

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-205-211>
УДК 616-082.6:614.212(571.63)

Организационные и экономические преимущества внедрения догоспитальной предлучевой топометрической подготовки в деятельность Приморского краевого онкологического диспансера

Петухова Ю.Ю.^{1, 2}, Стегний К.В.^{1, 2}, Статинов П.В.¹

¹ ГБУЗ «Приморский краевой онкологический диспансер» (ГБУЗ «ПКОД»), 690105, Российская Федерация, Владивосток, ул. Русская, 59

² Дальневосточный федеральный университет, 690922, Российская Федерация, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10

Аннотация

Введение. Прогрессивный рост числа пациентов с онкологическими заболеваниями диктует необходимость повышения качества оказываемой им специализированной медицинской помощи. Лучевая терапия в течение нескольких десятилетий является одним из наиболее значимых и стремительно развивающихся методов лечения злокачественных новообразований. Оборудование, технологии, а также организация проведения радиотерапии в профильных медицинских учреждениях постоянно совершенствуются. Тем не менее, с начала 2024 г. в отделениях радиотерапии ГБУЗ «Приморский краевой онкологический диспансер» сложилась критическая ситуация, связанная с длительным ожиданием госпитализации пациентов, направленных на лучевую терапию в круглосуточный стационар. Анализ превышения сроков госпитализации на лучевую терапию обосновывает необходимость оптимизации существующей системы организации предлучевой подготовки.

Цель: показать организационную и клинико-экономическую эффективность внедрения догоспитальной предлучевой топометрической подготовки в деятельность онкологического диспансера.

Материал и методы. В исследовании использованы статистические данные и нормативные акты, регламентирующие оказание медицинской помощи по профилю «онкология», применен метод клинико-экономического исследования «влияние на бюджет», общенаучные методы систематизации и сравнения.

Результаты. Представлено научное обоснование клинико-экономической эффективности организации предлучевой топометрической подготовки на догоспитальном этапе. Показана возможность проведения не менее 220 дополнительных госпитализаций в год для оказания высокоэффективной медицинской помощи пациентам с онкологическими заболеваниями без дополнительных финансовых затрат на увеличение коечного фонда. Рассчитан финансовый эквивалент достигнутых преимуществ, составивший более 3 млн 280 тыс. руб. в год.

Заключение. Внедрение догоспитальной предлучевой подготовки значительно повышает качество оказания специализированной медицинской помощи пациентам с онкологическими заболеваниями, является клинически эффективным и экономически обоснованным. Наиболее ценным аспектом данного усовершенствования является отсутствие необходимости увеличения финансовых вложений в деятельность медицинской организации. Дополнительные преимущества получены за счет изменения очередности процессов топометрии и оформления карты стационарного больного для категории пациентов, не прошедших предлучевую подготовку на догоспитальном этапе.

Ключевые слова:	предлучевая подготовка; лучевая терапия; топометрия; разметка; ожидание госпитализации; качество медицинской помощи; догоспитальный этап; экономическая эффективность.
Финансирование:	исследование выполнено без финансовой поддержки грантов, общественных, некоммерческих, коммерческих организаций и структур.
Для цитирования:	Петухова Ю.Ю., Стегний К.В., Статинов П.В. Организационные и экономические преимущества внедрения догоспитальной предлучевой топометрической подготовки в деятельность Приморского краевого онкологического диспансера. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2025;40(3):205–211. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-205-211

Петухова Юлия Юрьевна, e-mail: juliapetukhovavl@mail.ru.

Organizational and economic advantages of implementing pre-hospital pre-radiation topometric training in the activities of the Primorsky Regional Oncology Dispensary

Petukhova Yu.Yu.^{1, 2}, Stegny K.V.^{1, 2}, Statinov P.V.¹

¹ The State Budgetary Healthcare Institution Primorsky Regional Oncological Dispensary, 59, Russkaya str., Vladivostok, 690105, Russian Federation

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Far Eastern Federal University”, 10, Ajax settlement, Russian island, Vladivostok, 690922, Russian Federation

Abstract

Introduction. Due to the increasing number of cancer patients, it is necessary to improve the quality of specialized medical care that is offered to them. Radiation therapy has been one of the most significant and rapidly developing methods of treating malignant neoplasms for several decades. The equipment, technologies, and organization of radiation therapy in specialized medical institutions are constantly being improved. However, since the beginning of 2024, there has been a critical situation in the radiation therapy departments of the Primorsky Regional Cancer Center, which is caused by the long waiting lists for patients who are referred for radiation therapy in a 24-hour hospital. An analysis of the delay in hospitalization for radiation therapy has identified the need to optimize the existing system for organizing pre-radiation preparation.

Aim: To study the organizational and clinical-economic effectiveness of implementing of pre-hospital pre-radiation topometric training in the activities of an oncological dispensary.

Material and Methods. The study used statistical data and regulations governing the provision of medical care in the field of “oncology”, applied the method of clinical and economic research “impact on the budget”, general scientific methods – systematization and comparison.

Results. The scientific substantiation of the clinical and economic efficiency of the organization of pre-radiation topometric training at the pre-hospital stage is presented. The possibility of carrying out at least 220 additional hospitalizations per year to provide highly effective medical care to patients with oncological diseases without additional financial costs for increasing the bed capacity has been proven. The financial equivalent of the achieved benefits has been calculated, amounting to more than 3 million 280 thousand rubles per year.

Conclusion. The introduction of pre-hospital pre-radiation training significantly improves the quality of specialized medical care for patients with cancer, is clinically effective and economically justified. The most valuable aspect of the organizational improvement being studied is the absence of the need to increase financial investments in the activities of a medical organization. The benefits obtained can be further increased by changing the order of topometry processes and inpatient patient card design for the category of patients who have not completed pre-radiation training at the pre-hospital stage.

Keywords:

pre-radiation preparation; radiation therapy; topometry; marking; waiting for hospitalization; quality of medical care; pre-hospital stage; economic efficiency.

Funding:

the work was carried out without the use of grants or financial support from public, non-profit and commercial organizations.

For citation:

Petukhova Yu.Yu., Stegny K.V., Statinov P.V. Organizational and economic advantages of implementing pre-hospital pre-radiation topometric training in the activities of the Primorsky Regional Oncology Dispensary. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2025;40(3):205–211. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-205-211>

Введение

В 2024 г. в Приморском крае впервые выявлено 7 776 новых случаев злокачественных новообразований (ЗНО), что на 625 случаев больше, чем в 2023 г. К окончанию 2024 г. на диспансерный учет поставлено уже 49 294 пациента. В структуре впервые выявленных ЗНО безотносительно гендерной принадлежности на первом месте рак кожи (1 268 случаев – 13,9%), на втором – рак молочной железы (1 154 случая – 12,6%), на третьем – рак трахеи, бронхов, легких (922 случая – 10,1%), на четвертом

– рак толстой кишки (739 случаев – 8,1%), на пятом – рак предстательной железы (727 случаев – 8%) [1].

Одним из наиболее значимых и стремительно развивающихся методов лечения злокачественных опухолей является лучевая терапия. Радиотерапевтическое отделение в ГБУЗ «Приморский краевой онкологический диспансер» (ГБУЗ «ПКОД») открыто в 1984 г. после строительства специально оборудованного корпуса на четыре каньона для проведения дистанционной лучевой терапии. Также в нем оборудована радиологическая операционная для проведения внутритканевой лучевой терапии.

Первоначально отделение насчитывало 100 коек и предназначалось для лучевой терапии опухолей кожи, молочной железы, легких, пищеварительной системы, костной ткани, лимфом и других нозологических форм ЗНО. Лечение проводилось на новых для того времени гамма-терапевтических установках «Рокус-М», «Агат-Р» и близкофокусном рентгентерапевтическом аппарате «РУМ». Расчеты выполнялись врачами-радиотерапевтами с участием одного медицинского физика.

Со временем отделение переоснащалось более современными радиотерапевтическими аппаратами, расчеты медицинских физиков стали проверяться на рентгеновских симуляторах. Более сложные системы предлучевой подготовки пациентов, позволяющие проводить выполнение точных расчетов и обеспечивать наиболее локальное воздействие на опухолевый субстрат, оказались невозможны без расширения штата медицинских физиков и введения в штат топометриста. Поэтому было создано самостоятельное структурное подразделение – отдел медико-физического сопровождения лучевой терапии (ОМФСлт). Его руководитель являлся одновременно начальником отдела радиационной безопасности.

В настоящее время в ГБУЗ «ПКОД» функционируют 2 радиотерапевтических отделения на 120 коек круглосуточного и дневного стационаров в совокупности. Тяжелое оборудование, используемое в работе радиотерапевтических отделений, представлено четырьмя медицинскими линейными ускорителями: 2 – «Varian Halcyon» [2–5], 2 – «TrueBeam» [6; 7]; гамматерапевтическим аппаратом для брахитерапии «Sajinova» [8]; аппаратом близкофокусной рентгенотерапии «Терад» [9]; системой гипертермической «Celsius TCS». Предлучевая топометрическая разметка осуществляется на компьютерном томографе «Discovery RT». Также в процесс планирования лучевой терапии вовлекаются позитронно-эмиссионный томограф «Siemens», оснащенный необходимым для разметки оборудованием, и магнитно-резонансный томограф «Philips».

В ГБУЗ «Приморский краевой онкологический диспансер» еженедельно проводится мониторинг показателей основных направлений деятельности медицинской организации, в том числе длительности ожидания госпитализации для проведения специализированной противоопухолевой терапии. Согласно действующей «Программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи» и актуальному «Порядку оказания медицинской помощи взрослому населению при онкологических заболеваниях», сроки ожидания специализированной медицинской помощи не должны превышать 7 дней. С начала 2024 г. в отделениях радиотерапии ГБУЗ «ПКОД» сложилась критическая ситуация, связанная с длительным ожиданием госпитализации пациентов, направленных на лучевую терапию в круглосуточный стационар. К марту 2024 г. срок ожидания госпитализации в радиотерапевтические отделения № 1 и № 2 достиг 30 календарных дней.

Анализ причин превышения сроков госпитализации на лучевую терапию показал, что его основными причинами являлись недостаток коечного фонда отделений радиотерапии и несовершенство системы организации предлучевой подготовки. После поступления на госпита-

лизацию пациент в течение нескольких суток находился в «режиме ожидания», предлучевой койко-день в среднем составлял 4 дня, часто достигая 5–6 дней. Это время уходило на разметку, оконтуривание, расчет и согласование плана лечения, «отстрел» плана на аппарате. При существовавшем годовом обороте пациентов, получавших ЛТ на линейных ускорителях в круглосуточных радиотерапевтических стационарах, порядка 1 500 человек, свыше 6 000 койко-дней проходило в пассивном ожидании.

В соответствии со стандартами лечения, продолжительность лучевой терапии в круглосуточных стационарах радиотерапевтических отделений составляет в среднем 27 дней. Таким образом, при подготовке пациентов к лучевой терапии ГБУЗ «ПКОД» терял не менее 220 полноценных госпитализаций в год.

Активный поиск решения обострившейся проблемы был также продиктован недостаточным охватом профильных пациентов лучевыми методами воздействия. По оценке ВОЗ, доля онкологических больных, нуждающихся в лучевой терапии в течение всего периода протекания онкологического заболевания, приближается к 50% [10]. Согласно рекомендациям отечественных экспертов радиотерапевтического профиля, доля пациентов с онкологическими заболеваниями, направляемых на лучевую терапию, должна составлять не менее 35%. В 2023 г., несмотря на полную загруженность радиотерапевтических отделений, лучевая терапия в ГБУЗ «ПКОД» проведена 2 224 пациентам, что составило 31,1% от впервые диагностированных ЗНО. Анализируя данные показатели, наши возможности и отбор пациентов на лучевую терапию, мы увидели, что для определенной категории паллиативных состояний, подлежащих радиотерапии как альтернативному способу лечения, выбор вынужденно делается в пользу лекарственных методов.

Диспансер не располагает возможностью увеличения коечного фонда отделений радиотерапии или размещения пациентов в условиях пансионата. Для решения этой проблемы руководитель ОМФСлт предложил проводить подготовку к лучевой терапии еще до поступления пациентов в стационар, что позволило начать их лечение сразу после госпитализации. После внедрения данного организационного усовершенствования мы оценивали его клинические эффекты и полученные экономические преимущества.

Цель: показать организационную и клинико-экономическую эффективность внедрения догоспитальной предлучевой топометрической подготовки в деятельность онкологического диспансера.

Материал и методы

Настоящее исследование основано на ретроспективном изучении данных, полученных при использовании информационных ресурсов ГБУЗ «ПКОД»: базы cancer-регистра и отдела программного обеспечения. Сравнимые временные периоды – 2023 и 2024 гг., т.е. до и после внедрения предлучевой топометрии на догоспитальном этапе. Клинико-экономические расчеты выполнены, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 57525-2017¹. С целью доказательства экономической эффективности внедрения предлучевой топометрии на догоспитальном этапе мы применили метод клинико-

¹ ГОСТ Р 57525-2017. Клинико-экономические исследования. Общие требования. <http://protect.gost.ru/v.aspx?control=7&id=218031> (19.06.2025).

экономического исследования «влияние медицинской технологии на бюджет» (budget impact analysis – BIA) по формуле:

$$BIA = Cost1 - Cost2;$$

где Cost1 – страховое возмещение случаев проведения лучевой терапии на линейных ускорителях в круглосуточных радиотерапевтических стационарах ГБУЗ «ПКОД» за 2024 г.;

Cost2 – страховое возмещение случаев проведения лучевой терапии на линейных ускорителях в круглосуточных радиотерапевтических стационарах ГБУЗ «ПКОД» за 2023 г.

Для избежания влияния на рассчитываемый клинко-экономический показатель изменившейся стоимости тарифов в 2024 г. по сравнению с 2023 г. при расчете усредненной стоимости страхового возмещения за оказание медицинской помощи по профилю «радиотерапия» использованы финансовые эквиваленты, соответствующие Территориальному тарифному соглашению, разработанному ГУ ТФОМС Приморского края в 2024 г.

Изменения в качестве оказания медицинской помощи по профилю «радиотерапия» оценивались на основании изучения статистических данных по следующим критериям: сроки ожидания госпитализации, средняя длительность предлучевого койко-дня, частота применения уточняющих методов инструментальной диагностики в процессе подготовки к лучевой терапии, достижение показателя целевого охвата пациентов с ЗНО лучевыми методами лечения, количество обращений пациентов, связанных с субъективным восприятием.

Результаты

Для реализации обозначенной задачи проведен ряд организационных мероприятий. В составе ОМФСлт создана группа, осуществляющая предварительную топометрическую разметку (рис. 1) и координирующая работу с поступающими пациентами. В состав группы включены администратор и две медицинские сестры.

В обязанности администратора топометрической группы входит:

- 1) отбор пациентов и взаимодействие с ними для предварительной подготовки;
- 2) контроль над прохождением всех этапов подготовки, организация коммуникаций между участниками процесса (врачи, медицинские физики и т.д.);
- 3) анализ и предоставление объективной информации врачам и медицинским физикам о прохождении предлучевой топометрии для оперативного реагирования на возникающие проблемы.

В обязанности медицинских сестер топометрической группы входит:

- 1) самостоятельное проведение предварительных этапов топометрической разметки;
- 2) изготовление устройств и приспособлений для иммобилизации, рассчитанных на один случай оказания медицинской помощи, не требующее углубленных и специфических знаний;
- 3) подготовка многоцветных иммобилизирующих устройств и приспособлений для длительного использования;
- 4) привлечение при необходимости врачей-радиотерапевтов и/или медицинских физиков при разметке на стереотаксис, при изготовлении сложных болюсов, в случаях нестандартной укладки пациентов;

5) консультирование и инструктаж пациентов по необходимой подготовке к разметке, правилам ухода за нанесенными метками;

6) формирование индивидуальных укладочных карт пациентов с внесением всех параметров, необходимых для точности укладки пациентов во время проведения лечебных манипуляций на линейных ускорителях для достижения полной синхронизации с параметрами разметки.

В сроки, составляющие 3–4 мес. после пика длительности ожидания госпитализации в радиотерапевтические отделения, зафиксированного в марте 2024 г., нам удалось привести число дней до госпитализации к надлежащему – не превышающему 7 рабочих дней после вынесения соответствующего решения (рис. 2). Данный временной интервал по сути является минимальным периодом для получения пациентом результатов анализов, необходимых для госпитализации.

По данным реестров счетов регионального ГУ ТФОМС, в 2024 г. на линейных ускорителях в круглосуточных стационарах радиотерапевтических отделений ГБУЗ «ПКОД» пролечено 1 736 пациентов. Лучевую терапию без увеличения сроков госпитализации на предварительную топометрическую разметку удалось выполнить 1 546 пациентам (89%). Предлучевую подготовку на догоспитальном этапе прошли 1 126 человека, что, из расчета сокращения длительности госпитализации по сравнению с прежней в среднем на 4 койко-дня для каждого пациента, позволило сэкономить 4 504 койко-дня в год. 420 пациентам топометрическая разметка проведена в день поступления в стационар. Это сократило длительность госпитализации в среднем на 3 дня, экономя 1 260 койко-дней в год. Общая экономия составила 4 504 + 1 260 = 5 764 койко-дней.

По нашим расчетам, с учетом средней длительности курса ЛТ в 27 дней, это обеспечило возможность провести дополнительно не менее 213 случаев оказания специализированной медицинской помощи по профилю «радиотерапия» в 2024 г. В соответствии с Территориальным тарифным соглашением ГУ ТФОМС по оплате медицинской помощи (медицинских услуг) в системе ОМС на территории Приморского края на 2024 год, усредненная стоимость страхового возмещения случая ЛТ на линейном ускорителе в условиях радиотерапевтического круглосуточного стационара составила 148442 руб. Таким образом, полученное для диспансера в 2024 г. преимущество в финансовом эквиваленте выражается в сумме: $213 \times 148\,442 = 31\,618\,146$ руб. в год.

С целью проверки правильности расчетов мы сопоставили их результат с показателем, полученным посредством применения метода клинко-экономического исследования «влияние медицинской технологии на бюджет». По данным реестров счетов ГУ ТФОМС, в 2023 г. на линейных ускорителях в круглосуточных стационарах радиотерапевтических отделений ГБУЗ «ПКОД» пролечено 1 515 пациентов. В соответствии с усредненным тарифом оплаты, страховое возмещение за случаи оказания медицинской помощи на линейных ускорителях в круглосуточных радиотерапевтических стационарах ГБУЗ «ПКОД» составило $1\,515 \times 148\,442 = 224\,889\,630$ рублей. В 2024 г. – $1\,736 \times 148\,442 = 257\,695\,312$ рубля. Показатель «влияния медицинской технологии на бюджет» составил $257\,695\,312 - 224\,889\,630 = 32\,805\,682$ рубля.

Разница между показателем «влияния медицинской



Рис. 1. Рабочие локации сотрудников группы топометрической разметки
Fig. 1. Work locations of employees of the topometric marking group

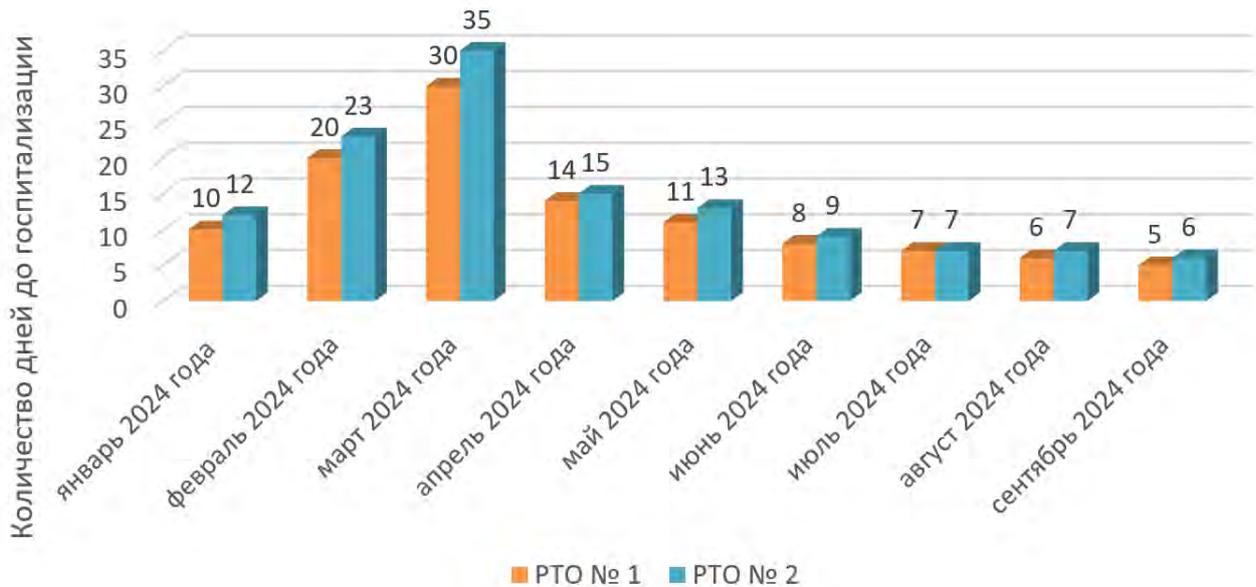


Рис. 2. Средняя длительность ожидания госпитализации в радиотерапевтические отделения № 1 и № 2 ГБУЗ «ПКОД» в январе–сентябре 2024 г.
Fig 2. Average waiting time for hospitalization in radiotherapy departments No. 1 and No. 2 of the Primorsky Regional Oncology Center, January-September 2024

технологии на бюджет» и вычисленным нами предварительно финансовым преимуществом составила: $32\ 805\ 682 - 31\ 618\ 146 = 1\ 187\ 536$ рублей. Причиной данной погрешности является то, что в результате организационного усовершенствования реально в 2024 г. было проведено на 8 дополнительных госпитализаций больше, чем рассчитано при предварительном анализе полученных преимуществ.

Обсуждение

Таким образом, нами получено обоснование того, что организационное усовершенствование рабочих процессов, обеспечивающих подготовку пациентов к проведению лучевой терапии, явилось качественно новой технологией, оказавшей значимое влияние на экономию финансовых ресурсов ГБУЗ «ПКОД» и позволившей оказывать специализированную медицинскую помощь дополнительному контингенту пациентов.

Кроме получения экономических преимуществ и введения в соответствие сроков до начала специализированного лечения, внедрение предварительной разметки до госпитализации продемонстрировало ряд дополнительных эффектов.

Во-первых, повысилось качество подготовки пациентов для проведения лечебных процедур. Это связано с необходимостью выполнения уточняющих инструментальных исследований (ПЭТ, ОФЭКТ, МРТ, КТ) в сложных случаях для более подробной визуализации мишени [11–15]. В прежних условиях, при нахождении пациентов в стационаре подобные исследования приводили к дополнительному затягиванию лечебного процесса, что затрудняло решение о целесообразности их применения. В случае предварительной разметки все необходимые исследования можно провести без ущерба для сроков специализированной терапии пациентов в стационаре. Данные, представленные в многочисленных научных публикациях сообществ онкологов и радиотерапевтов, свидетельствуют о прямой зависимости между качеством проводимого до радиотерапии планирования и последующими отдаленными результатами терапии [16–20]. В данном аспекте внедрение догоспитальной предлучевой топометрии является примером, когда повышение качества оказываемой медицинской помощи экстраполируется в последующие более благоприятные клинические прогнозы для пациентов.

Во-вторых, самостоятельное проведение топометрической разметки медицинскими сестрами у 85% поступающих пациентов позволило нивелировать избыточную нагрузку на медицинских физиков и врача-топометриста, что особенно значимо при неравномерном поступлении пациентов на лечение.

В-третьих, полностью прекратились негативные обращения пациентов до внедрения предлучевой подготовки, связанные с субъективным восприятием потери времени в первые дни госпитализации, отведенные на проведение разметки, оконтуривания и планирования поля радиотерапевтического воздействия.

В-четвертых, планомерная работа ОМФСлт обеспечила стабильную плановую загрузку линейных ускорителей. Это позволило оптимизировать рабочие процессы с пациентами, получающими лучевую терапию в условиях дневных стационаров.

В-пятых, к настоящему времени достигнут оптимальный показатель среднего предлучевого койко-дня, не превышающий двух дней.

В-шестых, уменьшение длительности госпитализации и рациональное использование койко-дней позволит достичь целевого показателя охвата пациентов с онкологическими заболеваниями радиотерапевтическими методами лечения за счет появления возможности оказания профильной медицинской помощи большему количеству пациентов. Действительно, в 2024 г., при фактическом старте догоспитальной предлучевой разметки только со второго квартала календарного года, лучевая терапия проведена 2 555 пациентам, что соответствует 32,86% от всех впервые выявленных случаев ЗНО и является приближенной к рекомендуемому целевому значению величиной. С учетом отработанных организационных процессов, мы рассчитываем на выполнение целевого показателя в 2025 г., несмотря на естественный прирост заболеваемости ЗНО.

До внедрения предлучевой топометрической подготовки учитывалось, что часть пациентов по разным причинам не смогут явиться для ее проведения. Опыт дальнейшей работы подтвердил, что около 30–35% пациентов продолжают поступать в радиотерапевтические отделения без предварительно проведенных расчетов и требуют дополнительного внимания после госпитализации. Наиболее частой предпосылкой отрицательного отклика на предложение сократить время госпитализации за счет предварительной разметки является удаленность районов Приморского края. Время в пути от этих территорий составляет 5 и более часов. Вместе с тем, именно широкое внедрение предварительной топометрии позволило более оперативно и качественно работать с данной категорией пациентов, дополнительно усовершенствовав порядок движения таких пациентов по прибытии в диспансер. Накануне госпитализации посредством телефонной связи с ними проводится разъяснительная беседа о необходимой подготовке и алгоритме действий при поступлении. В приемном отделении, до оформления карты стационарного больного, пациенты приглашаются на топометрическую разметку, после чего оформляются документы на госпитализацию. Это позволяет сэкономить 1–2 койко-дня, так как на момент поступления все материалы, необходимые для расчетов, уже имеются.

Заключение

В настоящее время процесс предварительной предлучевой подготовки в ГБУЗ «ПКОД» отработан. Это позволило обеспечить надлежащее качество проведения лучевой терапии пациентам с онкологическими заболеваниями в части соблюдения сроков госпитализации и проведения высокоточных расчетов для максимально эффективного целевого воздействия на опухолевый субстрат. По сравнению с субъективным восприятием лечебного процесса с предлучевой топометрией в начале госпитализации, отмечено повышение приверженности пациентов проводимой радиотерапии после предварительной предлучевой подготовки.

Преимуществами данного усовершенствования для медицинской организации стали рациональное распределение нагрузки на сотрудников, участвующих в подготовке и проведении лучевой терапии и повышение экономической эффективности работы отделений радиотерапии. Перспективой ближайшего десятилетия, вероятно, станут дальнейшие качественные изменения в радиотерапевтической подготовке за счет внедрения искусственного интеллекта в существующие медицинские технологии.

Литература / References

1. Pathak P.K., Vashisht S.K., Baby S., Jithin P.K., Jain Y., Mahawar R. et al. Commissioning and quality assurance of Halcyon(TM) 2.0 linear accelerator. *Rep. Pract. Oncol. Radiother.* 2021;26(3):433–444. <https://doi.org/10.5603/RPOR.a2021.0065>.
2. Caravani K., Murry R., Healy B. Characterisation of in-room leakage and scattered radiation for the Varian Halcyon linear accelerator. *Phys. Eng. Sci. Med.* 2022; 45(1):73–81. <https://doi.org/10.1007/s13246-021-01084-1>.
3. Aland T., Jarema T., Trapp J.V., Kairn T. Patient-specific quality assurance on a Varian. *Phys. Eng. Sci. Med.* 2021;44(2):565–572. <https://doi.org/10.1007/s13246-021-00986-4>.
4. Gao S., Chetvertkov M.A., Cai B., Dwivedi A., Mihailidis D., Ray X. et al. Beam energy dosimetric analysis of the acceptance and quality assurance of Halcyon linear accelerator. *J. Appl. Clin. Med. Phys.* 2021;22(7):121–127. <https://doi.org/10.1002/acm2.13281>.
5. Sarkar B., Biswal S.S., Shahid T., Ghosh T., Bhattacharya J., De A. et al. Comparative dosimetric analysis of volumetric modulated arc therapy based craniospinal irradiation plans between Halcyon ring gantry and TrueBeam C-arm linear accelerator. *Sci. Rep.* 2023;13(1):30–34. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30429-x>.
6. Seok J.H., Ahn S.H., Ahn W.S., Choi D.H., Shin S.S., Choi W. et al. Correction to: Comparison of skin dose in IMRT and VMAT with TrueBeam and Halcyon linear accelerator for whole breast irradiation. *Phys. Eng. Sci. Med.* 2024;47(2):45–53. <https://doi.org/10.1007/s13246-024-01395-z>.
7. Toskich B., Lewandowski R.J. Computational modeling of radioembolization: How to calculate infinity. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2021;44(12):2020–2021. <https://doi.org/10.1007/s00270-021-02989-w>.
8. Mudge M.C., Green E. Radiotherapy in equine practice. *Vet. Clin. North. Am. Equine Pract.* 2024;40(3):397–408. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2024.07.005>.
9. Черных М.В., Крылова Т.А. Методология клинических аудитов отделений лучевой терапии в РФ на основе принципов аудита МАГАТЭ QUATRO. *Медицинская радиология и радиационная безопасность.* 2024;69(3):68–71. <https://doi.org/10.33266/1024-6177-2024-69-3-68-71>.
10. Spampinato S., Tanderup K., Marinovskij E., Axelsen S., Pedersen E.M., Potter R. et al. MRI-based contouring of functional sub-structures of the lower urinary tract in gynaecological radiotherapy. *Radiother. Oncol.* 2020;145:117–124. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2019.12.011>.
11. Stuschke M., Pottgen C. (18) F-FDG PET/CT for target volume contouring in lung cancer radiotherapy. *J. Nucl. Med.* 2020;61(2):178–179. <https://doi.org/10.2967/jnumed.120.251660>.
12. Khaw P., Do V., Lim K., Cunningham J., Dixon J., Vassie J. et al. Radiotherapy quality assurance in the PORTEC-3 (TROC 08.04) trial. *Clin. Oncol. (R. Coll. Radiol.)*. 2022;34(3):198–204. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2021.11.015>.
13. Kunzel L.A., Nachbar M., Hagmuller M., Gani C., Boeke S., Wegener D. et al. Clinical evaluation of autonomous, unsupervised planning integrated in MR-guided radiotherapy for prostate cancer. *Radiother. Oncol.* 2022;168:229–233. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2022.01.036>.
14. Zhang X., Yan D., Xiao H., Zhong R. Modeling of artificial intelligence-based respiratory motion prediction in MRI-guided radiotherapy: a review. *Radiat. Oncol.* 2024;19(1):140–146. <https://doi.org/10.1186/s13014-024-02532-4>.
15. Hoffmann L., Persson G.F., Nygard L., Nielsen T.B., Borrisova S., Gaard-Petersen F. et al. Thorough design and pre-trial quality assurance (QA) decrease dosimetric impact of delineation and dose planning variability in the STRICTLUNG and STARLUNG trials for stereotactic body radiotherapy (SBRT) of central and ultra-central lung tumours. *Radiother. Oncol.* 2022;171:53–61. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2022.04.005>.
16. Nikitas J., Smith L.M., Gao Y., Ma T.M., Sachdeva A., Yoon S.M. et al. The role of adaptive planning in margin-reduced, MRI-guided stereotactic body radiotherapy to the prostate bed following radical prostatectomy: Post-hoc analysis of a phase II clinical trial. *Radiother. Oncol.* 2023;183:119–121. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2023.109631>.
17. Yagihashi T., Inoue K., Nagata H., Yamanaka M., Yamano A., Suzuki S. et al. Effectiveness of robust optimization against geometric uncertainties in TomoHelical planning for prostate cancer. *J. Appl. Clin. Med. Phys.* 2023;24(4):83–81. <https://doi.org/10.1002/acm2.13881>.
18. Frederick A., Roumeliotis M., Grendarova P., Quirk S. Performance of a knowledge-based planning model for optimizing intensity-modulated radiotherapy plans for partial breast irradiation. *J. Appl. Clin. Med. Phys.* 2022;23(3):135–136. <https://doi.org/10.1002/acm2.13506>.
19. Cilla S., Macchia G., Romano C., Morabito V.E., Boccardi M., Picardi V. et al. Challenges in lung and heart avoidance for postmastectomy breast cancer radiotherapy: Is automated planning the answer? *Med. Dosim.* 2021;46(3):295–303. <https://doi.org/10.1016/j.meddos.2021.03.002>.

Информация о вкладе авторов

Петухова Ю.Ю. – планирование исследования, сбор и систематизация данных, обзор литературных источников, написание рукописи, формирование списка литературы. Стегний К.В. – определение цели и задач, участие в разработке концепции исследования, окончательное утверждение рукописи для публикации. Статинов П.В. – разработка дизайна и организация исследования, анализ и интерпретация полученных результатов, подготовка проекта рукописи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах

Петухова Юлия Юрьевна, канд. мед. наук, заместитель главного врача по медицинской части, ГБУЗ «ПКОД», Владивосток, Россия, e-mail: juliapetukhovavl@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0724-9736>.

Стегний Кирилл Владимирович, д-р мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН, главный врач ГБУЗ «ПКОД», Владивосток, Россия, e-mail: kstegniy@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0003-0472-9504>.

Статинов Павел Викторович, начальник отдела медико-физического сопровождения лучевой терапии, ГБУЗ «ПКОД», Владивосток, Россия, e-mail: pvs62@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0005-2371-2857>.

Поступила 14.03.2025;
рецензия получена 31.05.2025;
принята к публикации 30.06.2025.

Information on author contributions

Petukhova Yu.Yu. – research planning, data collection and systematization, review of literary sources, writing a manuscript, creating a list of references. Stegny K.V. – definition of the purpose and objectives, participation in the development of the research concept, final approval of the manuscript for publication. Statinov P.V. – study design development and organization, results analysis and interpretation, preparation of the draft manuscript.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Information about the authors

Yulia Yu. Petukhova, Cand. Sci. (Med.), Deputy Chief Medical Officer, GBUZ PKOD, Vladivostok, Russia, e-mail: juliapetukhovavl@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0724-9736>.

Kirill V. Stegny, Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Physician, GBUZ PKOD, Vladivostok, Russia, e-mail: kstegniy@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0003-0472-9504>.

Pavel V. Statinov, head of the Department of medical and physical support of radiation therapy, GBUZ PKOD, Vladivostok, Russia, e-mail: pvs62@mail.ru; <http://orcid.org/0009-0005-2371-2857>.

Received 14.03.2025;
review received 31.05.2025;
accepted for publication 30.06.2025.