

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОТОННОЙ ТЕРАПИИ В МЕДИЦИНЕ

*Элмуротова Дилноза Бахтиёровна¹, Каттаходжаева Динара
Уткурходжаевна², Ибрагимова Гулзира Жанабаевна³
PhD, доцент¹, Старший преподаватель², ассистент³
Ташкентская медицинская Академия*

Аннотация: На работе рассмотрено физические основы протонной терапии, приведено график поглощения протонов ткани, которое положение пика Брэгга можно регулировать с помощью энергии протонов. Показана, что протонная терапия для лечения рака легких является одним из многих терапии, из-за своих уникальных физических и биологических.

Ключевые слова: протон, терапия, опухоль, безопасность, фотон, ткань, пик Брэгга, рак, физика, пучок.

Протонная терапия — это лучевая терапия, которая использует крошечные частицы, называемые протонами. Протоны — отличные убийцы клеток, но из-за способа, которым протоны доставляют свою энергию, протонная терапия не повреждает столько здоровых тканей, сколько фотонная терапия. Поэтому более высокая доза радиации может быть направлена на опухоль, не затрагивая множество нормальных здоровых клеток.

Первое использование протонного пучка для облучения злокачественных опухолей предложил Р. Р. Вильсон из Harvard Cyclotron Laboratory в статье, которая была опубликована еще в 1946 г. В ней описаны основные принципы абсорбции протонов в ткани и однозначно представлены теоретические преимущества методики. Ее первое реальное клиническое применение осуществлено в 1954 г., когда в Berkeley Radiation Laboratory (Калифорния) был облучен первый пациент. В Европе первый случай лечения зарегистрирован в клинике г. Упсалы (Швеция) в 1957 г.

Однако в то время технология была очень сложной и недостаточные возможности точного определения мишени воздействия и направления пучка являлись препятствием в дальнейшем развитии протонной терапии. Она оставалась в течение целого ряда десятилетий скорее второстепенной частью физических исследований.

Перелом наступил с улучшением техники фотонной радиотерапии, которая была относительно быстро введена в практику в качестве протонной терапии.

В 1990 г. открыта первая клиника при Loma Linda University Medical Center (Калифорния), предназначенная исключительно для клинического применения.

В новом тысячелетии открываются приблизительно по 2–3 центра в год.

Однако до настоящего времени изучение возможностей стандартной фотонной лучевой терапии оставляет ряд вопросов:

- 1) недостаточная эффективность в лечении ряда патологий;
- 2) безопасность «доставки» эффективной дозы непосредственно к опухоли;
- 3) отсроченные и поздние побочные эффекты лечения, обусловленные нежелательным облучением окружающих здоровых тканей.

Протонная терапия ближе всего к достижению этой цели из всех доступных методов.

Протонная терапия представляет собой революционный метод в радиотерапии, который использует иные физические взаимодействия, чем фотонная терапия, для доставки дозы излучения в опухоль, но идентичные радиобиологические принципы для достижения эффекта терапии.

Это значительно упрощает управление процессом лечения с применением оптимальных способов «доставки» дозы к опухоли. Протонная терапия, таким образом, считается «новой медициной» с точки зрения физики, но не с точки зрения лучевой терапии.

Известно, что протоны при своем прохождении через ткани передают свою энергию вдоль трассы лишь в малой мере. Максимум своей энергии протоны передают в конце своей трассы – в так называемом пике Брэгга (ПБ, область шириной в несколько миллиметров).

Глубина ПБ точно определена вступительной энергией частицы. После передачи энергии частица останавливается в ткани. Из этого вытекает относительно низкая доза облучения перед очагом опухоли и нулевая доза за очагом опухоли.

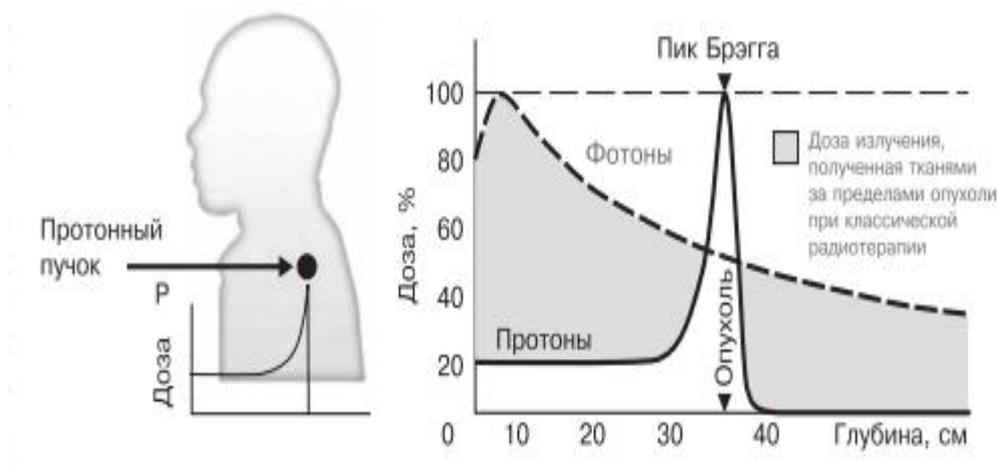


Рис. График поглощения протонов (голубым) тканью относительно глубины ткани. Для сравнения приведен график фотонов (серым). Положение

пика Брэгга можно регулировать с помощью энергии протонов.

Однако для облучения очага опухоли необходимо расширить область пика применительно к очагу, т. е. создать расширенный ПБ (spread-out Bragg peak – SOBП). Этого можно достигнуть с помощью «пассивного» рассеивания или с помощью сканирующего пучка.

Первая возможность до сих пор является наиболее распространенной в силу исторического развития, но уже существует в мире превосходящая по точности технология. Для активного сканирования SOBП используется Range modulator.

Полученный пучок нужно обработать с помощью индивидуально изготовленных приспособлений апертуры и Range-компенсатора. Компенсаторы изготавливаются индивидуально из пластика для каждого пациента на обрабатывающих станках.

Апертуры готовятся из латуни и определяют латеральный край поля. Их изготовление является трудоемким и дорогим процессом, а использование при лечении приводит к существенной радиационной нагрузке на персонал и пациента. Кроме того, этот способ не позволяет гарантировать точное облучение на крае мишени.

Однако многие другие виды рака также могут получить пользу при использовании протонной терапии, особенно по сравнению с обычной рентгенотерапией. К ним относятся:

- Рак пищевода
- Рак молочной железы
- Рак ротоглотки
- Рак слюнных желез
- Рак легких
- Рак простаты
- Саркомы
- Опухоли основания черепа

Протонная терапия для лечения рака легких является одним из многих захватывающих достижений в этой области. Несмотря на лучшие достижения в области фотонной терапии, такие как IMRT, IGRT, Cyberknife, спиральная томотерапия, дозы, получаемые сердцем и легкими, иногда остаются непомерно высокими. Даже если доза находится в пределах пороговых значений, существует значительная кардиопульмональная токсичность, приводящая к значительной заболеваемости (до 80%) и даже смертности (до 5%). Протонная терапия из-за своих уникальных физических и биологических свойств может доставлять значительно более низкие дозы к критическим

структурам, таким как здоровое легкое, а также сердце, тем самым ограничивая сопутствующий ущерб.

Заключение

На физическом уровне является неоспоримым тот факт, что протонная терапия имеет намного лучшие параметры, чем большинство технологий, доступных для фотонного облучения. На уровне клинических результатов здесь существуют только обоснованные предположения преимуществ протонной терапии, и ее использование полностью принимается только для некоторых диагнозов.

Использованные литературы:

5. Кубеш Й. Клиническое применение протонной радиотерапии при лечении опухолевых заболеваний // Российский онкологический журнал, № 5, 2014, С.4-10.
6. Amichetti M., Amelio D., Cianchetti M. A systematic review of proton therapy in the treatment of chondrosarcoma of the skull base. *Neurosurg. Rev.* 2010; 33: 155–65.
7. Mahadevan A., Miksad R., Goldstein M. et al. Induction gem- citabine and stereotactic body radiotherapy for locally advanced nonmetastatic pancreas cancer. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2011; 81: 615–22.
8. Zietman A. L., Desilvio M. L., Slater J. D. Comparison of conventional-dose vshigh-dose conformal radiation therapy in clinically localized adenocarcinoma of the prostate: a random- ized controlled trial. *J.A.M.A.* 2005; 294: 1233–9.
9. Elmurotova D.B., Nishonova N.R., Kulueva F.G., Uzoqova G.S., Xo‘jamberdiyeva J.N., Jo‘rayeva Sh.A. Mashait: islamic interpretation of the greek philosophical heritage // South Eastern European Journal of Public Health (SEEJPH), (ISSN: 2197-5248) V.XXV, S2, 2024, Posted:05-12-2024, P.516-522, <https://www.seejph.com/index.php/seejph>
10. Shodiev A.A., Mussaeva M.A., Nishonova N.R., Elmurotova D.B., Islamova D.X. Improving Structure and Superconductivity of Coated Cuprate Tapes by Irradiation with Electrons and Gamma-Rays // Nanotechnology Perceptions, ISSN 1660-6795, V.20, N.7 (2024), P. 209-126, <https://nano-ntp.com/index.php/nano/article/view/3822>
11. I. Mullojonov, Q.I. Narziqulova , V.G. Makhsudov , E.Ya. Ermetov, D.B. Elmurotova, M.I. Bazarbayev. Study of the appearing molar volume of electrolyte solutions and its application in health-biological processes // MedForum: Int. Conf. on Patient-Centered Approaches to Medical Intervention 2024, Dr. Tanima Bhattacharya et al. (eds) © 2024 Taylor & Francis Group, London, P.38-40.
12. M.I. Bazarbayev, B.T. Rakhimov, Sh.A. Isroilova, D.B. Elmurotova, D.I. Sayfullayeva. Enhancing biophysics problem-solving skills in medical students through a targeted three-step strategy // MedForum: Int. Conf. on Patient-Centered Approaches to Medical Intervention 2024, Dr. Tanima Bhattacharya et al. (eds) © 2024 Taylor & Francis Group, London, P.112-114.
13. М.И. Базарбаев., Д.Б. Элмуротова., Ш.К. Нематов., Ш.Ш. Азимов., Т.З. Даминов., А.Р. Махамов. Современные подходы к гигиене рук медицинского персонала //The journal of humanities & natural sciences, Issue 8, V.1, 2024. P.208-217.
14. Elmurotova D.B., Odilova N.J., Jumanov Sh.E. Semmelweis against puberner fever in hungary // Western European Journal of Linguistics and Education, V.2, Iss1, January-2024 ISSN (E): 2942-190X, P.56-59, Germany. <https://westerneuropianstudies.com/index.php/2/article/view/255>

15. Элмуротова Д.Б., Элмуратов Э.Б. Исследование и совершенствование техники и технологии по освоению скважин в сложных горно-геологических условиях на месторождениях Республики Узбекистан // Лучшие интеллектуальные исследования, Ч-13, Т.5, Январь-2024, С.11-23, Россия. <http://web-journal.ru/index.php/journal/issue/view/89>
16. Elmurotova D.B., Sayfullayeva D.I., Isroilova Sh.A. Terms of medical information system, World Bulletin of Public Health (WBPH), V.34, May, P.91-92, 2024 ISSN: 2749-3644, Berlin. <https://www.scholarexpress.net>
17. Elmurotova D.B, Majlimov F.B., Zuparov I.B., Kayumova K.S., Xudoyberdiyev B.A. A modern approach to hand hygiene in medicine // European Journal of Humanities and Educational Advancements (EJHEA), V.5 N.05, May 2024 ISSN: 2660-5589, P.51-53, Spain. <https://www.scholarzest.com>
18. Elmurotova D., Arzikulov F., Egamov S., Isroilov U. Organization of direct memory access // Intent Research Scientific Journal-(IRSJ), ISSN (E): 2980-4612, V.3, Is.10, October – 2024, P. 31-38., Philippines, <https://intentresearch.org/index.php/irsj/article/view/345>
19. Elmurotova D., Arzikulov F., Izzatullayev I., Olimov A., Abdurahmonov J. The role of remote diagnostics in medicine // World Bulletin of Public Health (WBPH), V.39, October 2024, ISSN:2749-3644, P.102-105. Germany, <https://scholarexpress.net/index.php/wbph/article/view/4664>
20. Elmurotova D., Fayziyeva N.A., Urmanbekova D.S., Bozorov E.H. Implementation of the method of teaching x-ray therapy in higher educational institutions // **Web of Teachers: Inderscience Research**, V.2, Issue 10, October-2024, ISSN (E):2938-379X, P.18-23. Spain. <https://webofjournals.com/index.php/1/article/view/1868>
21. Elmurotova D.B., Esanov Sh.Sh., Abduraxmonov S.A., Ulug'berdiyev A.Sh., Umarov J.S. Medical device reliability and measuring instrument specifications // Eurasian Journal of Engineering and Technology, EJET, V.34, October-7, 2024, ISSN: (E) 2795-7640, P.10-13, Belgium. <https://geniusjournals.org/index.php/ejet>
22. Shodiev A.A., Mussaeva M.A., Elmurotova D.B. Magnetic resistance and mobility of carriers of HTSC – YBCO tapes irradiated with 5 MeV electrons // Eurasian Journal of Physics, Chemistry and Mathematics, EJPCM, V.35, October-26, 2024, ISSN: 2795-7667, P.25-33, Belgium. <https://geniusjournals.org/index.php/ejpcm/article/view/6393>
23. Elmurotova D.B., Fayziyeva N.A., Odilova N.J. Properties of electron and neutron therapy // Web of Medicine: Journal of medicine, practice and nursing, V.2, Issue 10, October-2024, ISSN (E): 2938-3765, P.137-141, Spain.
24. Elmurotova D.B., Yoqubboyeva E.Z., Orifqulova M.F., Imanova L.N. Application of computer technologies in medicine // Western European Journal of Medicine and Medical Science, V.2, Issue 11, ISSN (E): 2942-1918, November-2024, P.1-12. Germany. <https://westerneuropeanstudies.com/index.php/3>