

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛУЧЕВЫХ НАГРУЗОК НА СЕРДЦЕ ПРИ РАЗНЫХ МЕТОДАХ 3D ПЛАНИРОВАНИЯ

Лукьяновский Р. В., Домашникова Т. А., Гончарова Е. В.

Брестский областной онкологический диспансер, Брест, Беларусь

Введение. Злокачественные новообразования молочной железы (МЖ) представляют наиболее многочисленные группы по уровням заболеваемости и смертности среди женщин Республики Беларусь. Самым грозным осложнением лучевой терапии рака МЖ являются осложнения со стороны сердца.

Цель исследования. Сравнение дозовых нагрузок на сердце при создании планов лучевого лечения рака левой МЖ с включением регионарных лимфатических узлов двумя методами 3D планирования в стандартной позиции пациентки на спине при свободном дыхании.

Материал и методы. В исследование были включены дозиметрические планы лечения рака левой МЖ 20 пациенток после радикальной мастэктомии с лимфодиссекцией. Метод тангенциального планирования с разделением объемов облучения в изоцентре сравнивался с методом планирования без разделения объемов облучения, включающим поля, в проекции которых находится сердце.

Результаты. Наилучшие показатели для сердца по средней (D_{mean}) и минимальной (D_{min}) дозах получены при методе тангенциального планирования с разделением объемов облучения в изоцентре (4.26 Гр, 0.6 Гр, соответственно).

Выводы. Облучение рака левой МЖ методом тангенциального планирования с разделением объемов облучения в изоцентре способствовало статистически значимому снижению дозиметрических показателей: D_{mean} и D_{min} .

Ключевые слова: рак левой молочной железы, лучевая терапия, сердце.

Для цитирования: Лукьяновский, Р. В. Сравнительный анализ лучевых нагрузок на сердце при разных методах 3D планирования / Р. В. Лукьяновский, Т. А. Домашникова, Е. В. Гончарова // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2020. Т. 18, № 4. С. 424-428. <http://dx.doi.org/10.25298/2221-8785-2020-18-4-424-428>.

Введение

Послеоперационная лучевая терапия (ЛТ) – неотъемлемая часть комплексного подхода к лечению рака молочной железы (МЖ) [1, 2]. Она позволяет уменьшить частоту местных рецидивов и увеличить показатели общей выживаемости [3]. Однако радиационно-индуцированные заболевания сердца у пациенток, излечившихся после рака МЖ, включают широкий спектр кардиологических патологий, среди которых описаны заболевания коронарных артерий, дисфункция миокарда и нарушение клапанов (коронарная, клапанная патология), заболевания перикарда, кардиомиопатия и нарушения ритма сердца и т. д. [4-9]. Следует учитывать возможность повышения кардиотоксичности химиотерапии, в основном при лечении антрациклинами, а также при наличии факторов риска: возраст старше 60 лет, наличие сердечно-сосудистой патологии (в настоящее время или в анамнезе), облучение лёгких или средостения в анамнезе, проведение ранее химиотерапии с использованием препаратов, обладающих кардиотоксичностью [10].

Радиационно-индуцированные болезни сердца, за исключением перикардита, обычно развиваются через 10-15 лет после облучения, хотя бессимптомные нарушения могут развиваться намного раньше. Длительный период, предшествующий появлению симптомов, указывающих на наличие повреждения, объясняет тот факт, что радиочувствительность сердца ранее недооценивалась.

Ранние изменения (лучевые реакции) со стороны сердечно-сосудистой системы можно сравнить с тотальной воспалительной реакцией структур сердца и развитием перикардита, мио-

кардита, эндокардита, сосудистых реакций. Возникающие изменения проявляются в виде нарушения ритма, проводимости, снижения фракции выброса и усугубления ишемии и дистрофии миокарда [4, 11].

После окончания ЛТ при раке (МЖ) молочной железы, включающей облучение грудной стенки, регионарных лимфоузлов и левой парастернальной области с суммарной очаговой дозой (СОД) 40-50 Гр, уже на раннем этапе выявляется большое число кардиальных изменений, которые протекают скрыто: снижение сократительной способности миокарда, бессимптомный экссудативный перикардит, увеличение частоты изменения конечной части желудочкового комплекса. После облучения области сердца при суточном мониторинге ритма у пациенток значительно увеличивается как общее количество единичных экстрасистол, так и количество ранних экстрасистол. Это свидетельствует о возникновении электрической нестабильности облученного миокарда [6].

К поздним изменениям (лучевые повреждения) со стороны сердечно-сосудистой системы относят прогрессирование атеросклероза, перикардит, ишемическую болезнь сердца, дефекты клапанов, нарушения ритма и проводимости, артериальную гипертензию, преимущественно малого круга кровообращения, прогрессирование хронической сердечной недостаточности. Развивающиеся изменения структур сердца приводят к ухудшению качества жизни и увеличению смертности от инфаркта миокарда, угрожающих жизни нарушений ритма и случаев внезапной смерти [7, 12].

Постлучевые миокардиты, встречающиеся в 18-31% случаев после ЛТ, возникают из-за увеличения проницаемости мелких сосудов. Это приводит к нарушению микроциркуляции в миокарде, что облегчает проникновение в клетки как инфекционных агентов, так и антител [4-7].

Современные методы планирования ЛТ рака МЖ, основанные на результатах компьютерной томографии (КТ), позволяют уменьшить лучевую нагрузку на средний объем сердца, сохраняя покрытие планируемого объема дозой более 90% от предписанной [13-15]. Существенного уменьшения рисков можно достичь при минимизации очаговой дозы, которую получает сердечная мышца в процессе облучения. Это реализуется с помощью современных технологий планирования: 3D конформная лучевая терапия, лучевая терапия с модуляцией интенсивности (IMRT), подвижная лучевая терапия с объемной модуляцией интенсивности (VMAT) [9].

Несмотря на это, дозы, получаемые сердцем, остаются значительными [16]. Воздействию высоких доз подвергаются зоны среднего и дистального отделов передней межжелудочковой ветви левой венечной артерии. Модель Normal Tissue Complication Probability, описывающая вероятность осложнений в нормальных тканях, прогнозирует, что при соблюдении следующего критерия, а именно: если доза свыше 25 Гр приходится не больше чем на 10% объема сердца ($V_{25} < 10\%$), тогда вероятность летальности, вызванной болезнями сердца за 15-летний период, составляет менее 1% [17]. В то же время воздействие ионизирующего излучения на сердце значительно увеличивает риск развития ишемической болезни сердца. Исследования, проведенные S. C. Darby, свидетельствуют, что каждый 1 Гр средней дозы, полученной сердцем, увеличивает риск поражения основных коронарных сосудов на 7,4% [18].

Цель исследования – сравнение дозовых нагрузок на сердце при создании планов лучевого лечения рака левой МЖ с включением регионарных лимфатических узлов двумя методами 3D планирования в стандартной позиции пациентки на спине при свободном дыхании.

Материал и методы

Для анализа были выбраны 20 пациенток в возрасте от 50 лет с опухолью ЛМЖ после радикальной мастэктомии с лимфодиссекцией, прошедшие курс полихимиотерапии. Для 10 из них в группе I были созданы планы облучения по методу “тангенциального планирования” с разделением объемов облучения в изоцентре, а в группе II использовали поля статической арки без разделения объемов облучения.

Предписанная разовая доза на очаг поражения составила 2,66 Гр до СОД 42,56 Гр за 16 фракций. КТ снимки были получены при свободном дыхании. Оценка дозы проводилась с помощью гистограммы доза-объем. Далее доза пересчитывалась с учетом биологического эффекта, при котором проявляются лучевые реакции и осложнения со стороны сердца с учетом

величины коэффициента линейно-квадратичной модели (ЛКМ) ($\alpha\beta=3,1$ Гр) для поздних лучевых изменений в сердце) по формуле:

$$EQD_2 = D \frac{d + \alpha/\beta}{2 + \alpha/\beta}$$

где EQD_2 – суммарная толерантная доза для стандартной схемы фракционирования дозы (2 Гр на очаг опухолевого поражения за сеанс, 5 сеансов облучения в неделю), которая биологически эквивалентна полной дозе D, передаваемой в режиме с фракционной дозой, равной 2 Гр.

Определялись величины: средняя D_{mean} , минимальная D_{min} , максимальная D_{max} дозы на сердце и $V_{25} < 10\%$. Статистический анализ проводился с помощью программы STATISTICA. Для сравнения дозо-объемных параметров использовалась описательная статистика, задача которой – с помощью математических инструментов свести значения выборки к нескольким итоговым показателям, которые дают представление о выборке. Поскольку численность выборки была небольшой ($n=10$ элементов), для проверки нормальности распределения использовался критерий Шапиро-Уилка. Поиск зависимостей в экспериментальных данных проводился классическим параметрическим методом, позволяющим сравнить средние значения изучаемого признака, рассчитанные на основе двух выборок, t-тестом Стьюдента. Для всех тестов статистически значимыми результатами считались те, у которых доля ошибки была меньше 5% ($p < 0,05$).

Описание метода “тангенциального планирования” (рис. 1 А). При создании плана изоцентр, как правило, ставится в левом грудно-ключичном сочленении. Для планируемого объема мишени, расположенного ниже изоцентра, основными являются 2 противоположных, оптимально повернутых по отношению к критическим органам, а дополнительным, убирающим высокие дозы с лёгкого и сердца, является поле 180 градусов. Для планируемого объема мишени, находящегося выше изоцентра, поля выбираются таким образом, чтобы они были оптимальными для спинного мозга, трахеи и плечевого сустава. После первого расчета дозы возникают области со слишком высоким и слишком низким скоплением дозы. В местах с низким скоплением дозы создаются дополнительные поля, которые компенсируют недостаток дозы там, где ее не хватает, и убирают излишек дозы там, где она не нужна.

Описание метода планирования без разделения объемов облучения, включающим поля, в проекции которых находится сердце (рис. Б). Изоцентр выбирается как центр воображаемой окружности по изгибу лёгкого. Создаются 2 противоположных поля, оптимально повернутых по отношению к критическим органам, поле 30-70° с небольшим весом, которое убирает дозу с трахеи, плечевого сустава и нормальных тканей подмышечной области, а также поле статической ротации, которое максимально огибает лёгкое. По необходимости ставятся клинья либо создаются дополнительные поля.

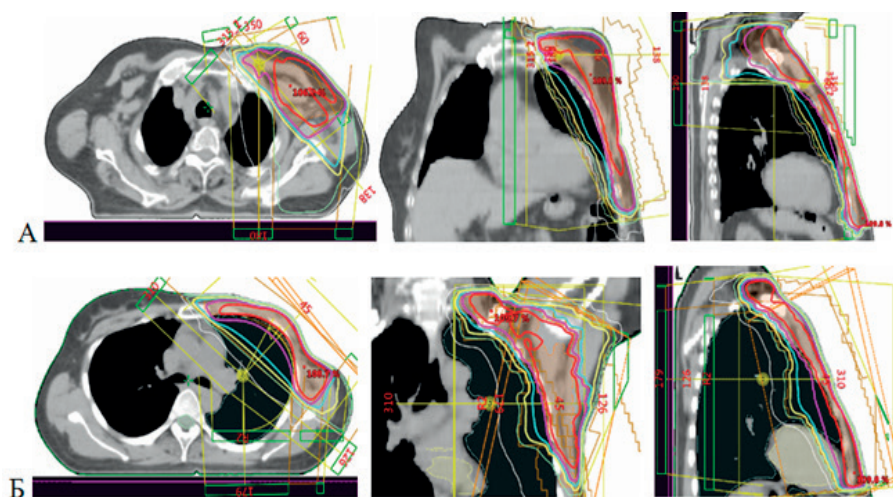


Рисунок – А: Положение изоцентра в трех проекциях для пациенток группы I.
Б: Положение изоцентра в трех проекциях для пациенток группы II
Figure – A: The position of the isocenter in three projections for patients of group I. **B:** The position of the isocenter in three projections for patients of group II

Результаты и обсуждение

Наилучшие результаты по средней D_{mean} и минимальной D_{min} дозе на сердце были достигнуты в группе I. Параметры максимальной D_{max} дозы на сердце и $V25 < 10\%$ показали статистически незначимые различия между двумя группами пациенток (таблица).

Таблица – Сравнение величин D_{mean} , D_{min} , D_{max} и $V25 < 10\%$ для двух методов планирования
Table – Comparison of D_{mean} , D_{min} , D_{max} and $V25 < 10\%$ for the two planning methods

Показатель	Группа I	Группа II	Значение P
D_{mean} , Гр	4,26	9,17	0,00073
$V25 < 10\%$, %	5,2	4,4	0,704218
D_{max} Heart, %	90,0	83,4	0,263750
D_{min} Heart, %	0,6	7,0	0,000062

Анализ доз на сердце при разных методах планирования показал следующее. Когда при создании плана для облучения ЛМЖ используются поля, в проекции которых находится сердце, они оказывают существенное влияние на величину средней и минимальной дозы на сердце. Однако, если при таком методе планирования их не использовать, то дозу, приходящуюся на трахею, плечевой сустав и нормальные ткани подмышечной области, довольно сложно уменьшить.

Аналогичные исследования для минимизации лучевой нагрузки на сердце приводились в

Литература

1. Вайнберг, М. Ш. Систематизация видов и методов лучевой терапии, способов и методик облучения больных / М. Ш. Вайнберг // Медицинская радиология. – 1991. – № 7. – С. 43-50.
2. Однократное предоперационное облучение при раке молочной железы II стадии / В. П. Харченко [и др.] // Вопросы онкологии. – 1999. – № 1. – С. 38-41.

работах [19, 14]. В первой работе дается сравнение методов планирования IMRT и VMAT. В результатах исследования приводятся следующие значения для средней дозы в сердце: $D_{mean}^{IMRT} = 17,4\%$, $D_{mean}^{VMAT} = 14,2\%$ от предписанной дозы, а показатели $V25 < 10\%$ равны, соответственно, 0,38 и 0,27%. Суммарная очаговая доза на опухоль – 42,56 Гр с дозой за фракцию, равной 2,66 Гр. Если сделать пересчет с учетом биологического эффекта, при котором проявляются лучевые реакции и осложнения со стороны сердца (с учетом величины коэффициента ЛКМ α/β для поздних лучевых изменений в сердце), получим следующие значения для средней дозы: $D_{mean}^{IMRT} = 8,37$ Гр, $D_{mean}^{VMAT} = 6,82$ Гр. Такие значения средней дозы могут свидетельствовать о том, что при создании планов облучения используются поля, в проекции которых находится сердце. И, хотя показатель $V25 < 10\%$ имеет довольно низкое значение, средняя доза остается достаточно высокой, несмотря на то, что КТ снимки были получены под контролем дыхания.

Во второй работе говорится об исследовании, проведенном в 2006 г. в крупном центре ЛТ Великобритании, где были отобраны 50 пациенток с опухолью ЛМЖ. Все пациентки были облучены тангенциальными полями с энергией 6 или 8 МВ. Для каждого плана была рассчитана гистограмма доза-объем для сердца. По результатам средняя доза на сердце составила 2,3 Гр.

Выводы

Облучение рака левой МЖ методом тангенциального планирования с разделением объемов облучения в изоцентре способствовало статистически значимому снижению дозиметрических показателей: D_{mean} и D_{min} . Полученные результаты говорят о том, что при создании планов облучения снижение лучевой нагрузки на сердце в среднем до 5 Гр может быть достигнуто при условии исключения полей, в проекции которых находится сердце.

Благодарность. Выражаем благодарность Меламеду Владимиру Дмитриевичу за ценные советы при планировании исследования и рекомендации по оформлению статьи.

3. Effects of radiotherapy and of differences in the extent of surgery for early breast cancer on local recurrence and 15-year survival: an overview of the randomized trials / M. Clarke [et al.] // Lancet. – 2005. – Vol. 366, № 9503. – P. 2087-2106. – doi: 10.1016/S0140-6736(05)67887-7.
4. Байсоголов, Г. Д. Состояние сердечной мышцы у больных хронической лучевой болезнью в различные периоды заболевания (по данным эхокардиографического

- исследования) / Г. Д. Байсо-голов, В. И. Кирюшкин // Радиация и риск. – 2000. – Спец. вып. – С. 43-47.
5. Дощенко, В. Н. Синдром миокардиодистрофии в позднем периоде хронической лучевой болезни и его исходы / В. Н. Дощенко, Н. И. Мигунова // Радиация и риск. – 2000. – Спец. вып. – С. 47-50.
 6. Поражение сердца при лечении современными противоопухолевыми препаратами и лучевые повреждения сердца у больных с лимфомами / Е. И. Емелина [и др.] // Клиническая онкогематология. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 152-160.
 7. Коротников, К. И. Изменения сердца, обусловленные отдаленными последствиями лучевой терапии. / К. И. Коротников, Т. С. Эттингер, Т. В. Проскура // Клиническая медицина. – 1999. – № 11. – С. 52-55.
 8. Кутузова, А. Б. Состояние сердца у лиц, подвергшихся воздействию ионизирующего излучения / А. Б. Кутузова, В. Г. Лелюк, А. К. Гуськова // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2000. – Т. 47, № 3. – С. 66-79.
 9. Cardiac perfusion changes in patients treated for breast cancer with radiation therapy and doxorubicin: preliminary results / P. H. Hardenbergh [et al.] // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2001. – Vol. 49, iss. 4. – P. 1023-1028. – doi: 10.1016/S0360-3016(00)01531-5.
 10. Руководство по химиотерапии опухолевых заболеваний / под ред. Н. И. Переводчиковой. – Москва : Практическая медицина, 2005. – 704 с.
 11. Fajardo, L. F. Radiation pathology / L. F. Fajardo, M. Berthrong, R. E. Anderson. – Oxford, 2001. – P. 65-180.
 12. Long-term cardiac mortality following radiation therapy for Hodgkin's disease: analysis with the relative seriality model / F. Eriksson [et al.] // Radiother. Oncol. – 2000. – Vol. 55, № 2. – P. 153-162. – doi: 10.1016/S0167-8140(00)00166-3.
 13. Dosimetric comparison of left-sided whole breast irradiation with 3DCRT, forward-planned IMRT, inverse-planned IMRT, helical tomotherapy and tomotherapy / L. K. Schubert [et al.] // Radiother. Oncol. – 2011. – Vol. 100, iss. 2. – P. 241-246. – doi: 10.1016/j.radonc.2011.01.004.
 14. Cardiac dose from tangential breast cancer radiotherapy in the year 2006 / C. W. Taylor [et al.] // Int. J. Radiation Oncol. Biol. Phys. – 2008. – Vol. 72, iss. 2. – P. 501-507. – doi: 10.1016/j.ijrobp.2007.12.058.
 15. Breathing adapted radiation therapy in comparison with prone position to reduce the doses to the heart, left anterior descending coronary artery, and contralateral breast in whole breast radiation therapy / K. Verhoeven [et al.] // Practical Radiation Oncol. – 2014. – Vol. 4, iss. 2. – P. 123-129. doi: 10.1016/j.prro.2013.07.005.
 16. Hayden, A. J. Deep inspiration breath hold technique reduces heart dose from radiotherapy for left-sided breast cancer / A. J. Hayden, M. Rains, K. Tiver // J. Med. Imaging. Radiat. Oncol. – 2012. – Vol. 56, iss. 4. – P. 464-472. – doi: 10.1111/j.1754-9485.2012.02405.x.
 17. Отчет МКРЗ по тканевым реакциям, ранним и отдаленным эффектам в нормальных тканях и органах – пороговые дозы для тканевых реакций в контексте радиационной защиты / Ф. А. Стюарт [и др.]; редкол.: А. В. Аклеев, М. Ф. Киселев. – Челябинск : Книга, 2012. – 384 с.
 18. Risk of ischemic heart disease in women after radiotherapy for breast cancer / S. C. Darby [et al.] // New Engl. J. Med. – 2013. – Vol. 368, № 11. – P. 987-998.
 19. Analysis of criteria for evaluating the dose to the heart during radiation therapy treatment planning for breast tumors using respiratory gating / M. Mayorova [et al.] // Actual Environmental Problems : proceedings of the IX International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students, November 21-22, 2019, Minsk, Republic of Belarus. – Minsk, 2019. – P. 98-99.

References

1. Vainberg MSh. Sistematizatsiia vidov i metodov luchevoi terapii, sposobov i metodik oblucheniia bolnykh [Systematization of types and methods of radiation therapy, methods and techniques of patient exposure]. *Medicinskaja radiologija*. 1991;7:43-50. (Russian).
2. Harchenko VP, Panshin GA, Hmelevskij EV, Melnik YD. Odnokratnoe predoperacionnoe obluchenie pri rake molochnoj zhelezy II stadii [Single preoperative radiation exposure for stage II of breast cancer]. *Voprosy onkologii*. 1999;1:38-41. (Russian).
3. Clarke M, Collins R, Darby S, Davies C, Elphinstone P, Evans V, Godwin J, Gray R, Hicks C, James S, MacKinnon E, McGale P, McHugh T, Peto R, Taylor C, Wang Y. Effects of radiotherapy and of differences in the extent of surgery for early breast cancer on local recurrence and 15-year survival: an overview of the randomized trials. *Lancet*. 2005;366(9503):2087-2106. doi: 10.1016/S0140-6736(05)67887-7.
4. Bajsoogolov GD, Kirjushkin VI. Sostojanie serdechnoj myshcy u bolnyh hronicheskoi luchevoj bolezni v razlichnye periody zabojevanija (po dannym jehokardiograficheskogo issledovanija) [Status of heart muscle in patients with chronic radiation sickness in different periods of the development of the disease (on the basis of electrocardiographic data)]. *Radiacija i risk*. 2000;Spec No:43-47. (Russian).
5. Doshhenko VN, Migunova NI. Sindrom miokardiodistrofii v pozdnem periode hronicheskoi luchevoj bolezni i ego ishody [Syndrome of myocardiodystrophy in the late period of chronic radiation sickness and its outcome]. *Radiacija i risk*. 2000;Spec No:47-50. (Russian).
6. Emelina EI, Shujkova KV, Gendlin GE, Storozhakov GI, Lepkov SV, Demina EA. Porazhenie serdca pri lechenii sovremennymi protivopuholevymi preparatami i luchevee povrezhdenija serdca u bolnyh s limfomami [Cardiac damage after modernchemo- and radiotherapy in patients with lymphomas]. *Klinicheskaja onkogematologija*. 2009;2(2):152-160. (Russian).
7. Korytnikov KI, Jettinger TS, Proskurina TV. Izmenenija serdca, obuslovlennye otdalennymi posledstvijami luchevoj terapii [Heart changes due to long-term effects of radiation therapy]. *Klinicheskaja medicina*. 1999;11:52-55. (Russian).
8. Kutuzova AB, Leljuk VG, Guskova AK. Sostojanie serdca u lic, podvergshisja vozdeystviu ionizirujushhego izluchenija [Heart condition in individuals exposed to ionizing radiation]. *Medicinskaja radiologija i radiacionnaja bezopasnost*. 2000;47(3):66-79. (Russian).
9. Hardenbergh PH, Munley MT, Bentel GC, Kedem R, Borges-Neto S, Hollis D, Prosnitz LR, Marks LB. Cardiac perfusion changes in patients treated for breast cancer with radiation therapy and doxorubicin: preliminary results. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2001;49(4):1023-1028. doi: 10.1016/S0360-3016(00)01531-5.
10. Perevodchikova NI, editor. Rukovodstvo po himioterapii opuholevyh zabojevanij. [Tumor disease Chemotherapy Guide]. Moskva: Prakticheskaja medicina; 2005. 704 p. (Russian).
11. Fajardo LF, Berthrong M, Anderson RE. Radiation pathology. Oxford: Oxford University press; 2001. p. 165-180.
12. Eriksson F, Giovanna G, Liedberg A, Levitt S, Lind B, Rutqvist L-E. Long-term cardiac mortality following radiation therapy for Hodgkin's disease: analysis with the relative seriality model. *Radiother. Oncol*. 2000;55(2):153-162. doi: 10.1016/S0167-8140(00)00166-3.

13. Schubert LK, Gondi V, Sengbusch E, Westerly DC, Soisson ET, Paliwal BR, Mackie TR, Mehta MP, Patel RR, Tomé WA, Cannon GM, Less S. Dosimetric comparison of left-sided whole breast irradiation with 3DCRT, forward-planned IMRT, inverse-planned IMRT, helical tomotherapy and tomotherapy. *Radiother. Oncol.* 2011;100(2):241-246. doi: 10.1016/j.radonc.2011.01.004.
14. Taylor CW, Povall JM, McGale P, Nisbet A, Dodwell D, Smith JT, Darby SC. Cardiac dose from tangential breast cancer radiotherapy in the year 2006. *Int. J. Radiation Oncol. Biol. Phys.* 2008;72(2):501-507. doi: 10.1016/j.ijrobp.2007.12.058.
15. Verhoeven K, Sweldens C, Petillion S, Janssen H, Van Limbergen E, Weltens C. Breathing adapted radiation therapy in comparison with prone position to reduce the doses to the heart, left anterior descending coronary artery, and contralateral breast in whole breast radiation therapy. *Practical Radiation Oncology.* 2014;4(2):123-129. doi: 10.1016/j.prro.2013.07.005.
16. Hayden AJ, Rains M, Tiver K. Deep inspiration breath hold technique reduces heart dose from radiotherapy for left-sided breast cancer. *J. Med. Imaging Radiation Oncol.* 2012;56(4):464-472. doi: 10.1111/j.1754-9485.2012.02405.x.
17. Stjuart FA, Akleev AV, Haujer-Dzhensen M, Hendri DzhH, Klejmen, NDzh. Makvitti TDzh, Jejlmen BM, Jedgar AB; Akleev AV, Kiselev MF, editors. *Otchet MKRZ po tkanevym reakcijam, rannim i otdalennym jeffektam v normalnyh tkanjah i organah – porogovye dozy dlja tkanevnyh reakcij v kontekste radiacionnoj zashhity.* Cheljabinsk: Kniga; 2012. 384 p. (Russian).
18. Darby SC, Ewertz M, McGale P, Bennet AM, Blom-Goldman U, Bronnum D, Correa C, Cutter D, Gagliardi G, Gigante B, Jensen M-B, Nisbet A, Peto R, Rahimi K, Taylor C, Hall P. Risk of ischemic heart disease in women after radiotherapy for breast cancer. *New Engl. J. Med.* 2013;368(11):987-998.
19. Mayorova M, Titovich E, Piatkevich M, Kaprusynka A, Loika V, Makarava N. Analysis of criteria for evaluating the dose to the heart during radiation therapy treatment planning for breast tumors using respiratory gating. In: Maskevitch SA, Lysukha NA, editors. *Actual Environmental Problems. Proceedings of the IX International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students; 2019 Nov. 21-22; Minsk, Republic of Belarus.* Minsk; 2019. p. 98-99.

COMPARATIVE ANALYSIS OF RADIATION DOSES ON HEART WHEN USING VARIOUS 3D PLANNING METHODS

Lukyanovsky R. V., Damashnikava T. A., Hancharova E. V.

Brest Regional Oncology Dispensary, Brest, Belarus

Background. Malignant neoplasms of the mammary gland represent the most numerous groups in terms of morbidity and mortality among women of the Republic of Belarus. The most formidable complication of radiation therapy for breast cancer is heart complications.

Aim of the study is to compare the dose loads on the heart when creating radiation treatment plans for left breast cancer with the inclusion of regional lymph nodes using two 3D planning methods in a standard position on the back with free breathing.

Material and methods. The research included dosimetric plans for the treatment of left breast cancer in 20 patients after radical mastectomy with lymph node dissection. The tangential planning method with separation of radiation volumes in the isocenter was compared with the planning method without separation of radiation volumes, including the fields in the projection of which the heart is located.

Results. The best indices for the heart in terms of average (Dmean) and minimum (Dmin) doses were obtained using the tangential planning method with separation of radiation volumes in the isocenter (4.26 Gy, 0.6 Gy, respectively).

Conclusion. Irradiation of left breast cancer by tangential planning with separation of radiation volumes in the isocenter contributed to a statistically significant decrease in dosimetric parameters: Dmean and Dmin.

Keywords: left breast cancer, radiotherapy, heart.

For citation: Lukyanovsky RV, Damashnikava TA, Hancharova EV. Comparative analysis of radiation doses on heart when using various 3D planning methods. *Journal of the Grodno State Medical University.* 2020;18(4):424-428. <http://dx.doi.org/10.25298/2221-8785-2020-18-4-424-428>.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Министерства образования Республики Беларусь (договор с «МГЭИ им. Сахарова» БГУ № 05/20 от 17.02.2020 г.).

Financing. The study was supported by the Ministry of Education of the Republic of Belarus (agreement No. 05/20 from 17/02/2020).

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом.

Conformity with the principles of ethics. The study was approved by the local ethics committee.

Об авторах / About the authors

Лукьяновский Руслан Владимирович / Lukyanovsky Ruslan, e-mail: brcoc@brest.by

Домашникова Татьяна Александровна / Damashnikava Tatsiana, e-mail: domashnikova.t@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5951-4346

*Гончарова Екатерина Викторовна / Hancharova Katsiaryna, e-mail: hancharova.katsiaryna@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4383-2360

* – автор, ответственный за переписку / corresponding author

Поступила / Received: 24.04.2020

Принята к публикации / Accepted for publication: 01.07.2020