

## Дозиметрия в контактной лучевой терапии

### I Вступление

«Brachy» - греческое слово обозначающее «короткий, близкий». «Брахитерапия» - контактная лучевая терапия.

Различные применения брахитерапии требуют специфических измерительных систем для обеспечения контроля качества.

PTW-Freiburg предлагает измерительное оборудование, специально разработанное для следующих применений в брахитерапии:

- Внутриполостная терапия
- При имплантации радиоактивных капсул
- Сосудистая брахитерапия
- Офтальмологическая брахитерапия

В этом обзоре рассматривается только внутриполостная терапия.

#### I.1 Из истории внутриполостной терапии

С начала прошлого столетия и до семидесятых годов, брахитерапия иглами Radium-226 была очень успешной, но радиационная защита персонала всегда оставалась большой проблемой. С изобретением удаленного управления погружением источника (от англ. слова «afterloader») в 1960 эта проблема была решена. Теперь, персонал уходит из процедурной во время сеанса терапии.

#### I.2 Внутриполостное облучение сегодня

Современное оборудование для внутриполостной терапии использует шаговый двигатель, который позволяет задать точное положение радиоактивного источника в аппликаторе.

Внутриполостная терапия классифицируется в зависимости от мощности дозы:

LDR (Low Dose Rate) низкая мощность дозы  
HDR (High Dose Rate) высокая мощность дозы [1]:

- LDR: Мощность дозы 0.4 - 0.8 Gy/h
- HDR: Мощность дозы > 0.5 Gy/min

LDR брахитерапия, с источником  $^{137}\text{Cs}$ , начальная активность которого составляет около 1480 MBq (40mCi) и требует время облучения около 8 часов. Из-за длительного сеанса облучения, только немногие пациенты могут получить лечение.

HDR брахитерапия с источником  $^{192}\text{Ir}$  (как правило начальная активность источника 370 GBq (10 Ci)) позволяет оператору установить требуемую дозу в отдельных фракциях в пределах нескольких минут.

PDR (Pulsed Dose Rate) циклическое введение источника LDR.

Это одновременная продолжительная LDR брахитерапия под управлением последовательности "mini" HDR фракций. [2]

Как правило, источником для PDR является источник  $^{192}\text{Ir}$  с начальной активностью 37 GBq (1 Ci).

Вследствие относительно короткого времени облучения, внутриполостная HDR терапия является наиболее популярной на сегодняшний день.

Технически, источник для HDR и PDR реализован на сердечнике из чистого  $^{192}\text{Ir}$  (длиной около 3.5 мм и диаметром 0.6 мм), которые инкапсулированы в оболочку из нержавеющей стали на конце металлического провода.

Период полураспада  $^{192}\text{Ir}$  приблизительно 74 дня, замена источников осуществляется как правило 1 раз в 3 месяца

#### I.3 Различные применения для внутриполостного облучения [1]

Внутриполостная брахитерапия с размещением радиоактивных источников в аппликаторах установленных в полостях, т.е. в матку, влагалище и т.д.

Внутрипросветная брахитерапия – временное размещение радиоактивных источников внутри полости. Это часто используется для лечения опухолей преграждающих отверстие легочного бронх, желчного протока, пищевода и т.д.

Внутриканальная брахитерапия – временный или постоянный имплантант радиоактивной капсулы или иглы в тело опухоли. Это особенно хорошо при лечении простаты, гинекологии, локально рекуррентного рака. Согласно методике, сначала устанавливается катетер или кондуктор в требующийся объем, а затем вводится радиоактивный источник.



Рис. 1 Ионизационная камера колодезного типа и UNIDOS

## II Дозиметрия и контроль качества

Задачи дозиметрии и контроля качества [3]:

- Измерение начальной активности
- Оценка факторов ослабления для аппликаторов
- Проверка позиции остановки источника

### II.1 Измерение начальной активности

AAPM TG-56 рекомендует, чтобы квалифицированный медицинский физик, калибровал каждый HDR/PDR источник до его клинического использования в единицах Кермы в воздухе и использовал это значение как базисное для планирования лечения. [1].

PTW-Freiburg предлагает две различные системы измерения начальной активности HDR ионизационная камера колодезного типа и AL калибровочный фантом.

#### II.1.1 Измерение начальной силы источника с помощью ионизационной камеры колодезного типа

Измерения начальной активности с помощью ионизационной камеры колодезного типа рекомендовано AAPM [1] и DGMP [3].

Ионизационная камера HDR от PTW имеет измерительный объем 200 см<sup>3</sup>. Установка и измерение требует всего лишь несколько минут, что делает эту камеру пригодной к повседневным измерениям.

##### Метод:

HDR камера должна быть установлена в процедурной и, присоединена к электрометру. Аппликатор, соединенный с устройством загрузки должен быть введен в акриловый адаптер камеры.

Фирма Nucletron, производитель автозагрузочников microSelectron, рекомендует проводить измерения без аппликаторов. Специальная конструкция адаптера может быть соединена с автозагрузочником стандартной передающей трубкой. Источник подается внутрь адаптера без аппликатора. Для измерений, источник должен быть расположен внутри камеры, в точке максимальной чувствительности (приблизительно 84 мм ниже края камеры). Это точка легко может быть обнаружена, перемещением источника маленькими шагами внутри аппликатора с отслеживанием сигнала на электрометре.

Хотя, для определения начальной активности источника и используется Керма в воздухе, также общепринято использование «допустимая активность» {apparent activity} и «сила экспозиции» {exposure strength} [1]

Калибровочный сертификат PTW на HDR камеру дает калибровочные факторы для всех трех величин.

Сила источника может быть рассчитана по формуле:

$$Si = M \times Ni \times Pion \times k_{PT}$$

Где:

Si	Сила источника
M	Показания ионизационной камеры
Ni	Калибровочный фактор
Pion	Обратная величина ион совокупной эффективности фактору Aon (с совокупным потенциалом >300V Pion = 1)
k <sub>PT</sub>	Коррекция для температуры и давления

Следовательно, другие калибровочные факторы Si могут быть рассчитаны как:

- Сила Кермы в воздухе (cGy m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>)
- Допустимая активность (GBq или Ci)
- Сила экспозиции (R m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>)

##### Электрометры:

PTW HDR камера работает с соответствующим электрометром. Электрометр должен считывать в pA и иметь широкий динамический диапазон. Он должен обладать функциями измерения накопленного заряда и настройка временного интервала. Диапазон измерений зависит от динамического диапазона электрометра.

- Измеряемый диапазон UNIDOS и UNIDOS E: 1.7 MBq (0.05mCi)... 8.3 TBq (224 Ci)<sup><1</sup>
- Измеряемый диапазон MULTIDOS: 83 MBq (2.25mCi)... 8.3 TBq (224 Ci)<sup><1</sup>

Они рекомендованы как электрометры наиболее подходящие для всех типов измерений в HDR, PDR и LDR брахитерапии

##### Калибровка:

Каждая HDR камера калибрована со следующими устройствами загрузки:

- MDS Nordion, GammaMed™
- Nucletron, microSelectron™
- Varian, VariSource™

Калибровка HDR камеры выполняется PTW<sup><2></sup> и NIST<sup><3></sup>. Перекалибровка рекомендована 1 раз в 2 года

##### Адаптеры:

В соответствии с большинством имеющихся аппликаторов PTW-Freiburg предлагает три различных адаптера:

- Универсальный адаптер для детектора от 1.0 до 1.8 мм (т.н. пластиковый катетер Varian 4.7 French). (Order No.: T33004.1.012)
- Универсальный адаптер для детектора от 1.8 до 3.2 мм (т.н. стальной детектор MDS Nordion с наружным диаметром 3.05 мм и STS пластиковым катетером с 2 мм или 3 мм наружным диаметром) (Order No.: 33004.1.013)
- Адаптер для Nucletron. (Nucletron рекомендует калибровку источника без аппликатора. Специальная конструкция делает возможным соединение автозагрузочника со стандартной передающей трубкой) (Order No.: T33002.1.009)

Адаптеры для калибровки LDR (<sup>137</sup>Cs) доступны по дополнительному заказу

## II.1.2 Измерение начальной активности источника AL калибровочным фантомом

Номинальная активность для внутриволостных источников указывается в единицах Керма в воздухе на расстоянии 1 метр в боковом направлении от центра источника. В клинической практике, измерение на расстоянии 1 м не реально для ежедневных измерений, потому что доза на расстоянии метра очень низка и присутствует эффект обратного рассеивания.

DIN 6809-2 раздел 3 рекомендует выполнять измерения в твердотельном фантоме с максимальной точностью установки источника и ионизационной камеры.

AL калибровочный фантом PTW T9193, рекомендован DGMP для измерения активности источника и калибровки инвиво-детекторов [3].



Рис 2: AL калибровочный фантом T9193 с твердотельной камерой (слева) и AL аппликатором

Фантом состоит из PMMA (акрил) цилиндра диаметром 20см и высотой 12 см. В центре расположено отверстие для адаптеров различных аппликаторов устройств загрузки. На окружности радиусом 8 см, в 2 см от края фантома, расположены 4 отверстия для установки адаптера для детектора под углами 0°, 90°, 180° и 270°.

### Установка и измерение:

Во избежание эффекта обратного рассеивания, фантом устанавливается на треноге с минимальным расстоянием до стен и пола 60см. Измерение активности источника должно быть выполнено в четырех точках вокруг аппликатора. Если электрометр имеет функцию измерения за интервал (например: UNIDOS, UNIDOS E и MULTIDOS), время движения источника не должно учитываться, измерение должно быть начато и закончено пока источник находится в фантоме. Рекомендовано измерение в течение 60 сек на каждой позиции.

Для измерения активности источника PTW-Freiburg рекомендует стержневую камеру объемом 0.3 см<sup>3</sup> (модель 23332).

Используя камеру колодезного типа и AL калибровочный фантом, физик имеет две независимые системы для измерения параметров источника

## II.2 Оценка факторов ослабления для аппликаторов

Если аппликатор отличается от того, который используется, отличие в поглощении должно быть скорректировано посредством изменения фактора ослабления. DGMP рекомендует для этих целей AL калибровочный фантом PTW [3].

### Метод:

Сила источника Керма в воздухе должна быть измерена со стандартным аппликатором в AL калибровочном фантоме. Затем измерения должны быть выполнены с новым аппликатором и соответствующим адаптером для фантома.

Сравнение этих двух измерений дает корректировочный фактор.

Адаптеры для основных устройств загрузки источников в наличии. Адаптеры для аппликаторов специальной конструкции можно заказать как (T9193/2xx).

## II.3 Проверка положения источника

Положение источника в аппликаторе должно быть определено. Обычно, проверяется разница между показаниями на панели управления устройства загрузки и реальным положением источника. Обычно это делается с помощью фантома и рентгеновской пленки.

PTW-Freiburg для этих целей рекомендует тест-объект PosiCheck.

PosiCheck сделан из акрилового стекла. Аппликатор устройства автозагрузки вводится в одно из углублений (различная ширина для различных аппликаторов). Положение источника и измерительных линий видны на экспонированной рентгеновской пленке. По экспонированным линиям и изображению источника, легко определить действительное положение источника внутри аппликатора.



Рис. 3: Тест-объект PosiCheck 743006

### III In-vivo измерения

#### III.1 Многоканальный дозиметр MULTIDOS

Многоканальный дозиметр MULTIDOS предназначен для in-vivo дозиметрии пациента в течение гинекологической радиотерапии совместно с аппаратом для внутриволостного облучения. Он соответствует стандарту безопасности IEC 60601-2-9. MULTIDOS позволяет с помощью полупроводниковых детекторов контролировать дозу непосредственно в прямой кишке, мочевом пузыре. Одиночный детектор для измерений в мочевом пузыре имеет диаметр всего лишь 3 мм и может использоваться в катетере. Пять гибких, детекторов для измерений в прямой кишке смещены относительно друг-друга на 15мм увеличивают шанс измерения в точке максимальной дозы.

Оба детектора могут быть калиброваны в AL фантоме при использовании соответствующих адаптеров



Рис. 4: MULTIDOS с детекторами для мочевого пузыря и прямой кишки, соединительная коробка для детекторов, и AL калибровочный фантом

#### III.2 MultiSoft

Пакет программного обеспечения MultiSoft позволяет пользователю управлять MULTIDOS, сохранять данные пациента и ассоциировать с ним значения доз в базе данных. Возможна печать данных для документирования облучения каждой процедуры облучения в соответствии с Директивой Европейского Совета. [4]

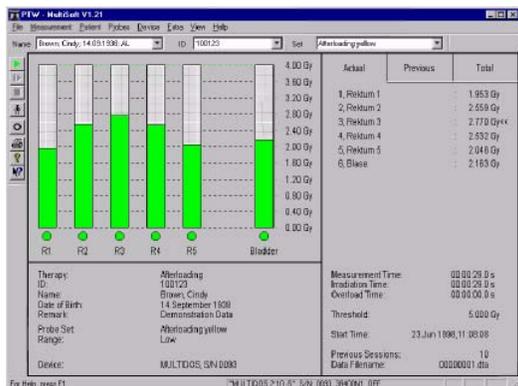


Рис. 5: Представление MultiSoft

### IV Заключение

Для контроля качества внутриволостной радиотерапии требуется измерительного оборудования с высокой точностью.

PTW-Freiburg рекомендует:

#### Основное оборудование:

- Ионизационная камера колодезного типа 33004
- Дозиметр UNIDOS E

#### Дополнительное оборудование:

- Ионизационная камера колодезного типа 33004
- Дозиметр UNIDOS E
- Фантом T9193 с аксессуарами
- PosiCheck T43006

#### Экспертное оборудование:

- Ионизационная камера колодезного типа T33004
- Фантом T9193 с аксессуарами
- PosiCheck T43006
- Дозиметр MULTIDOS AL
- Программное обеспечение MultiSoft
- Полупроводниковый детектор T9111 или T9113 для мочевого пузыря
- Пять полупроводниковых детекторов T9112 для прямой кишки

[1] Code of practice for brachytherapy physics: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 56, Med. Phys. 24 (10), October 1997

[2] Monte Carlo aided dosimetry of the microelectron pulsed and high dose-rate <sup>192</sup>Ir sources. Jeffrey F. Willimason and Zuofent Li, Med. Phys. 22 (6), June 1995

[3] Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik e.V., Praktische Dosimetrie in der HDR Brachytherapie, H. Krieger Ingolstadt, D. Baltas, Offenbach, 1999

[4] The Council of the European Communities, Council Directive 97/43 EURATOM of 30 June 1997 on health protection of individuals against the danger of ionizing radiation in relation to medical exposure

**PTW**FREIBURG

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE WERKSTÄTTEN  
DR. RYCHLAKI GMBH

PTW-FREIBURG  
LÖRRACHER STRASSE 7  
D-79115 FREIBURG, GERMANY  
Tel: +49-761-49055-0  
Fax: +49-761-49055-70  
E-Mail: ptw@ptw.de  
URL: http://www.ptw.de