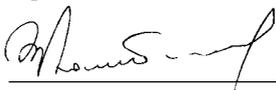


**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель министра здравоохранения



В.В. Колбанов

7 июля 2004 г.

Регистрационный № 191–1203

**МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ  
ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ И ОРГАНОВ  
МАЛОГО ТАЗА ПРИ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОМ  
ПЛАНИРОВАНИИ ИМПУЛЬСНОЙ  
БРАХИТЕРАПИИ**

Инструкция по применению

**Учреждение-разработчик:** НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова

**Авторы:** д-р мед. наук И.А. Косенко, канд. мед. наук Н.И. Океанова, канд. мед. наук Т.М. Литвинова, Л.А. Фурманчук

## ВВЕДЕНИЕ

Сочетанная лучевая терапия (СЛТ) является основным методом лечения рака шейки матки (РШМ) и применяется у 75% больных. Основным компонентом метода, обуславливающим воздействие на первичный очаг опухоли, служит внутрисполостная гамма-терапия, которая является разновидностью контактной лучевой терапии (КЛТ).

Совершенствование метода лучевой терапии РШМ осуществлялось представителями всех научных школ прошлого столетия, что позволило к 2000 г. достичь показателя пятилетней выживаемости больных всех стадий, равного 75%. Вместе с тем количество радиационных осложнений при использовании общепринятой методики брахитерапии продолжало оставаться высоким, причем в их структуру входили свищи между влагалищем и критическими органами, деструкции костей и перфорации органов. В 2,4% случаев повреждения прямой кишки и мочевого пузыря являлись причиной гибели больных РШМ.

В 1971 г. на IV Международной конференции ВОЗ для реализации внутрисполостной гамма-терапии у онкологических больных был рекомендован метод двухэтапного последовательного введения эндостатов и радионуклидных источников излучения, представленный двумя разновидностями:

– simple afterloading — ручное последовательное двухэтапное введение эндостатов и источников излучения низкой активности с длительностью сеанса лечения 24 ч;

– remote afterloading — автоматизированное двухэтапное последовательное введение эндостатов и источников излучения высокой и средней мощности дозы с длительностью сеанса облучения от нескольких минут до 24 ч.

Основоположниками этого метода в онкологии считаются Henschke и К.Н. Костромина, которые создали эндостаты, разработали основы дозиметрического планирования и внедрили метод в клиническую практику. Так А.С. Павлов и К.Н. Костромина, обосновывая переход от традиционной общепринятой внутрисполостной гамма-терапии к методике двухэтапного последовательного введения эндостатов и радионуклидных источников, в 1969 г. писали, что эта методика позволяет:

- строго фиксировать источники в метркольпостате и формировать стабильное дозное поле;
- повышать точность дозиметрической подготовки;
- учитывать индивидуальные особенности синтопии смежных органов;
- снижать среднюю ошибку при дозиметрическом планировании по сравнению с табличными данными в очаге с 175 до 15% и повышать тем самым информативность дозиметрического контроля;
- уменьшить дозу облучения медицинского персонала.

В течение 30 последних лет накопился большой опыт лечения больных РШМ с помощью двухэтапного последовательного введения эндостатов и источников различной мощности дозы. Разработано множество аппаратов для автоматизированного введения радионуклидных источников типа Катетрон, Кюретрон, Цервикотрон, Брахитрон, Ральстрон, Гамма-мед, аппарат Biichler, Декатрон, аппарат А.А. Станкевича, АГАТ-В, Селектрон, АГАТ-ВУ, МикроСелектрон, в которых применяются такие радионуклиды, как  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ .

Внутриполостное облучение по методике ручного двухэтапного последовательного введения эндостатов и источников излучения низкой мощности дозы привело к достаточно высокой пятилетней выживаемости больных РШМ (72,3%) при более низкой частоте лучевых осложнений, чем при использовании общепринятой методики брахитерапии.

Успехи, связанные с применением новой методики внутрисполостной гамма-терапии, обусловили ее активное развитие. Следующим этапом в брахитерапии стало использование источников высокой мощности дозы, вводимых автоматизированным способом. Увеличение мощности дозы источников излучения с 0,5–0,8 до 10–20 Гр/ч позволило сократить длительность сеансов КЛТ до 10–40 мин, и обеспечить комфортность и экономичность облучения. Наряду с этим новая методика сохранила и развила указанные выше преимущества принципа afterloading, что позволило создать в области опухолевого очага постоянное дозное поле в течение всего сеанса облучения, благодаря сохранению неизменной геометрии радионуклидных источников, а также значительно повысить дози-

метрическую точность сеанса и уменьшить до минимума дозу облучения медицинского персонала.

Однако имеется группа больных РШМ, у которых современные методики СЛТ оказываются малоэффективными из-за повышенной биологической агрессивности опухолевого процесса, что в 40–65% случаев приводит к рецидивам и метастазам болезни в течение первых двух лет после лечения. Основными неблагоприятными факторами прогноза РШМ являются запущенность злокачественного процесса (III–IV стадии) и такие гистологические структуры опухоли, как аденокарцинома, низкодифференцированный эпидермоидный рак и недифференцированный рак.

Поиск резервов повышения эффективности лечения больных РШМ с неблагоприятным прогнозом свидетельствует о целесообразности использования новых технологий, обеспечивающих комплексное воздействие на опухоль. Одним из наиболее перспективных методов лучевого воздействия, способствующего максимальной девитализации раковых клеток опухоли в шейке матки при невысокой степени побочного действия излучения, является метод КЛТ в импульсном режиме в сочетании с химиотерапией.

В задачу последней входят усиление местно-регионарного действия лучевого лечения и оказание разрушительного влияния на ту часть опухоли, которая в последующем может явиться источником развития рецидивов и метастазов. Сопутствующая химиотерапия может обеспечить бимодальный эффект, заключающийся не только в цитостатическом, но и радиосенсибилизирующем воздействии, что в конечном счете потенцирует эффект облучения. Согласно литературным данным, для обеспечения указанного механизма действия во время проведения лучевой терапии наиболее целесообразно использование препаратов платины (цисплатин, карбоплатин), которые оказывают непосредственное цитостатическое влияние на опухолевую клетку и ингибируют репарацию сублетальных и потенциально летальных постлучевых повреждений, повышая тем самым степень резорбции опухоли.

Предварительные данные зарубежных научных исследований, выполненных на культуре клеток, свидетельствуют, что облучение с импульсным воздействием обладает более выраженным канцери-

цидным эффектом, чем постоянное протрагированное облучение. Первые клинические исследования эффективности импульсной брахитерапии позволили установить, что этот метод КЛТ является достаточно качественным и обладает большими возможностями.

Для проведения КЛТ в импульсном режиме фирмой «Nucletron» создан аппарат «MicroSelecton-PDR», где используется радионуклид <sup>192</sup>Ir активностью 1,0 Ки. Количество импульсов варьируется от 3 до 24, интервал между ними составляет от 1 до 3 ч. Лечение можно проводить круглосуточно либо с ночным перерывом. Доза за один импульс, как правило, равна 1 Гр, длительность — 10–40 мин.

Перед началом сеанса импульсной брахитерапии на аппарате «MicroSelecton-PDR» необходимо рассчитать время лечения в каждом конкретном случае для подведения заданных доз в кардинальные точки малого таза (А и В, справа и слева), определить дозы в прямой кишке, мочевом пузыре и некоторых других органах, окружающих опухоль. Сделать это можно с помощью индивидуального дозиметрического планирования.

Основной задачей дозиметрического планирования сеанса импульсной КЛТ у больных РШМ является определение координат источников и точек, находящихся в органах и тканях, окружающих опухоль в трехмерном пространстве. Для этой цели используется поэтапно в едином комплексе ультразвуковая и рентгенологическая топометрия, которая позволяет визуализировать не только излучающую систему с имитаторами, расположенную в полости матки и влагалище, но и получить четкое изображение контрастированных органов малого таза (мочевого пузыря, прямой кишки).

## **ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ**

1. *Ультразвуковой топометрии:* получение дополнительной клиничко-анатомической информации для определения девиации матки, наличия специфических инфильтратов в параметриях, фиксации петель кишок на поверхности матки, расположения мочевого пузыря и прямой кишки и наличия кистозных образований в яичниках.

2. *Рентгенологической топометрии:* проведение индивидуального дозиметрического планирования по рентгеновским снимкам

сеанса импульсной брахитерапии для определения объема облучаемой ткани, расчета времени сеанса лечения и определения дозовых нагрузок в органах и тканях, окружающих опухоль, с помощью компьютерной планирующей системы по программе «Plato».

## **ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

1. Аппарат для ультразвукового исследования с набором датчиков (линейных и конвексных) и принтером для получения изображения органов малого таза на фотобумаге (сонограмма).
2. Симулятор рентгеновского изображения.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА**

Методика визуализации излучающей системы и органов малого таза при дозиметрическом планировании импульсной брахитерапии начинается с ультразвуковой топографии органов малого таза.

### **Ультразвуковая топометрия**

При проведении эхоскопического исследования у больных РШМ необходимо соблюдать следующие условия:

- использовать датчик, позволяющий получать качественное изображение органов малого таза;
- проводить исследование на фоне наполненного мочевого пузыря и опорожненной прямой кишки;
- начинать осмотр органов малого таза с надлобковой области, а затем постепенно переходить от продольного положения (относительно длины тела больной) к поперечному.

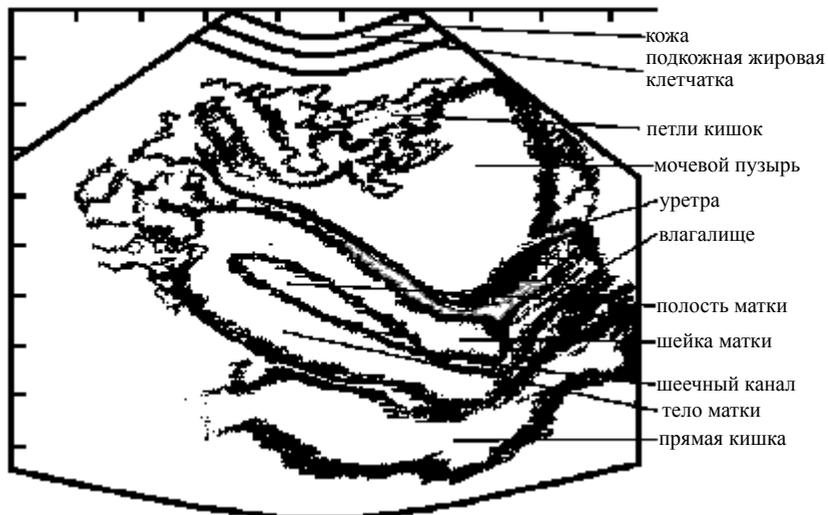
Ультразвуковая топометрия позволяет:

- изучить положение шейки и тела матки, а затем определить их взаимоотношение с окружающими органами: мочевым пузырем, яичниками, петлями тонкого и толстого кишечника (рис. 1а, б);
- измерять размеры шейки матки, полости матки и определять расстояния до критических органов следует при фиксированном изображении шейки и тела матки в сагиттальной плоскости на уровне цервикального канала;
- получить предварительную информацию о максимальных размерах матки, для чего необходимо определить максимальную дли-

ну и толщину органа, измеряя длину в краниокаудальном направлении, а толщину спереди назад, проведя перпендикуляр к длине, что позволит найти самое короткое расстояние.



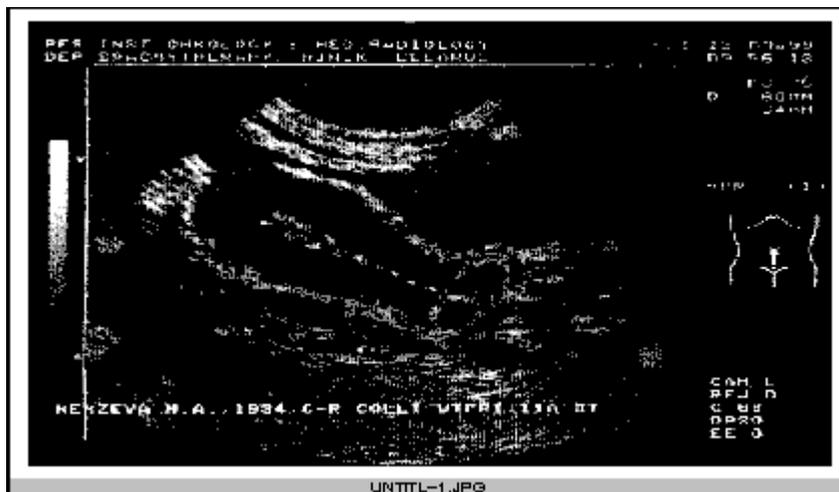
*Рис. 1а. Ультразвуковое изображение органов малого таза в сагиттальной плоскости на уровне просвета цервикального канала*



*Рис. 1б. Схема ультразвукового изображения органов малого таза в сагиттальной плоскости на уровне просвета шейечного канала*

После введения излучающей системы в половые пути больной РШМ, следует повторить ультразвуковую топометрию и при не-

удачной установке эндостата провести соответствующую коррекцию (рис. 2).



*Рис. 2. Ультразвуковое изображение матки с излучающей системой в сагиттальной плоскости*

Недостаточное заполнение мочевого пузыря, наличие выраженного спаечного процесса в брюшной полости, фиксирование петель кишок к поверхности матки, наличие опухолевых инфильтратов в параметриях могут исказить изображения органов малого таза и мешать точному измерению расстояний, необходимых для расчета доз.

### **Рентгенологическая топометрия**

Рентгенологическая топометрия проводится после эхоскопической топометрии для дозиметрического планирования сеанса импульсной брахитерапии на симуляторе. Она может быть выполнена двумя способами:

- путем получения рентгеновского изображения в объеме так называемой ортогональной реконструкции;
- путем получения рентгеновского изображения при реконструкции под разными углами.

Первая методика требует выполнения двух взаимно перпендикулярных рентгенограмм, имеющих одну точку пересечения (изоцентр), расположенную в зоне опухоли. Для проведения этого ис-

следования необходимо соблюдать два условия:

- пациентка должна оставаться неподвижной по отношению к рентгеновской трубке;

- рентгеновская трубка при переводе ее из переднезаднего в боковое положение не должна смещаться относительно выбранного изоцентра ни в каком направлении, чтобы сохранить одну точку пересечения для двух изображений, получаемых на разных рентгеновских пленках.

Для расчета продолжительности сеанса облучения по выбранной дозе на компьютерной планирующей системе по программе «Plato» необходимо знать:

- расстояние «фокус — изоцентр» (РФИ), мм;

- расстояние «фокус — пленка» (РФП), мм;

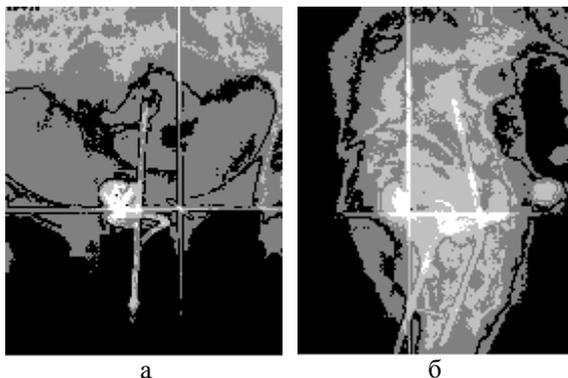
- коэффициент увеличения изображения (КУ), равный РФП/РФИ;

- направление хода рентгеновского луча при изменении положения трубки (справа налево или слева направо: угол при этом равен  $90^\circ$  или  $270^\circ$ , сверху вниз или снизу вверх: угол при этом равен  $0^\circ$  или  $180^\circ$ ), рассматривая это относительно больной, лежащей на спине или на животе.

Практически два рентгеновских изображения в объеме ортогональной реконструкции можно получить следующим образом: переднезадний рентгеновский снимок выполняется после совмещения проекции изоцентра симулятора, который при рентгеноскопии виден как перекрестье двух тонких металлических проволок, всегда совмещенных с центром рентгенологического изображения, с предполагаемым началом системы координат, так называемой точкой «0»; она расположена на внутриматочном катетере на уровне наружного зева цервикального канала и отмечена при использовании любого эндостата рентгеноконтрастной меткой. Перед выполнением боковой рентгенограммы необходимо штатив с рентгеновской трубкой повернуть на  $90^\circ$  и, проверив совмещение проекции изоцентра с предполагаемым началом системы координат, сделать второй рентгеновский снимок (рис. 3).

Вся необходимая информация о каждом изображении, получаемом при рентгенотопометрии, фиксируется в памяти симулятора

после цифровой обработки. Данные о геометрических параметрах получаемых изображений автоматически выводятся на печать на английском языке в виде таблицы и передаются на планирующую систему, где рассчитывается объем облучаемых тканей, время сеанса лечения и дозы во всех заданных точках.



*Рис. 3. Изображение Ring Applicator в объеме ортогональной реконструкции: а) переднезадняя рентгенограмма; б) боковая рентгенограмма*

Ортогональная реконструкция позволяет оценить условия локализации элементов излучающей системы (аппликатор Флетчера, Ring Applicator) относительно друг друга и шейки матки, а также определить положение контрастированных участков мочевого пузыря и прямой кишки.

Для второй методики визуализации излучающей системы и органов малого таза — рентгенологического изображения путем реконструкции под разными углами — необходимо получить два изображения на две рентгенограммы для неподвижно лежащей пациентки при фиксированных положениях рентгенологической трубки относительно одного изоцентра. При этом рентгеновская трубка располагается перпендикулярно к центральному лучу, который смещается по отношению к центральной оси рентгеновской установки на разные углы во время получения каждого изображения при различных РФИ и РФП (рис. 4).

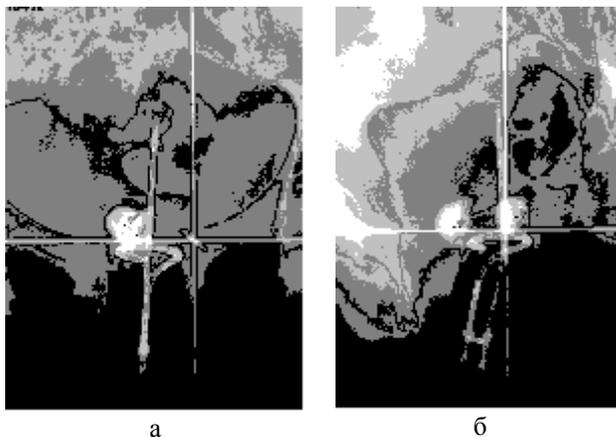
Для дозиметрического планирования сеанса импульсной брахитерапии с использованием реконструкции под разными углами необходимо знать для каждого изображения следующие величины:

– угол смещения рентгеновской трубки относительно оси для каждого изображения;

– РФИ, мм;

– РФП, мм;

– КУ = РФП/РФИ.



*Рис. 4. Изображение круглого аппликатора в объеме реконструкции под разными углами: а) переднезадняя рентгенограмма ( $0^\circ$ ); б) косая рентгенограмма ( $30^\circ$ )*

Получение «косого» изображения желательно контролировать видеотелевизионным монитором с электронно-оптическим преобразователем изображения для выбора угла наиболее оптимального поворота рентгеновской трубки. Это позволяет обеспечить хорошее качество рентгеновского снимка, при котором видны все элементы излучающей системы и контрастированных органов. Вся необходимая информация о двух изображениях, получаемых при данном методе рентгенотопометрии, фиксируется в памяти симулятора и подвергается цифровой обработке. Данные о геометрических параметрах получаемых изображений автоматически выводятся на печать на английском языке в виде таблицы и передаются на планирующую систему, где рассчитываются объем облучаемых тканей, время сеанса лечения и дозы во всех заданных точках.

*Осложнений при использовании метода не наблюдается.*

*Противопоказания к применению метода отсутствуют.*