

ным видом грызунов являются крысы, хотя могут использоваться и другие виды, например, мыши. Схема исследования состоит из двух параллельных фаз: фаза исследования хронической токсичности продолжительностью 12 месяцев, фаза исследования канцерогенности продолжительностью 24 месяца (должна быть большей частью нормального жизненного цикла подопытных животных). Продолжительность исследования должна быть достаточна для любых проявлений кумулятивной токсичности, не смешиваясь при этом с проявлениями возрастных изменений. Исследуемый образец должен поступать ежедневно группам подопытных животных (обеспечивается свободный доступ к воде).

Наличие химического загрязнения воды снижает эффективность очистки и обеззараживания исходной воды; для определения метода обеззараживания и очистки при выраженном химическом (органическом и неорганическом) загрязнении необходимо проведение дополнительных аналитических и экспериментальных (модельных) исследований.

Предложенный метод гигиенической оценки безопасности способов обеззараживания воды может быть использован в комплексе медицинских услуг, направленных на медицинскую профилактику заболеваний населения, ассоциированных с образованием побочных токсичных продуктов обеззараживания при применении реагентных методов. В рамках госнадзора может использоваться при обосновании выбора наиболее безопасного способа обеззараживания питьевой воды, определяющего наименьшие риски здоровью населения, сравнительном анализе эффективности и безопасности различных режимов и способов обеззараживания в условиях конкретной системы водоснабжения, разработке профилактических мероприятий, направленных на повышение безопасности питьевой воды, повышения их эффективности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Woo, Y.* Use of Mechanism-Based Structure–Activity Relationships Analysis in Carcinogenic Potential Ranking for Drinking Water Disinfection By-Products / *Y. Woo [et al.] // Env. Health Persp.* –1999. – Vol. 107. – Suppl. 1. – P. 207–2017.
2. *Richardson, S. D.* Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research / *S. D. Richardson [et al.] // Mutat Res.* – 2007. – Vol. 636 (1–3). – P. 178–242.
3. *Bull, R. J.* Potential carcinogenic hazards of non-regulated disinfection by-products: haloquinones, halo-cyclopentene and cyclohexene derivatives, N-halamines, halonitriles, and heterocyclic amines / *R. J. Bull [et al.] // Toxicology.* – 2011. – Vol. 286 (1–3). – P. 1–19.
4. *Дроздова, Е. В.* К вопросу об образовании побочных продуктов дезинфекции питьевой воды (регламентируемых и эмерджентных), их генотоксических и канцерогенных свойствах: обзор проблемы и направления дальнейших исследований / *Е. В. Дроздова [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь. Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С. И. Сычик.* – Минск: РНПМБ, 2016. – Т. 1, вып.26. – С. 95–98.
5. OECD TG № 453 «Combined Chronic Toxicity/Carcinogenicity Studies» (ОЭСР Руководство № 453 «Комбинированные исследования хронической токсичности и канцерогенности»): междунар. документ: разработан Организацией Экономического Сотрудничества и Развития (ОЭСР/OECD).

## ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ REMOTE METHODS OF RADIATION THERAPY

**Л. А. Жук, Г. Е. Тур**  
**L. Zhuk, G. Tur**

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ  
г. Минск, Республика Беларусь  
lutik25021984@gmail.com  
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Во всем мире отмечается рост заболеваемости злокачественными новообразованиями, которые находятся на третьем месте по смертности населения после травм и сердечно-сосудистых заболеваний.

В настоящее время предпочтение отдается мультимодальному лечению онкологических заболеваний, в которое входит лучевая терапия. Лучевая терапия стремительно развивается, появляются более новые методики проведения. Техническое совершенствование аппаратов для лучевой терапии позволяет расширить показания для ее использования, а также снизить риск побочных реакций и осложнений лучевой терапии.

На сегодняшний день лучевая терапия представляет собой высокотехнологический процесс, использующий сложные электрофизические установки, мощные компьютерные станции и прецизионные дозиметрические приборы.

Worldwide, there is an increase in the incidence of malignant neoplasms, which are on the third place in terms of mortality after trauma and cardiovascular diseases.

At present, preference is given to multimodal treatment of oncological diseases, which includes radiation therapy. Radiation therapy is rapidly evolving, newer techniques are emerging. The technical development of radiotherapy devices allows to expand the indications for its use, as well as to reduce the risk of adverse reactions and complications of radiotherapy.

To date, radiotherapy is a high-tech process that uses complex electrophysical devices, powerful computer stations and precision dosimetric devices.

*Ключевые слова:* виды и способы лучевой терапии, методики проведения лучевой терапии, линейный ускоритель, гамма-нож, рентгеновский симулятор, фиксирующие приспособления.

*Keywords:* the types and methods of radiation therapy, methods of radiotherapy, linear accelerator, gamma knife, X-ray simulator, fixing devices.

Во всем мире отмечается рост заболеваемости злокачественными новообразованиями. В настоящее время предпочтение отдается мультимодальному лечению, в которое входит лучевая терапия. Техническое совершенствование аппаратов для лучевой терапии позволяет расширить показания для ее использования.

Лучевая терапия (ЛТ) – это применение энергии электромагнитных излучений или пучков элементарных ядерных частиц, которые способны разрушить опухолевые клетки, а также подавлять рост и деление.

Здоровые клетки, которые попадают в зону облучения, повреждаются также как и опухолевые. Так как клетки опухоли делятся быстрее, то облучение действует на них более губительно.

Лучевая терапия применяется для лечения различных видов злокачественных новообразований, но, к сожалению, далеко не все одинаково хорошо к ней чувствительны. Она может использоваться как в комплексе с другими, так и в виде самостоятельного метода лечения. Ее проводят перед операцией – для уменьшения размеров опухоли, или после – для уничтожения оставшихся злокачественных клеток. Довольно часто лучевую терапию применяют совместно с противоопухолевыми препаратами и химиотерапией. Тем пациентам, которым нельзя удалить новообразование, ЛТ позволяет уменьшить размер опухоли, ослабить боль, а также улучшить общее самочувствие.

Для проведения ЛТ используют специальное сложное оборудование, которое позволяет направить поток ионизирующего излучения на патологический очаг. Они различаются по принципу действия и применяются в разных целях. Какой именно из аппаратов необходимо использовать для лечения определяет врач.

Дистанционная (наружная) лучевая терапия (ДЛТ) – является одним из ведущих способов лечения онкологических заболеваний. Во время сеанса, пациент находится на определенном расстоянии от источника излучения (от 3–5 см до 1 м). Это сложный комплекс мероприятий, для проведения которых необходимо высокотехнологичное оборудование (например, линейный ускоритель, представлен на рис. 1), которое позволяет изменять длину волны, в результате чего сокращается отрицательное воздействие лучей на здоровые органы и ткани, и высококвалифицированный персонал. При ДЛТ используются источники квантового излучения – рентгеновское и гамма-излучение, тормозное излучение высоких энергий [2].

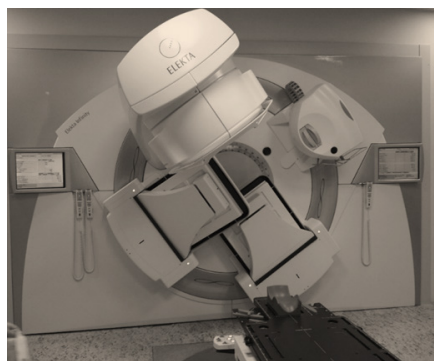


Рисунок 1 – Линейный ускоритель – Elekta Infinity

Данные виды излучения отличаются друг от друга по характеру распределения дозы по глубине. В системе планирования, на основе трехмерной модели пациента, которая создается по данным КТ или МРТ, происходит расчет дозы и моделирование полей облучения (определенный участок поверхности, через который входит в тело пучок лучей).

Способы дистанционной лучевой терапии:

- статический (неподвижный);
- мобильный (подвижный).

При статическом облучении пациент и источник облучения во время сеанса не изменяют своего местоположения. Статическое облучение может быть однопольное (облучение происходит через 1 участок тела) и много-

польное (опухоль облучают из нескольких направлений, что помогает концентрировать дозу в очаге поражения и тем самым снизить дозу на поверхностные ткани).

При подвижном способе – источник излучения во время сеанса перемещается вокруг пациента. Аппарат направляют на злокачественное новообразование, и благодаря перемещению в пространстве, воздействует на пораженный участок со всех сторон.

При мобильном способе ДЛТ выделяют: ротационный, конвергентный, маятниковый и тангенциальный способы.

При ротационном (круговом) облучении источник излучения перемещается вокруг тела больного по полной окружности с постоянной либо переменной скоростью. Во время этого пучок излучения направлен к оси вращения, а центр вращения совпадает с максимумом дозы.

При конвергентном облучении источник производит спиралевидные движения по отношению к опухоли.

При маятниковом (секторном) облучении источник излучения передвигается вокруг тела больного по дуге, но в пределах заданного угла: 90°, 120°, 180°, но менее 360°. Пучок излучения также направлен к оси вращения, однако центр вращения не совпадает с максимумом дозы.

При тангенциальном облучении, источник перемещается также, как и при секторном, однако пучок излучения направлен к оси вращения под углом и проходит на небольшой глубине. Данная методика чаще всего используется при плоских опухолях, расположенных поверхностно. Наиболее часто ее используют при послеоперационном облучении при опухолях молочной железы.

Эти методики применяются с целью максимального поглощения излучения в патологическом очаге с одновременным снижением дозы в здоровых тканях и коже, которые окружают опухоль. Это влечет за собой облучение достаточно большого объема здоровых тканей.

Распределение дозы облучения во времени при прохождении ЛТ. В настоящее время применяют:

- однократное облучение – лучевую терапию выполняют за один сеанс [1];
- фракционированное, или дробное, облучение – проводят отдельными порциями, или фракциями. Применяют различные схемы фракционирования доз [1];
- непрерывное облучение – происходит при внутритканевом, внутриполостном, а также аппликационном методах лучевой терапии [1].

Величина дозы за фракцию имеет большее значение, чем общее время курса лечения. Крупные фракции более эффективны, чем мелкие [1].

Процесс проведения ЛТ включает несколько этапов:

➤ Этап планирования. Процесс принятия решения в лучевой терапии относительно методики лечения достаточно сложный. На этапе подготовки проводятся дополнительные исследования для уточнения локализации и оценки состояния, окружающих опухолевый очаг, здоровых тканей. Выясняется гистопатологический тип и анатомическая протяженность новообразования. Выясняется объем выполненных ранее курсов химиотерапии или хирургического лечения. Изучаются функциональные особенности пациента. Тщательно рассчитываются дозы облучения и определяются способы, благодаря которым возможно добиться максимального уничтожения опухоли и минимизировать воздействие облучения на здоровые ткани и органы [2].

В результате решения консилиума медицинских физиков и радиационных онкологов приходят к согласованному заключению, наилучшему с точки зрения интересов пациента. Для принятия данного решения может потребоваться несколько дней.

➤ Предлучевая подготовка начинается с изготовления индивидуальных фиксирующих приспособлений (рис. 2), которые должны комфортно фиксировать пациента, а также быть легко воспроизводимы от сеанса к сеансу. Затем выполняется КТ или МРТ области поражения для последующего построения 3D-модели тела пациента и мишени облучения.



Рисунок 2 – Индивидуальные фиксирующие приспособления

В процессе планирования и контроля лечения врачи применяют целый ряд тестов, включающих исследование КТ, МРТ, рентген или ПЭТ. Если планируется очень высокая доза облучения новообразования, то очень важно, чтобы в эту зону была включена область вокруг опухоли, что повысит эффективность лечения. Медицинские физики стараются снизить дозу радиотерапии на окружающие опухоль здоровые ткани, чтобы снизить риск побочных реакций и осложнений.

В соответствии с типом онкологии, а также ее локализации, врач подбирает вид и методику лучевой терапии. Это может быть конформная лучевая терапия, с модулированной интенсивностью (IMRT), с визуальным контролем (IGRT), 4-мерная лучевая терапия (4D-RT), стереотаксическая радиотерапия.

➤ Проведение сеансов лучевой терапии:

❖ подготовка – перед первой процедурой облучения проводится его так называемая «репетиция» на специализированном устройстве, которое называется симулятором. Симулятор – это аппарат с диагностической рентгеновской трубкой (рис. 3), который копирует облучающее аппарат по оптическим, геометрическим и механическим свойствам. Это проводится для отображения полей облучения, для обозначения объема мишени, чтобы снизить лучевую нагрузку со здоровых органов и тканей [3].



Рисунок 3 – Рентгеновский симулятор *Simulix Evaluation (Nucletron)*

Выполнение данной процедуры симуляции позволяет провести:

- определение объемов мишени и органов риска;
- определение позиции пациента при облучении;
- генерацию симуляционных рентгенограмм для сравнения их с контрольными снимками во время облучения пациента;
- определение и верификация геометрии облучения.

В среднем курс ЛТ длится от 4 до 7 недель. Если ЛТ проводят перед операцией, либо для облегчения состояния больного, то она длится 2–3 недели. Чаще сеансы ЛТ проводят 5 раз в неделю, а затем 2-дневный перерыв, для восстановления здоровых тканей. Возможно также проведение ЛТ 3 или 2 раза в неделю [4].

❖ Сеанс лучевой терапии. Пациент фиксируется на столе аппарата при помощи заранее подобранных приспособлений. Поля облучения маркируют точками или линиями, которые наносятся специальными чернилами. Данная маркировка должна оставаться до конца лечения. После этого его позиционируют в изокентр облучаемого объема при помощи специальных лазеров. Во время облучения категорически запрещается двигаться! Лежать нужно спокойно. Дыхание должно быть естественным и равномерным. Сеанс лечения длится 10-20 минут. Само облучение безболезненно.

Лучевая терапия проводится с использованием самого современного радиотерапевтического оборудования.

Стереотаксическая радиохирургия / лучевая терапия – основное отличие между ними – в способе фракционирования дозы [4]:

- при радиохирургии подводится одна крупная фракция (доза 15–20 гр.) [3];
- при стереотаксической лучевой терапии – фракционированное облучение (2 и более фракции)[3].

Стереотаксическая радиохирургия используется свыше 30 лет для лечения доброкачественных, злокачественных опухолей и других заболеваний мозга. Гамма-нож представлен на рис. 4.



Рисунок 4 – Гамма-терапевтический аппарат Гамма-нож – «Leksell Gamma Knife Perfexion» (Elekta)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Касчиато, Д. Онкология. Серия «Зарубежные практические руководства по медицине» / под ред. Д. Касчиато. Пер. с англ. – М., Практика, 2008. – 1039 с.
2. Линденбратен, Л. Д. Медицинская радиология (основы лучевой диагностики и лучевой терапии) / Л. Д. Линденбратен, И. П. Королюк // учебник для студентов мед. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2000. – 672 с: ил.



3. Труфанов, Г. Е. Лучевая терапия (радиотерапия) : учебник / Г.Е. Труфанов [и др.]; под ред. Г. Е. Труфанова. – 3-е изд., перераб. и доп. // М.: ГЭОТАР – Медиа, 2018. – 208 с., ил.
4. Труфанов, Г. Е. Лучевая терапия : учебник / Г. Е. Труфанов, М. А. Асатурян, Г. М. Жаринов, В. Н. Малаховский ; под ред. Г. Е. Труфанова. – Т. 2. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2012. – 208 с., ил.

## **СТРУКТУРА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ БОЛЬНЫХ РАКОМ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

### **STRUCTURE OF MORBIDITY AND MORTALITY OF PATIENTS WITH PANCREATIC CANCER**

**Л. А. Жук, Г. Е. Тур**  
**L. Zhuk, G. Tur**

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь  
lutik25021984@gmail.com  
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Рак поджелудочной железы занимает 10 место в структуре заболеваемости и 4 место в структуре смертности. Индекс агрессивности заболевания составляет 1:0.85. Данное обстоятельство обусловлено тем, что при первичном обращении пациентов к врачу распространенные формы рака (III–IV стадии) диагностируют более чем у 70 % пациентов с раком поджелудочной железы.

Pancreatic cancer takes 10 place in the structure of morbidity and 4 place in the structure of mortality. The disease aggressiveness index is 1: 0.85. This is due to the fact that during the initial treatment of patients to the doctor, common forms of cancer (stage III–IV) are diagnosed in more than 70 % of patients with pancreatic cancer.

*Ключевые слова:* рак поджелудочной железы, анализ заболеваемости РПЖ, анализ смертности РПЖ, лечение рака поджелудочной железы, диагностика рака поджелудочной железы.

*Keywords:* pancreatic cancer, analysis of the incidence of pancreatic cancer, analysis of the mortality of PCa, treatment of pancreatic cancer, diagnosis of pancreatic cancer.

Рак поджелудочной железы (РПЖ) занимает 10 место в структуре заболеваемости и 4 место в структуре смертности [1; 5]. Мужчины болеют в 1,5 раза чаще.

Индекс агрессивности заболевания составляет 1:0.85 (из 100 заболевших 85 погибает). Данное обстоятельство обусловлено тем, что при первичном обращении пациентов к врачу распространенные формы рака (III–IV стадии) диагностируют у 71,3 % пациентов с раком поджелудочной железы, т. е. в инкурабельной стадии.

Однако показатель смертности, который имеет большое значение, также в значительной мере зависит от уровня заболеваемости. На основании данного факта, наиболее адекватным измерением эффективности лечебно-диагностических мероприятий, как на госпитальном, так и популяционном уровне, является выживаемость.

Данная работа посвящена детализированному популяционному анализу заболеваемости больных РПЖ, который основан на данных пациентов из республиканской базы канцер-регистра. На достаточно большом количестве случаев наблюдений (превышающих 1000) проведен углубленный популяционный анализ факторов, которые влияют на выживаемость пациентов с диагнозом РПЖ. Произведена оценка степени их влияния на прогноз. Проведен анализ заболеваемости и смертности за период 2000–2017 гг.

Рак поджелудочной железы – относительно редко возникающее заболевание, но количество пациентов с этой патологией растет. РПЖ является одним из самых агрессивных типов онкологии, которая трудно диагностируется и плохо поддается лечению [5].

Данное заболевание характеризуется топографо-анатомическими особенностями поджелудочной железы, которые создают условия для быстрого отдаленного метастазирования даже на ранних стадиях, при относительно небольших размерах опухоли, а также низкой чувствительностью к химиолучевой терапии [1]. Ранние формы РПЖ (2–4 см в диаметре) диагностируются всего в 3,8 % случаев [2].

Злокачественное новообразование поджелудочной железы склонно к метастазированию в региональные лимфоузлы, легкие и печень. Непосредственное разрастание опухоли может привести к проникновению ее в двенадцатиперстную кишку, желудок, прилегающие отделы толстого кишечника.

Преимуществом данного популяционного анализа выживаемости является тот факт, что все пациенты с РПЖ проживают на одной территории, т. е. в г. Минск. С одной стороны, это дает возможность оценить выживаемость всех пациентов РПЖ, с другой, благодаря достаточно высокой статистической точности, – позволяет выявить