©Коллектив авторов, 2014
УДК615.849;614-616.006-6

Вопросы онкологии, 2014. Том 60, № 2

В.А. Солодкий, Г.А. Паньшин, В.М. Сотников, А.В. Ивашин

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ ОНКОЛОГИИ

ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Минздрава России, Москва

Представлен анализ экономических и логистических проблем радиационной онкологии по материалам отечественной и зарубежной литературы. Несмотря на высокую эффективность лучевой терапии, эта отрасль онкологической службы в большинстве стран финансируется недостаточно. Как следствие, повсеместно отмечается дефицит мощностей лучевой терапии, не позволяющий в полной мере реализовать ее терапевтический потенциал. Медицинские ускорители и сопутствующая им аппаратура становятся все более сложными и дорогими, а базирующиеся на них методики лучевой терапии все более трудоемкими. Даже в развитых странах повседневной реальностью стали растущие сроки ожидания лучевой терапии, отказ от использования наиболее современных и эффективных технологий лучевой терапии (лучевая терапия под визуальным контролем и т.п.). Исходя из этих сведений, оцениваются перспективы и возможности модернизации технической базы радиационной онкологии в России, в том числе, развитие адронной терапии.

Ключевые слова: радиационная онкология, лучевая терапия, экономика, логистика

В развитых странах затраты на лечение онкологических больных составляют 5-7% от бюджета здравоохранения и постоянно растут. В США за 1990-2008 гг. они увеличились с $27 до $90 млрд (по 300 долларов в пересчете на душу населения), а к 2020 г. достигнут $157 млрд [62].

Лучевая терапия считается эффективным, но технологически сложным и затратным методом лечения онкологических заболеваний. В то же время, реальные экономические подсчеты опровергают это мнение, так как затраты на лучевую терапию составляют всего 5-5,6% расходов на онкологическую помощь [37]. Однако, эти затраты вполне оправдывают себя, так как, по обзорным оценкам, лучевая терапия обеспечивает до 40% всех излечений онкологических больных, в то время как хирургический метод обеспечивает 49% излечений, а химиотерапия – 11% [38]. Лучевая терапия является также высокоэффективным методом паллиативного и симптоматического лечения распространенного или рецидивного рака, в том числе множественных метастазов в кости и легкие [41,71].

По данным австралийских исследователей, стоимость одного года жизни больного, получавшего лучевую терапию, составляет от 3920 до 15632 долларов, в среднем - 7186 долларов [12]. Для сравнения - стоимость одного дополнительного года жизни больного глиобластомой в результате применения темодала составляет 37361 евро [65]. При прогностически неблагоприятном раке предстательной железы послеоперационная лучевая терапия увеличивает безрецидивную выживаемость, и при этом затраты на один дополнительный год жизни больного составляют всего 2502 доллара [58]. Сопоставление этих цифр с данными по клинической эффективности позволяют утверждать, что затраты на лучевую терапию вполне оправданы, а радиационная онкология является эффективным направлением для вложения финансов, выделяемых государством на лечение рака.

Несмотря на неоспоримую клиническую эффективность радиационной онкологии, ее хроническое недофинансирование привело к ситуации, при которой до настоящего времени в большинстве стран, даже высокоразвитых, имеющиеся радиотерапевтические мощности не способны удовлетворить запросы здравоохранения. Только 4 из 13 европейских стран (Швеция, Нидерланды, Бельгия и Франция) располагают радиотерапевтическими установками в пределах свыше 90% от необходимого уровня [15]. При этом Великобритания располагает только 53% от необходимого числа медицинских ускорителей и, как следствие, лучевая терапия проводится там только у 38% онкологических больных, что существенно меньше 52% больных нуждающихся в лучевой терапии по расчетным данным [70]. Из-за дефицита мощностей более половины радиологических отделений Великобритании работают в две смены с целью сокращения очереди на лучевое лечение [68]. Для обеспечения потребностей Великобритании в лучевой терапии, как полагают, необходима правительственная программа инвестиций, предусматривающая увеличение мощности радиотерапевтических

центров на 62-97% в зависимости от региона [70].

В России дефицит технической базы лучевой терапии существенно больше. В настоящее время в России функционирует всего около 140 отделений лучевой терапии, в которых установлено всего 100 ускорителей (0,7 на 1 млн. населения, при 5/млн. в среднем по Европе и 14/млн. в США[1,6].

Для Великобритании, превышающей Россию по уровню онкологической заболеваемости (457 на 100 тыс. населения), рекомендуется иметь не менее 6,5 медицинских ускорителей на миллион населения [15]. Если следовать этим рекомендациям Европейского общества радиационной онкологии (ESTRO), скорректированным для российского уровня заболеваемости (367,3 на 100 тыс. населения) [5], то только Москва должна располагать 50-55 ускорителями, а вся Российская Федерация – как минимум, 700 ускорителями. На сегодняшний день к рекомендуемым нормам пока приблизились только США, которые уже в 2004 г. располагали 2246 отделениями лучевой терапии с одним или более ускорителем. За последнее десятилетие количество их увеличилось в США на 32%, при росте населения на 13% и онкологической заболеваемости – на 12% [10]. Даже в Японии (население 114 млн.), располагавшей в 2007 г. 822 установками для дистанционной лучевой терапии, количество их явно недостаточно, вследствие чего только 26% из 692502 первичных онкологических больных получили лучевое лечение [63].

К сожалению, в большинстве стран, в том числе и в России онкологическая заболеваемость растет. За 10 лет она увеличилась на 17,9% и достигла в 2012г. 525931 случаев (496168 первичных больных) [5]. Несмотря на это, число радиологических коек на 1000 первичных больных в России продолжает снижаться (2005 г. – 16,7, 2010 г. – 15,3), равно как и число радиологов (2005г. – 4,7, 2010г. – 3,6) [8]. Между тем, по оценкам доказательной медицины, лучевое лечение должны получать 52-70% онкологических больных, в том числе при раке молочной железы – 83%, раке легкого – 76%, раке прямой кишки – 61%, раке предстательной железы – 60% [56, 21,64]. Дефицит радиотерапевтических мощностей усугубляется также появлением новых показаний к лучевой терапии. Так, в Нидерландах до 1996 г. предоперационная лучевая терапия практически не использовалась при раке прямой кишки, а в 2011 г. она уже составляла 12% от всего объема лучевой терапии в стране [40]. Объем паллиативной лучевой терапии, которая составляет 46-53% от всего объема лучевой терапии, по данным разных источников, также имеет тенденцию к увеличению нагрузки на имеющиеся радиотерапевтические установки. В Норвегии потребность в паллиативной лучевой терапии в 2004 г. составила 95 курсов лучевой терапии на 100 000 населения ежегодно, а в 2007 г. - уже 133 курса [45]. С другой стороны, благодаря развитию информационных технологий, усилился гражданский контроль за технологическим уровнем радиационной онкологии [29].

Примером эффективного решения проблемы дефицита радиологических мощностей могут служить Нидерланды, страна с численностью населения 14 млн (10% от населения России). За 1998-2010 гг. в результате правительственного финансирования количество медицинских ускорителей увеличилось с 67 до 130, а количество радиологов - со 130 до 218 [60]. При этом новые радиологические центры не создавались – переоснащались и укрупнялись существовавшие радиологические центры (свыше 20). В результате ежегодное количество курсов лучевой терапии в стране выросло с 36 до 54 тысяч и были полностью ликвидированы очереди на лучевое лечение.

Притчей во языцех стал безудержный рост стоимости новых технологий лучевой терапии, начало которому положило массовое переоснащение радиологических центров с заменой гамма-установок на линейные ускорители [49]. Еще в 2004 г. МАГАТЕ провело международное исследование по сравнению стоимости лучевой терапии на гамма-установках и на линейных ускорителях [24]. Стоимость ускорителя оказалась в 3,5 раза выше, его сервисное обслуживание – в 6 раз выше, затраты на электричество – в 11 раз выше.

Печальной реальностью, по данным тех же авторов [24], является существенно меньшая надежность ускорителей по сравнению с гамма-установками. Поломки и их ремонт составили 7,5% рабочего времени ускорителей и только 0,83% рабочего времени гамма-установок. Зачастую низкая надежность современных ускорительных комплексов дезавуирует их высокие медико-технические характеристики. Так, в радиологической клинике университета в Сент-Луисе (Огайо, США) из-за постоянных поломок были выведены из эксплуатации две новейших установки для томотерапии (персональное сообщение).

Продолжается совершенствование и производство гамма-установок в их модернизированных вариантах, оснащенных многолепестковыми коллиматорами и средствами визуального контроля. В США разработана и зарегистрирована в 2012 г. система лучевой терапии ViewRay представляющая собой три вращающихся голов-

ки с источниками Co 60, совмещенные в одном комплексе с МР-томографом.

В целом, при равном числе фракций в год (около 10000 на одну установку) стоимость 1 фракции на ускорителе оказалась в 2-2,5 раза дороже, чем на гамма-установке. Даже на ускорителе 6МэВ, функционально схожем с гамма-установкой, стоимость фракции дороже на 50% [24].

К сожалению, все новые радиационные технологии, будучи безусловным благом для пациента, создают дополнительные экономические и логистические проблемы своей трудоемкостью. Так, при лучевой терапии рака молочной железы с использованием технологии модулирования по интенсивности (IMRT) на укладку и верификацию позиции пациентки затрачивается до 30 минут [23], в то время как сам процесс облучения занимает не более 10 минут [39]. В результате пропускная способность ускорителя снижается в среднем до 11,25 полей или 4,18 пациентов в час [22].

Одна из самых совершенных современных технологий – томотерапия (Helical TomoTherapy Hi Art system) позволяет за рабочий день пролечить всего 19 больных при средней длительности сеанса облучения 25 мин [16]. Пропускная способность медицинских ускорителей составляет в среднем 3,7-4,08 пациента в час, максимально – 5 пациентов [26]. В результате из 30 британских радиотерапевтических центров, имеющих оборудование для IMRT технологии и технологии лучевой терапии под визуальным контролем (IGRT), менее 10 используют его регулярно из-за нехватки мощностей оборудования и большого объема рутинной работы [59].

Новые технологии существенно увеличивают также трудоемкость этапа планирования лучевой терапии. Планировщику необходимо в среднем 1,7 дня для планирования радиотерапии молочной железы, 3,3 дня - для рака легкого, 5,5 дней - для рака пищевода и желудка и, таким образом, длительность этапа планирования, как правило, превышает три рабочих дня [17].

Рост трудоемкости новых технологий лучевой терапии прямо отражается на их стоимости. Так, с 2001 по 2005 гг. в США использование IMRT технологии в лечении рака молочной железы увеличилось с 0,6% до 11,2%, а стоимость курса IMRT более чем в 2 раза превышает стоимость обычного курса лучевой терапии ($15230 и $7179 соответственно в ценах 2005 г.) [61]. Более того, стоимость курса IMRT за анализируемый период увеличилась на 33%, в то время как стоимость обычного курса – только на 23%. Основываясь на этих данных, авторы полагают, что при увеличении числа больных раком молочной железы, получающих IMRT, до 50%, средняя стоимость курса лучевой терапии увеличится на 80% по сравнению с базовым уровнем 2001 г.

Стоимость высокодозной конформной лучевой терапии раннего рака предстательной железы более чем в 2,5 раза выше стоимости конвенциональной лучевой терапии на том же оборудовании, исключительно за счет увеличения времени сеанса лучевой терапии [51]. Так, в сравнении с 3D-конформной лучевой терапией, дополнительная технология визуального контроля укладки увеличивает стоимость лучевого лечения на 28-32% при стартовом контроле правильности укладки и на 84-92% при ежедневном контроле с помощью электронных устройств визуализации полей (EPID) [66].

По данным канадских исследователей [50], для радикальной лучевой терапия рака предстательной железы переход с конвенциональной 3D технологии на технологию модулирования по интенсивности увеличивает стоимость лечения с 3887 евро до 5718 евро. Дальнейшее усложнение технологии визуальным контролем мишени (IGRT) увеличивает стоимость лечения еще на 648-905 евро в зависимости от метода визуализации [47].

Свой вклад в постоянное увеличение стоимости лучевой терапии вносят инфляция и постоянное усложнение аппаратной технологической базы лучевого лечения (КТ-топометрия, трехмерное планирование, появление систем визуального контроля точности укладки больного и т.д., технических устройств фиксации больных), сопровождающееся соответствующим ростом ее стоимости. По данным на 1996 г., затраты на строительство и оборудование минимального центра лучевой терапии (1 ускоритель, 1 симулятор) составляли 875 000 евро, центра средней мощности (3 ускорителя, 1 симулятор) – 1125000 евро [31]. По данным же на 2010 г., затраты на строительство и оборудование центра фотонной лучевой терапии составляли уже 23,4 миллиона евро при ежегодных текущих затратах 9,6 миллионов евро [46].

В результате влияния комплекса вышеперечисленных факторов, за 1980-2000 гг. средняя стоимость курса лучевой терапии (21 фракция) возросла вдвое с 1750 до 3500 евро и продолжает расти на 4-5,5% ежегодно [49]. В Бельгии в 2000 гг. стоимость лучевой терапии рака простаты составляла 3500 евро, злокачественных опухолей головы-шеи – 4800 евро и только за счет инфляции и роста стоимости оборудования к 2007 г. подорожала на 31% [66].

Новыми экономическими и логистическими проблемами для радиационной онкологии чреваты призывы к повсеместному внедрению адронной терапии (протоны, нейтроны, легкие ионы).

Затраты на строительство и оборудование центра протонно-ионной и протонной лучевой терапии в 2010 г. оценивались в 138,6 миллионов евро и 94,9 миллионов евро соответственно [46], хотя еще в 2004 г. промышленность предлагала готовые под ключ отделения лучевой терапии, располагающие протонными пучками и пучками ионов углерода по цене около 100 млн евро [30]. Затраты на функционирование этих центров в течение года составляют 36,7 и 24,9 млн. евро соответственно. В результате стоимость одной фракции составляет: 1128 (877–1974) евро и 743 (578–1300) евро соответственно, что в 4,5-2,5 раза выше стоимости фотонной лучевой терапии. Стоимость курса лечения тяжелыми частицами составляет от 10030 евро (С-ионы: рак легкого) до 39610 евро (протоны: опухоли головы-шеи) [46]. Внедрение технологии лучевого лечения протонами увеличивает его стоимость в 2,4 раза по сравнению с технологиями, базирующимися на медицинских ускорителях электронов (10600 евро и 25600 евро соответственно) [25]. Справедливости ради следует указать, что стоимость протонотерапии снизится при увеличении потока больных. При оборудовании протонного ускорителя 4-5 лечебными каньонами и лечении 2000-3000 больных в год, операционные расходы (но не капитальные затраты) не будут превышать таковые для медицинских ускорителей электронов [25].

Преимуществами адронных излучений считаются лучшая локализация дозы в опухоли, отсутствие bath-эффекта (облучение большого объема здоровых тканей в малых дозах, свойственное IMRT технологии). Однако, эти преимущества экстраполированы из физических характеристик протонных и ионных пучков, но пока не подтверждены достаточно убедительно клиническими данными [67]. Тщательное сравнение технологии стереотаксического облучения (SBRT) и протонотерапии, примененных при раке легкого, выявило минимальное преимущество последней по параметрам, характеризующим повреждение здоровых тканей, но дозное распределение в опухоли было существенно лучше при SBRT [42].

По заключению экспертной группы ASTRO, опубликованному в 2012 г. [9], пока не выявлено преимуществ в лечении протонами рака легкого, опухолей головы и шеи, рака предстательной железы, гастроинтестинальных опухолей, рака печени и педиатрических опухолей, кроме опухолей ЦНС (для последних - предварительные данные). Достаточно уверенно эксперты ASTRO рекомендуют протоны только для больших меланом глаза и хордом основания черепа. Одновременно высказываются серьезные опасения, что направление больных в немногочисленные центры протонной терапии, расположенные вдали от места жительства больных, разрушит сложившиеся связи хирургов, радиологов и химиотерапевтов, что приведет к ухудшению результатов мультидисциплинарного лечения, в частности опухолей головы-шеи [26].

Недостаточная мощность радиологических центров ведет к появлению очередей на лучевое лечение. Время ожидания послеоперационной лучевой терапии превысило максимально допустимые 28 дней в 55% случаев в Англии, в 44% - в Шотландии и в 74% - в Уэлсе (!) [70]. За последние 20 лет очереди на лучевую терапию длительностью 32-70 дней и более стали реальностью в Канаде [35], Германии [57], Австралии [36], Великобритании [54]. Прямым следствием столь длительной отсрочки начала лучевого лечения является прогрессия опухоли. Хотя для рака гортани и не выявлено влияние времени ожидания на частоту рецидивов [11], однако метаанализ 20 исследований выявил существенный рост риска (ОР) локальных рецидивов при других опухолях, в том числе для послеоперационной лучевой терапии рака молочной железы - 1,11, для послеоперационной лучевой терапии рака головы-шеи – 1,28**.** Менее очевидной оказалась связь времени ожидания и риска отдаленного метастазирования. Для рака молочной железы рост риска отдаленного метастазирования оказался несущественным, но снижение выживаемости - достоверным (относительный риск за 1 мес. – 1,06). Для рака головы-шеи снижение выживаемости было на грани достоверности (относительный риск за 1 мес. – 1,16) [72].

В условиях явно не соответствующей потребностям технологической базы радиационной онкологии и характерного для большинства стран, включая США, европейские страны и Россию, постоянно нарастающего дефицита финансирования здравоохранения для радиационных онкологов реальной возможностью влияния на сложившуюся ситуацию является переоценка исторически сложившихся схем фракционирования с позиций их экономической и логистической эффективности.

Широкое внедрение гиперфракционирования существенно увеличивает загрузку радиологических отделений. Как следствие, время ожидания лучевого лечения, по прогнозам британских исследователей, увеличивается до неприемлемых величин - с 2 до 14 нед. даже для контингента больных, направленных на паллиативную лучевую терапию [44].

Гиперфракционирование с существенным увеличением ежедневной дозы до 4,5 Гр по протоколам CHART и CHARTWEL, с одной стороны, позволяет сократить продолжительность

курса лучевой терапии рака легкого с 6 до 2,5 нед. [13]. С другой стороны, количество укладок увеличивается с 33 до 40 на курс, амбулаторное лечение исключается и содержание больного в стационаре в течение 2,5 нед. еще больше увеличивает стоимость лечения. Для опухолей головы и шеи CHART на 1092 фунтов стерлингов, а для рака легкого - на 698 фунтов дороже конвенционального курса [20].

В ситуации, когда новые технологии позволяют значительно уменьшить объем облучаемых здоровых тканей, вопрос о переходе от классического фракционирования (2 Гр) к гипофракционированию и даже однократному облучению становится все более актуальным [39]. В Великобритании разовые дозы 2,7-3Гр используются у 20% пациентов [69]. Гипофракционированное облучение в паллиативной лучевой терапии костных метастазов (1 фракция), местнораспространенного рака легкого (1-2 фракции), метастазов в головной мозг (2 фракции) снижает загруженность паллиативным лечением на 36% и общую загруженность радиологических центров на 6% [69]. Стоимость однократного облучения костных метастазов в дозе 8 Гр составляет 998 долларов США , а стоимость курса из 10 фракций (СОД 30Гр) – 2316 долларов. Даже с учетом меньшей длительности ремиссии (7,3 мес. и 9,5 мес. соответственно) однократное облучение снижает затраты на год жизни больного (QALY) до 6973 долларов, что меньше, чем обезболивающая медикаментозная терапия (11700долларов) и химиотерапия (15300 долларов) [32,33].

Обзор гипофракционированных режимов лучевой терапии рака молочной железы представлен в работе Ю.В. Ефимкиной и соавт. [2]. За последние годы проведено несколько исследований, сравнивавших стандартный режим послеоперационного облучения при раке молочной железы (2Гр х 25фракций) с гипофракционированными режимами (13-16 фракций, СОД 39-42,5Гр) [48]. Согласно результатам математического моделирования, при использовании современных технологий лучевой терапии рака молочной железы гипофракционирование является оправданным компромиссом, позволяющим снизить затраты на лечение без ухудшения отдаленных результатов [14]. Переход на гипофракционирование (15 фракций) только при послеоперационной лучевой терапии рака молочной железы в Великобритании снизит загруженность радиологических центров на 4%, а возврат к традиционному фракционированию по 2 Гр (25 фракций) увеличит ее на 7% [69].

Ускоренные режимы лучевой терапии рака легкого с успехом апробированы Ю.С. Мардынским и соавт. [7], М.А. Ильиным и соавт. [4]. Активно изучаются гипофракционированные режимы облучения опухолей головного мозга с увеличением разовой очаговой дозы до 3-7 Гр и снижением суммарной очаговой дозы до 45-28 Гр [3,28].

При раке предстательной железы гипофракционированные режимы с РОД 2,75-3 Гр в настоящее время используются практически как стандарт дистанционной лучевой терапии как в самостоятельном плане, так и в сочетании с брахитерапией [27,55]. Как по эффективности, так и по побочным эффектам эти режимы эквивалентны классическому фракционированию, но сокращение числа фракций с 30-36 до 20-22 позволяет на 1/3 сократить как загрузку кабинетов лучевой терапии, так и стоимость лечения. Гипофракционирование используется также при раке поджелудочной железы [18].

Еще более эффективна в экономическом плане технология SBRT из-за своего радикализма все чаще именуемая SABR (стереотаксическая аблативная лучевая терапия). В ее основе лежит использование 1-3-5 крупных фракций по 12-20 Гр. В настоящее время SABR используется при периферическом раке легкого, раке почки, раке печени, облучении метастазов в головной мозг, печень, легкие. Высокие требования к качеству планирования облучения, фиксации больного, визуализации опухоли до и в процессе облучения окупаются краткостью курса лечения и высокой эффективностью [52]. Гипофракционирование как доминирующая тенденция в современной радиационной онкологии способствует нормализации работы в перегруженных государственных медицинских учреждениях [19,40].

Из всего вышесказанного следует неизбежный вывод - для современной радиационной онкологии (радиотерапии) острота экономических проблем не имеет прецедента в ее истории. Проблемы настолько актуальны, что явились темой лекции, открывшей XXV съезд ESTRO [43]. Корни этих проблем кроются не столько в растущей онкологической заболеваемости, появлении новых показаний к лучевому лечению и возрастающих требованиях общества к качеству медицинской помощи, сколько во взрывообразном росте стоимости аппаратного оснащения отделений лучевой терапии. Бурный прогресс радиационных технологий, требующих определения локализиции опухоли с точностью до миллиметров с помощью рентгеновской и магнитнорезонансной компьютерной томографии, ПЭТ-КТ, контроля и коррекции смещения опухоли в процессе сеанса облучения (медицинские ускорители со встроенными системами визуализации), прецизионного облучения опухоли (многолепестковые коллиматоры, облучение с модулированной интенсивностью, томотерапия), оборачивается для больного благом, а для ме-

дицинского менеджмента – семизначными долларовыми суммами, необходимыми для закупки и эксплуатации установок лучевой терапии и сопутствующих им диагностических и компьютерных технологий.

Между тем адекватная оценка клинической эффективности новых технологий в лучевой терапии крайне затруднена в связи с быстрой технологической эволюцией и быстрой сменой новых технологий еще более новыми. Короткий жизненный цикл конкретной радиационной технологии и незаинтересованность производителей в проведении рандомизированных исследований не позволяют применить в радиационной онкологии фармакоэкономические критерии, используемые в оценке новых лекарственных средств [62].

Даже в высокоразвитых странах большинство практических учреждений не используют новые технологии планирования и проведения лучевой терапии. Основными причинами, препятствующими внедрению новых технологий, являются их трудоемкость, отсутствие подготовленного персонала (особенно медицинских физиков), недостаточное финансирование, недостаточная возможность обучения персонала новым технологиям планирования, в частности, процедуре оконтуривания опухоли и нормальных органов.

К специфичным для радиационной онкологии экономическим проблемам относятся также высокие капитальные затраты на создание отделений лучевой терапии и высокая цена ошибки при планировании их размещения и оснащения. Импортируя зарубежную технику и дорогостоящие технологии лучевой терапии, Россия импортирует и проблемы радиационной онкологии, характерные для развитых стран: низкую производительность (по сравнению с гамма-установками) и высокую стоимость лечения каждого больного, которая в большинстве случаев неадекватна степени улучшения результатов лучевого лечения. Сложность аппаратного обеспечения современной лучевой терапии, отсутствие подготовленного инженерного персонала в совокупности с низким качеством инфраструктурного обеспечения работы ускорителей (вода, электроснабжение, вентиляция) в большинстве регионов России и даже в Москве являются предпосылками к частым отказам медицинских ускорителей, дестабилизирующим работу радиологических отделений и ведущим к незапланированным перерывам в лучевой терапии.

Использование гипофракционирования, как при паллиативном, так и при радикальном лечении (предоперационная лучевая терапия рака прямой кишки, послеоперационная лучевая терапия рака легкого и рака молочной железы, лучевая терапия рака легкого и рака предстательной железы) позволяет без дополнительных затрат быстро и существенно увеличить пропускную способность отделений лучевой терапии и снизить стоимость курса радиотерапии, отчасти решая проблемы и недостаточного финансирования и недостаточного аппаратного оснащения.

Совершенно очевидно также, что на данном этапе развития радиационной онкологии в нашей стране полный отказ от использования кобальтовых гамма-установок для дистанционной лучевой терапии с заменой их медицинским ускорителями является преждевременным в клиническом плане и неподъемным для бюджета здравоохранения России решением. Логика эволюционного развития предполагает наличие переходного периода, в течение которого вновь проектируемые и реконструируемые отделения лучевой терапии в нашей стране должны оснащаться в равной мере и гамма-установками, и линейными ускорителями. Это обеспечит приемлемую стоимость лучевой терапии, стабильность работы радиологических отделений, постепенное освоение современных методик трехмерного дозиметрического планирования, доступного теперь и для дистанционной гамма-терапии, равно как и методик модулированной по интенсивности лучевой терапии (IMRT) и визуально контролируемой лучевой терапии (IGRT).

Внедрение в практическое здравоохранение лучевой терапии тяжелыми частицами (протоны, нейтроны, ионы углерода) пока представляется неоправданным в силу ее высокой стоимости. Печальный опыт пустующего центра протонной терапии в Марбурге (Германия) и несостоявшегося Северогерманского центра протонной терапии в Киле (Германия), спланированных фирмой Сименс как потенциально прибыльные (но не оправдавшие себя) бизнес-проекты, свидетельствует о том, что даже для немецкой системы здравоохранения данные технологии лучевой терапии пока еще слишком дороги.

Реальные перспективы протонной терапии связаны с появлением нового поколения компактных ускорителей протонов, сопоставимых по размерам с медицинскими ускорителями электронов, которые разрабатываются в России и США. Корпорацией CPAC (Ливермор, штат Калифорния) уже разработан предкоммерческий прототип ускорителя протонов длиной не более 4 м, способный генерировать протонный пучок, моделируемый по интенсивности [http://www.dailytechinfo.org]. Протонный комплекс MEVION S250 (США) оснащен циклотроном диаметром всего 2,5 м [http://medgadget.com/2012/ 03/mevion-in-europe.html]. Разработанный в Протвино (Россия) медицинский синхротрон ПРОТОМ

отличается небольшими размерами (5 м), малым потреблением электроэнергии (50 кВт) и возможностью реализации многопольных методик лучевой терапии [http://www.oncology. tomsk.ru/nii/library/jrules/46.pdf].

Такие ускорительные комплексы сделают протонную терапию экономически приемлемой и позволят приступить к ее практическому применению в тех клинических ситуациях, для которых математические модели лучевых повреждений нормальных тканей значимо доказывают ее преимущество [34].

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов М.И., Голанов А.В., Канаев С.В. и соавт. Анализ состояния и концепция модернизации радиационной онкологии, ядерной медицины и медицинской физики в России (краткое изложение) // Мед. физика. — 2013. — № 2 (58). — С. 8–19.
2. Ефимкина Ю.В., Гладилина И.А., Нечушкин М.И. и соавт., Гипофракционированные режимы лучевой терапии после органосохраняющих операций по поводу рака молочной железы I-IIa стадий // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2011. — № 3. — С. 45–53.
3. Измайлов Т.Р., Паньшин Г.А., Даценко П.В. Роль функционального состояния и классов RPA в выборе режима фракционирования при лечении глиом высокой степени злокачественности // Вопр. онкол. — 2012. — Т. 58. — № 3. — С. 369–374.
4. Ильин М.А., Сотников В.М., Паньшин Г.А. и соавт. Четырехлетние результаты лучевой терапии средними фракциями периферического немелкоклеточного рака легкого // Мед. радиология и рад. безопасность. — 2010. — Т. 55. — № 5. — С. 35–41.
5. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. (ред). Злокачественные новообразования в России в 2012 г.- М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздрава России. — 2014. — 250 с.
6. 6. Костылев В.А. Азбука и арифметика системной модернизации радиационной онкологии // Мед. физика. — 2010. — № 1 (45). — С. 5–23.
7. Мардынский Ю.С., Гулидов И.А., Золотков А.Г. и соавт. Ускоренные режимы лучевой терапии рака легкого // Радиацион. онкол. и ядерная мед. 2011. — № 1. — С. 14–17.
8. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В. (ред.) Состояние онкологической помощи населению России в 2010 году. М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий». — 2011. — 196 с.
9. Allen A.M., Pawlicki T., Dong L. et al. An evidence based review of proton beam therapy: The report of ASTRO's emerging technology committee // Radiother. Oncol. — 2012. — Vol.103. — № 1. — P. 8–11.
10. Ballas L.K., Elkin E.B., Schrag D. Radiation Therapy Facilities in the United States // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2006. — Vol. 66. — No. 4. — P. 1204–1211.
11. 11. Barton M.B., Manderson C., Gebski V. et al. Does waiting time affect the outcome of larynx cancer treated by radiotherapy? // Radiother. Oncol. — 1997. — Vol. 44 — Iss. 2. — P. 137–141.
12. Barton M.B., Gebski V., Manderson C. and Langlands A.O. Radiation Therapy: Are We Getting Value for Money? // Clin. Oncol. — 1995. — Vol. 7. — P. 287–292.
13. Baumann M., Herrmann T., Koch R. et al., Final results of the randomized phase III CHARTWEL-trial (ARO 97-1) comparing hyperfractionated-accelerated versus conventionally fractionated radiotherapy in non-small cell lung cancer (NSCLC) // Radiother. Oncol. — 2011. — Vol. 100. — № 1. — P. 76–85.
14. Bentzen S.M. High-tech in radiation oncology: should there be a ceiling? // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2004. — Vol. 58. — Iss. 2. — P. 320–330.
15. Bentzen S.M., Herren G., Cottier B. et al. Towards evidence-based guidelines for radiotherapy infrastructure and staffing needs in Europe: ESTRO QUARTS Project // Radiother. Oncol. — 2005. — Vol. 75. — Iss. 3. — P. 355–365.
16. Bijdekerke P., Verellen D., Tournel K. et al. TomoTherapy: implications on daily workload and scheduling patients // Radiother. Oncol. — 2008. — Vol. 86. — Iss. 2. — P. 224–230.
17. Bissonnette J-P., Blackburn H., Marshall A. et al. A Pilot Study on Reducing Radiation Therapy Planning Timelines // Radiother. Oncol. — 2006. — Vol. 80. — S.1. — A.45.
18. Chang D., Xia T., Li P. et al. Promising Clinical Outcome of Stereotactic Body Radiation Therapy for Limited Pancreatic Carcinoma. Proceedings of the 52nd Annual ASTRO Meeting // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2010. — Vol. 78. — № 3. — Supp. A. 2230.
19. Cox J.D. Passing the Baton—in a Maraphon // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2011. — Vol. 81. — № 5. — P. 1206–1207.
20. Coyle D., Drummond M.F. Costs of Conventional Radical Radiotherapy Versus Continuous Hyperfractionated Accelerated Radiotherapy (CHART) in the Treatment of Patients with Head and Neck Cancer or Carcinoma of the Bronchus // Clin. Oncol. — 1997. — Vol. 9. — № 3. — P. 313–321.
21. Delaney G., Jacob S., Featherstone C. et al. Estimating the Optimal Radiotherapy Utilisation Rate Based on Clinical guidelines and Best Available Evidence and Comparing it to Current Practice // R adiother. Oncol. — 2006. — Vol. 80. — S.1. — A.5.
22. Delaney G.P., Gebski V., Lunn A.D.et al. An Assessment of the Basic Treatment Equivalent (BTE) Model as Measure of Radiotherapy Workload // Clin. Oncol. — 1997. — Vol. 9. — № 2. — P. 240–244.
23. Delaney G., Shafig R., Jalaludin S. et al. Technology Enhancements and Changes in Radiotherapy Throughput in New South Wales // Radiother. Oncol. — 2006. — Vol. 80. — S.1. — A. 44.
24. van der Giessen P.-H., Alert J., Badri C. et al. Multinational assessment of some operational costs of teletherapy // Radiother. Oncol. — 2004. — Vol. 71. — № 3. — P. 347–355.
25. Goitein M., Jermann M. The relative cost of proton and X-ray radiation therapy // Clin. Oncol. — 2003. — Vol. 15. — Suppl. — P. 37–50.
26. Griffiths S. Managers survey. London: College of Radiographers, 2004. 61.
27. Hoskin P.J., Rojas A.M., Bownes P.J. et al. Randomised trial of external beam radiotherapy alone or combined with high-dose-rate brachytherapy boost for localised prostate cancer // Radiother. Oncol. — 2012. — Vol. 103. — № 2. — P. 217–222.
28. Hulshof M.C., Schimmel E.C., Bosch D.A. et al. Hypofractionation in glioblastoma multiforme // Radiother. Oncol. — 2000. — Vol. 54. — Iss.2. — P. 143–148.

29. James N., Daniels H., Rahman R. et al. A study of information seeking by cancer patients and their carers // Clin Oncol. — 2007. — Vol. 19. — P. 356–362.
30. Jones B., Price P. Proton therapy: expanding clynical indications // Clin. Oncol. — 2004. — Vol. 16. — № 5. — P. 324–325.
31. Kesteloot K., Lievens Y., van der Schueren E. Improved management of radiotherapy departments through accurate cost data // Radiother. Oncol. — 2000. — Vol .55. — № 2. — P. 251–262.
32. Konski A, James J, Hartsell W. et al. Economic analysis of radiation therapy oncology group 97-14: multiple versus single fraction radiation treatment of patients with bone metastases // Am. J. Clin. Oncol. — 2009. — Vol. 32. — № 4. — P. 423–428.
33. Konski A. Radiotherapy is a cost-effective palliative treatment for patients with bone metastasis from prostate cancer // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2004. — Vol. 60. — № 5. — P. 1373–1378.
34. Langendijk J.A., Lambin P., De Ruysscher D. et al. Selection of patients for radiotherapy with protons aiming at reduction of side effects: The model-based approach // Radiother. Oncol. — 2013. — Vol. 107. — № 2. — P. 267–273.
35. Laukkanen E. Radiation Waiting Times — The Tip of the Iceberg // Radiother. Oncol. — 2006. — Vol. 80. — S.1. — A. 47.
36. Lim K., Vinod S.K., Bull C. et al. Prioritization of radiotherapy in Australia and New Zealand // Australias Radiol. — 2005. — Vol. 49. — P. 485–488.
37. Lievens Y., Van den Bogaert. Proton beam therapy: Too expensive to become true // Radiother. Oncol. — 2005. — Vol. 75. — № 2. — Pol. 131–133.
38. Lievens Y., Cai Grau. Health Economics in Radiation Oncology: Introducing the ESTRO HERO project // Radiother. Oncol. — 2012. — Vol. 103. — № 1. — P. 109–112.
39. 39. Ling C.C., Yorke Y., Zvi Fuks. From IMRT to IGRT: Frontierland or Neverland // Radiother. Oncol. — 2006. — Vol. 78. — Iss. 2. — P. 119–122.
40. Leer J.W.H. The future development of radiation oncology in Europe // Radiother. Oncol. — 2011. — Vol. 100. — № 1. — P. 7–9.
41. Lutz S., Berk L., Chang E. et al. Palliative Radiotherapy for Bone Metastases: an ASTRO Evidence-Based Guideline // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2011. — Vol. 79. — No. 4. — P. 965–976.
42. Macdonald O.K., Kruse J.J., Miller J.M. Proton Beam Radiotherapy versus Three-dimentional Comforml Stereotactic Body Radiotherapy in Primary Peripheral, Early-Stage Non–Small-Cell Lung Carcinoma: a Comparative Dosimetrical Analysis // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2009. — Vol. 75. — No. 3. — P. 950–958.
43. Meyer H.J. Expensive new therapy and finite resouses: An ethical dilemma for doctors and scientists // Radiother. Oncol. — 2006. — Vol. 1. — Iss. 3. — P. 227–230.
44. Munro A.J. The Costs of Hyperfractionation: An Economic Analysis Incorporating Consideration of Waiting Time for Treatment // Clin. Oncol. — 1995. — Vol. 7. — № 2. — P. 162–167.
45. Nieder C. Pawinski A., Haukland E. et al. Estimating Need for Palliative External Beam Radiotherapy in Adalt Cancer Patients // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2010. — Vol. 76. — № 1. — P. 207–211.
46. Peeters A., Grutters J.P.C., Pijls-Johannesma M. et al. How costly is particle therapy? Cost analysis of external beam radiotherapy with carbon-ions, protons and photons // Radiother. Oncol. — 2010. — Vol. 95. — № 1. — P. 45–53.
47. Perrier L., Morelle M., Pommier P. et al. Cost of prostate image-guided radiation therapy: Results of a randomized trial // Radiother. Oncol. — 2013. — Vol. 106. — № 1. — P. 50–58.
48. Platanionis G.A., Dale R.G. Biologically Effective Dose–Response Relationship for Breast Cancer Treated by Conservative Sugery and Postoperative Radiotherapy // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2009. — Vol. 75. — No. 2. — P. 512–517.
49. Ploquin N.P., Dunscombe P.B. The cost of radiation therapy // Radiother. Oncol. — 2008. — Vol. 86. — № 2. — P. 217-223.
50. Ploquin N.P., Dunscombe P.B. A cost-outcome analysis of Image-Guided Patient Repositioning in the radiation treatment of cancer of the prostate // Radiother. Oncol. — 2009. — Vol. 93. — № 1. — P. 25–31.
51. Poon I., Pintilie M., Potvin M. et al. The changing cost of radiation treatment for early prostate cancer in Ontario: a comparison between conventional and conformal external beam radiotherapy // Can. J. Urol. — 2004. — Vol. 11. — P. 2125-2132.
52. Potters L., Kavanach B., Galvin J.M. et al. American Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ASTRO) and American College of Radiology (ACR) Practice Guidline for the Perfomance of Stereotactic Body Radiation Therapy // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2010. — Vol. 76. — № 2. — P. 326–332.
53. Probst H., Griffithsy S. Moving to a High-tech Approach to the Irradiation of Early Breast Cancer: Is It Possible to Balance Efficacy, Morbidity and Resource Use? // Clin Oncol. — 2006. — Vol. 18. — P. 268 — 275.
54. Robinson D., Massey T., Davies E. et al. Waiting times for radiotherapy: variation over time and between cancer networks in southeast England // Br. J. Cancer. — 2005. — Vol. 92. — P. 1201-1208.
55. Sergio Faria, Alan Dal Pra, Fabio Cury et al. Treating intermediate-risk prostate cancer with hypofractionated external beam radiotherapy alone // Radiother. Oncol. — 2011. — Vol. 101. — № 4. — P. 486–489.
56. Shafig J., Delaney G., Barton M.B. An evidence-based estimation of local control and survival benefit of radiotherapy for breast cancer // Radiother. Oncol. — 2007. — Vol. 84. — № 1. — P. 11–17.
57. Shafer C., Nelson K., Herbst M. Warten auf eine Strahlentherapy. Eine Aufforderung einen nationalen Diskus uber Wartelisten in der Radiotherapie zu fuhren: Ergebnisse einer Befragung // Strahlenther. Onkol. — 2005. — Vol. 181. — P. 9–19.
58. 58. Showalter T.N., Foley K.A., Jutkowitz E. Costs of Early Adjuvant Radiation Therapy after Radical Prostatectomy: A Decision Analysis // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2010. — Vol. 78. — № 3. — Suppl. 1.
59. Sikora K., James N. Top-up Payments in Cancer Care // Clin Oncol. — 2009. — Vol. 21. — № 1. — P. 1–5.
60. Slotman B.J., Vos P.H. Planning of radiotherapy capacity and productivity // Radiother. Oncol. — 2013. — Vol. 106. — № 2. — P. 266–270.
61. Smith B.D., Pan I.W., Shih Y.C. et al. Adobtion of intensity-modulated radiation therapy for breast cancer in the

United States // J. Natl. Cancer Inst. — 2011. — Vol. 103. — P. 798–809.
62. Sullivan R., Peppercorn J., Sikora K. et al. Delivering affordable cancer care in high-income countries // Lancet Oncol. — 2011. — Vol. 12. — P. 933–980.
63. Teruki Teshima, Hodaka Numasaki, Hitoshi Shibuya. Japanese Structure Survey of Radiation Oncology in 2007 Based on Institutional Stratification of Patterns of Care Study // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2010. — Vol. 78. — № 5. — P. 1483–1493.
64. Tyldesley S., Delaney G., Foroudi F. et al. Estimating the need for radiotherapy for patients with prostate breast, and lung cancers: verifications of model estimates of need with radiotherapy utilisation data from British Colambia // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2011. — Vol. 79. — № 5. — P. 1507–1515.
65. Uyl-de Groot C.A., Stupp R., van der Bent M. Cost-effectiveness of temozolomide for the treatment of newly diagnosed glioblastoma multiforme // Expert Rev. Pharmacoecon. Outcomes Res. — 2009. — Vol. 9. — № 3. — P. 235–241.
66. Van de Werf E., Lievens Y., Verstraete J. et al. Time and motion study of radiotherapy delivery: Economic burden of increased quality assurance and IMRT // Radiother. Oncol. — 2009. — Vol. 93. — № 1. — P. 137–140.
67. Widesott L., Amichetti M., Schwarz M. Proton therapy in lung cancer: Clinical outcomes and technical issues. A systematic review // Radiother. Oncol. — 2008. — Vol. 86. — №. 2. — P. 154-164.
68. White L., Beckingham E., Calman F., Deehan C. Extended Hours Working in Radiotherapy in the UK // Clin. Oncol. — 2007. — Vol. 19. — P. 213–222.
69. Williams M.V., Jamesy N.D., Summers E.T. National Survey of Radiotherapy Fractionation Practice in 2003 // Clin. Oncol. — 2006. — Vol. 18. — № 1. — P. 3–14.
70. Williams M.V., Summers E.T., Drinkwater K., Barret A. Radiotherapy Dose Fractionation, Access and Waiting Times in the Countries of the UK in 2005 // Clin. Oncol. — 2007. — Vol. 19. — № 2. — P. 273–286.
71. Yoon Kim J.Y., Chul Seung Kay, Yeon Sil Kim et al. Helical Tomotherapy for Simultaneous Multytaget Radiotherapy for Pulmonary Metastasis // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 2009. — Vol. 75. — No. 3. — P. 703–710.
72. Zheng Chen, W. King, R. Pearcey, et al. The relationship between waiting time for radiotherapy and clinical outcomes: a systematic review of the literature // Radiother. Oncol. — 2008. — Vol. 87. — № 1. — P. 3–16.

V.A. Solodky, G.A. Panshin, V.M. Sotnikov, A.V. Ivashin

Economic and logistical problems of radiation oncology

Russian Research Center of Radiology, Moscow

An analysis of economic and logistical problems of radiation oncology is presented based on domestic and foreign literature. Despite the high efficacy of radiotherapy this branch of oncology is not financed enough in the most countries. As a consequence, it is ubiquitously marked radiotherapy capacity deficit that does not allow to fully realize its therapeutic potential. Medical electron accelerators and related equipment have become increasingly complex and expensive and radiotherapy techniques more consuming. Even in developed countries there have become a daily reality growing waiting times for radiation therapy, avoiding the use of the most modern and efficient technologies for radiation therapy (radiotherapy under visual control , etc.). Based on these data, there is evaluated the prospects and possibilities of upgrading of the technical base of radiation oncology in Russia including the development of hadron therapy.

Key words: radiation oncology, radiotherapy, economy, logistics

Поступила в редакцию 24.01.2014 г.