

**ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ВЫСОКОДОЗНОЙ ВНУТРИТКАНЕВОЙ
БРАХИТЕРАПИИ ПРИ РАКЕ НИЖНЕЙ ГУБЫ**

А.Т. Кулиева, Е.С. Сухих, А.В. Вертинский

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Е.С. Сухих

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: anzhelikakulieva@gmail.com

**INFLUENCE OF SOURCE LOCATION IN HDR INTERSTITIAL BRACHYTHERAPY FOR CANCER
OF THE LOWER LIP**

A.T.Kulieva, E.S.Sukhih, A.V. Vertinsky

Scientific Supervisor: E.S.Sukhih

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: anzhelikakulieva@gmail.com

***Abstract.** The best dose coverage in HDR brachytherapy can be achieved by correct calculation of applicators position. The created source layout formats can be used in clinical practice as a template.*

Введение. Внутритканевая брахитерапия – вид радиотерапии, при которой радиоактивный источник помещается в инвазированную ткань, содержащую в себе опухолевые клетки. Основная задача такой радиотерапии заключается в обеспечении максимального покрытия опухоли заданной дозой. Высокие локальные дозы радиации, заключенные в небольшом объеме, снижают вероятность развития осложнений критических органов, находящихся в непосредственной близости от объема облучения.

В качестве источников для внутритканевой брахитерапии чаще всего используются: ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{125}I , ^{103}P , основные характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики источников, используемых в брахитерапии.

| Нуклид | Средняя энергия испускаемых фотонов (МэВ) | Период полураспада | HVL в стали, мм | $\Gamma_{\text{АКР}}, \left(\frac{\text{мГр} \times \text{м}^2}{\text{ГБк} \times \text{ч}} \right)$ |
|-------------------|---|-----------------------|-----------------|---|
| ^{60}Co | 1.25 | 5.26 у | 11 | 0,306 |
| ^{137}Cs | 0.66 | 30 у | 6.5 | 77.3 |
| ^{192}Ir | 0.38 | 73.8 d | 3 | 108 |
| ^{125}I | 0.028 | 60 d | 0.02 | - |
| ^{103}P | 0.021 | 17 d | 0.01 | - |

Радиоактивные источники могут быть представлены в различных вариантах, например, иглы, гранулы, капсулы и др. Гранулы чаще используются при ручном (хирургическом) введении источника в область с последующим извлечением (временная имплантация источника, ^{192}Ir) или без ограничения времени его нахождения (перманентное нахождение источника, ^{125}I). В свою очередь, капсулы (^{60}Co , ^{137}Cs) вводятся в облучаемый объем автоматически, с помощью специально разработанных устройств.

Пациенты обязательно проходят предварительную подготовку, при которой производится имитация нахождения аппликатора источника в области облучения. Аппликаторы предназначены для надежной фиксации источника в теле человека на протяжении всего курса лечения. С установленными аппликаторами пациенту проводят серию КТ или МРТ снимков (как правило это КТ/МРТ совместимые аппликаторы) для последующего расчета подведения дозы к необходимому объему. План лечения создается с помощью расчета времени нахождения источника в каждой запланированной точке (интервал порядка 5 мм) его следования.

Экспериментальная часть. Для исследования использовались снимки пациента с диагнозом рак нижней губы со стадией T₂N₀M₀. Клинический объем опухоли CTV, был обозначен на КТ-снимках. Пациенту был назначен курс с радикальной высокодозной внутритканевой брахитерапии с разовой дозой за сеанс от 5 Гр за 4 фракции на MultiSource HDR с использованием источника ⁶⁰Со.

План облучения данной области базировался на парижской системе, основные параметры которой таковы: источники должны располагаться линейно и параллельно друг другу на равномерном удалении друг от друга, на расстоянии не менее 8 мм, что позволяет удержать объем максимальной дозы на высоком уровне.

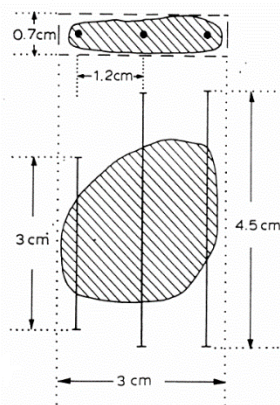


Рис. 1. Пример расположения источников в опухоли по парижской системе

Для данного пациента было создано 5 планов облучения с различными расстояниями между аппликаторами (8 – 12 мм) и разным количеством аппликаторов (4 - 6). Сравнение окончательных планов производится в соответствии с критериями приемлемости дозиметрического плана в качестве лечебного плана. Основными критериями являются:

- D₉₀ > 90% (доза, равная 90% от предписанной, должна покрывать более 90% объема);
- D₂₀₀ < 50% (доза, равная 200% от предписанной, должна покрывать не более 50% объема);
- Доза, полученная критическими органами, должна быть в пределах толерантных уровней.

Результаты и обсуждение. В таблице 2 приведены основные характеристики полученных планов лечения. Как видно из представленных данных, планы с расстоянием аппликаторов 8 и 11 мм не прошли по условию D₉₀ > 90%. При отступе аппликаторов на 8 мм (Рис.2(а)) наблюдается недостаток дозы в левой части опухоли, что может быть решено добавлением еще одного аппликатора и снижением времени активности других. При 11 мм отступе 90% доза составляет 4.2 Гр, что меньше заданного порогового значения, но в данном плане установка дополнительного аппликатора невозможна, так как при таком отступе он будет находиться за пределами опухоли. Увеличение времени облучения также не является лучшим вариантом решением данной проблемы, так как это приведет к возникновению зон переоблучения.

Среди всех составленных планов, отвечающих заданным критериям, лучшие результаты наблюдаются при расстоянии между источниками в 10 мм (Рис. 2(б)). Данный план имеет преимущества по всем показателям кроме продолжительности времени облучения, что является в большей степени косвенным критерием выбора плана.

Таблица 2.

Итоговые результаты планирования

| Расстояние между аппликаторами | Количество аппликаторов | Время облучения, сек | Минимальная доза, Гр | D90, Гр | V200, | Максимальная доза, Гр |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------|--------|-----------------------|
| 8 мм | 6 | 287,62 | 2,89 | 4,46 | 6,9 % | 26 |
| 9 мм | 5 | 306,93 | 3,29 | 4,88 | 9,7% | 28 |
| 10 мм | 5 | 332,14 | 3,39 | 4,90 | 8,8 % | 25 |
| 11 мм | 4 | 232,46 | 2,51 | 4,20 | 11,3 % | 38 |
| 12 мм | 4 | 287,82 | 2,42 | 4,64 | 10,0 % | 28 |

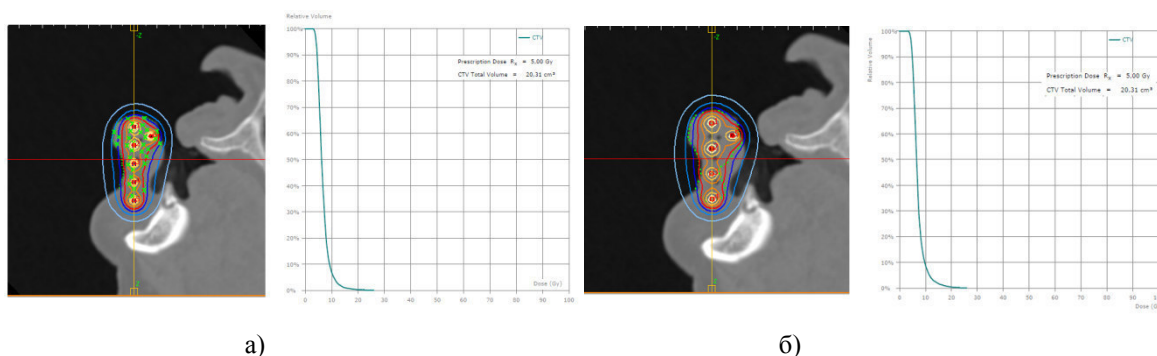


Рис. 2. а) - Дозное распределение в объеме мишени при расстоянии между аппликаторами 8 мм; б) - Дозное распределение в объеме мишени при расстоянии между аппликаторами 10 мм

Заключение. В ходе исследования были смоделированы пять планов лучевой терапии в формате внутритканевой высокодозной брахитерапии. В результате было установлено, что наилучшего результата удалось достичь при расстоянии между источниками 10 мм, и именно данный формат облучения будет взят за основу планирования типовых пациентов с таким же заболеванием в Томском Областном Онкологическом Диспансере.

Также следует с максимальной осторожностью относиться к установке аппликаторов, потому как находясь за пределами опухоли данные источники не будут учитываться при расчете дозного распределения, что приводит к образованию зон с повышенной или пониженной дозой.