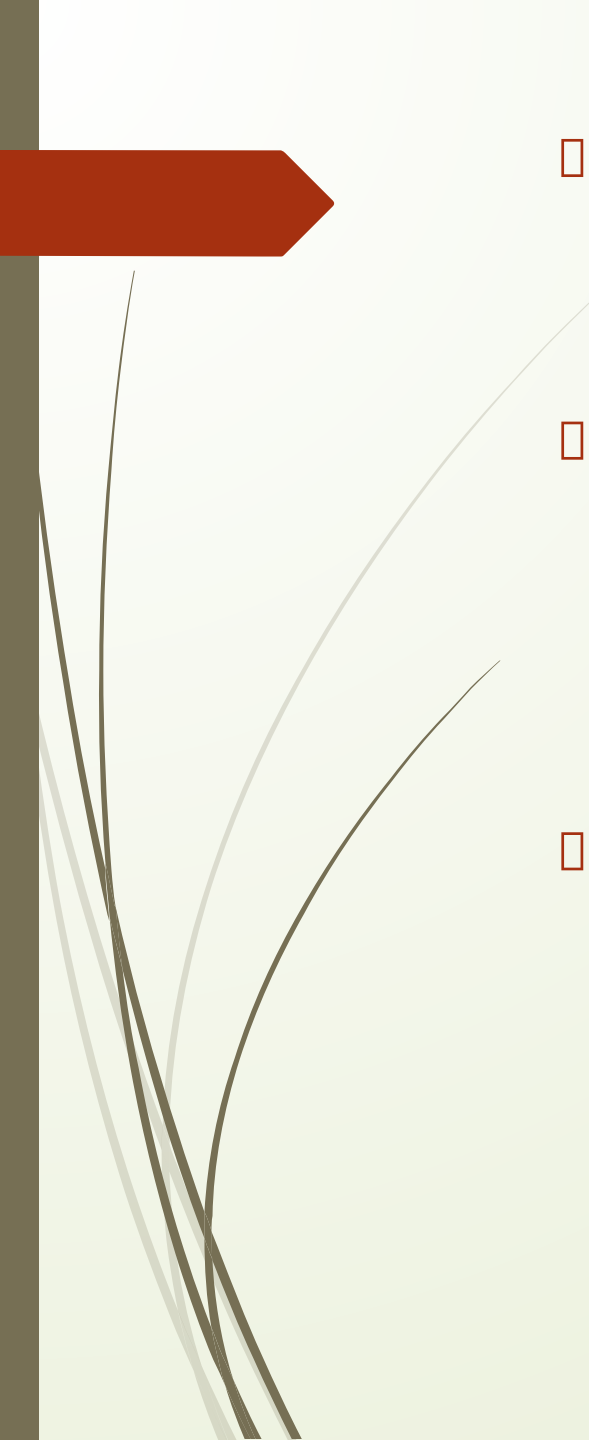


НЕЙТРОННАЯ ТЕРАПИЯ КАК МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

- 
- Как нам известно, онкология является одной из самых распространенных причин смерти на данный момент. Ежегодно во всем мире фиксируется ~ 11 млн. новых случаев заболевания раком
 - В России до 400 тысяч человек ежегодно заболевают онкологическими заболеваниями. Только от рака мозга каждый год умирают до 30 тысяч пациентов. Контингент больных с тяжелыми радиорезистентными формами злокачественных новообразований достигает 30%, что составляет 40-50 тысяч человек в год.
 - Для некоторых видов раковых опухолей, в особенности медленно растущих или находящихся на поздних стадиях оказываются малоэффективными виды радиотерапии, где используются такие типы излучения, как рентгеновские, γ -излучения, β -частицами, электронами, протонами и др. Соответственно нейтронная терапия в сочетании с хирургическими методами является единственно возможным способом эффективного лечения данных опухолей.

Разновидности нейтронной терапии:

▣ нейтронсоударная терапия (НСТ)

Это дистанционная нейтронная терапия на пучках быстрых нейтронов с энергией $E_n = 10$ кэВ. Использование быстрых нейтронов основано не на создании хорошего распределения излучения между опухолью и нормальными тканями, а на высокой линейной передаче энергии равной 100 кэВ/мкм. Благодаря этому действие нейтронов характеризуется меньшей величиной гипоксической защиты. Терапевтический эффект достигается за счет образования ядер отдачи при взаимодействии быстрых нейтронов с легкими ядрами. Источником быстрых нейтронов могут служить реакторы, ускорители, калифорний-252.




□ фотоннонейтронная или гамма-нейтронная терапия (ГНТ).

Это сочетание нейтронной и обычной фотонной терапии, достаточно высокоэффективный метод (его эффективность на 15-40% выше по сравнению с общепринятыми методами). ГНТ использует, главным образом, нейтронные каналы ядерных реакторов, в пучках которых всегда присутствует γ -компонент. Как правило, вклад нейтронов в суммарную очаговую дозу не превышает 20-30%. При таких условиях кожа и здоровые ткани повреждаются не более, чем при одном только фотонном воздействии.

□ нейтронзахватная лучевая терапия (НЗТ).

Метод, при котором используются тепловые нейтроны, имеющие энергию 0,025 эВ. Они избирательно захватываются атомами бора-10 и гадолиния-157. При захвате теплового нейтрона атомом бора происходит его распад на атомы лития и альфа-частицы, пробег которых равен двум диаметрам клетки. Соответственно, зона интенсивного воздействия излучения с высокой линейной передачей энергии ограничивается только клетками с высоким содержанием бора.

- 
- При нейтронзахватной терапии длина пробега тепловых нейтронов в ткани очень мала: половина из них поглощается на первых 15 мм пути
 - Увеличить глубину облучения можно с помощью эпитепловых нейтронов, которые обладают энергией равной 1-10 эВ и не захватываются бором и гадолинием, но после торможения в ткани в результате столкновения с ядрами водорода превращаются в тепловые нейтроны, которые уже захватываются ими. Соответственно можно получить довольно равномерное пространственное распределение тепловых нейтронов на расстоянии до 3 см по ходу пучка.
 - БНЗТ- терапия, когда эпитепловые нейтроны, взаимодействуют с борсодержащими радиофармпрепаратами (РФП), предварительно введенными в опухоль.
 - ГНЗТ- терапия, механизм которой заключается в следующем: при захвате нейтрона ядром ^{157}Gd образуются электроны внутренней конверсии, рентгеновское и жесткое фотонное излучение, а также Оже электроны. Энергия ядерной реакции 7.94 МэВ. Пролет вторичного излучения, за исключением фотонов, в биологической ткани, составляет ≤ 50 мкм от точки реакции, т.е. практически локализуется в той области ткани, где находятся ядра ^{157}Gd . Данный процесс приводит к смерти опухолевых клеток.

Источники нейтронов для терапии.

□ Интенсивные ядерные реакторы

Лишь малая часть из них использовалась и используется для лечения онкологических заболеваний. В настоящее время для нейтронной терапии проектируется целый ряд компактных реакторных установок нового поколения и модернизируются действующие. В то же время, число ИЯР непрерывно сокращается и будущее интенсивных нейтронных источников связывается с использованием ускорителей.

□ Простые и изохронные циклотроны

Ускорительные комплексы с энергией протонов или дейтронов 10-80 МэВ давно используются для получения быстрых нейтронов, которые с успехом применяют для проведения клинической терапии в онкологических центрах. В настоящее время современные циклотроны способны производить не только быстрые нейтроны для НСТ и ГНТ, но и генерировать эпитепловые нейтроны для БНЗТ. Преимущества: не требуют больших капиталовложений для монтажа, возведения биологической защиты и эксплуатации.



□ Фотоядерные реакции


В этом случае ускоренные электроны инжектируются в мишень, где их энергия преобразуется в тормозное γ -излучение. В результате взаимодействия γ -квантов с ядрами мишени, генерируются нейтроны в широком энергетическом диапазоне. Для получения терапевтических нейтронов в нужном энергетическом диапазоне можно использовать различные замедлители. Экспериментально найдено, что генерация нейтронов наиболее эффективна при энергии $E_e \sim 100 - 200$ МэВ.

□ нейтронные генераторы

Линейные ускорители ионов низких энергий, мощные источники нейтронов. Один из первых НГ эпитепловых нейтронов BAGINS был создан в Англии на базе ускорителя протонов.

□ ^{252}Cf

Высокий выход нейтронов со средней энергией 2.14 МэВ и низкое тепловыделение делают его эффективным средством при терапии первичных и рецидивных злокачественных новообразований. Источник используется в контактной и внутритканевой нейтронной терапии.



Действие нейтронного излучения на ткань организма.

- Преимущество нейтронной терапии в том, что эффект действия нейтронов в малой степени зависит от содержания кислорода в клетках опухоли, и обусловлен, главным образом, гибелью клетки.
- Также характерна высокая доля дефектов ДНК, которые не восстанавливаются.
- Экспериментальные исследования показали, что эффективность лучевого воздействия на раковые клетки возрастает в условиях гипертермии.
- Для уничтожения раковых клеток злокачественного очага необходима достаточно большая доза радиации. Это приводит к необходимости использования методики фракционирования, т.е. облучение проводится ежедневно с получением дозы порядка 1.8-2 Гр, 5 раз в неделю до достижения суммарной дозы (обычно в пределах 60-70 Гр). Положительный эффект обусловлен тем, что здоровые клетки при получении относительно небольшой дозы около 2 Гр успевают регенерироваться между облучениями гораздо быстрее, чем раковые клетки.



Спасибо за внимание!