

Реабилитация онкологических пациентов: применение пневматической компрессии в лечении вторичного лимфатического отека

В.Ю. Ивашков¹, А.В. Ровная², А.С. Денисенко³, А.В. Колсанов⁴, А.Н. Николаенко¹

¹Центр национальной технологической инициативы «Бионическая инженерия в медицине» ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 443099 Самара, ул. Чапаевская, 89;

²ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России; Россия, 197022 Санкт-Петербург, ул. Рентгена, 10а;

³ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России; Россия, 119991 Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2;

⁴ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 443099 Самара, ул. Чапаевская, 89

Контакты: Александр Сергеевич Денисенко allexander.pafem@gmail.com

В консервативном лечении хронических лимфатических отеков большую роль играет комплексная противоотечная терапия, включающая лимфодренажный мануальный массаж, компрессионное бандажирование, использование компрессионного трикотажа, уход за кожей и физические упражнения. Существуют и другие методы консервативного лечения, например пневматическая компрессия. В ее основе лежит воздействие давлением на подлежащие ткани, что способствует продвижению лимфы по лимфатическим структурам. Несмотря на продолжительный период существования, по некоторым данным – с 1972 г., пневматическая компрессия не нашла поддержки со стороны профессионального сообщества как самостоятельный метод консервативного лечения лимфедемы, хотя она довольно широко применяется в различных реабилитационных центрах.

Цель исследования – определить показания и эффективность пневматической компрессии, а также обозначить возможность использования данного метода в практике лечения лимфатических отеков.

Ключевые слова: пневматическая компрессия, лимфостаз, лимфедема, лимфатический отек, комплексная противоотечная терапия

Для цитирования: Ивашков В.Ю., Ровная А.В., Денисенко А.С. и др. Реабилитация онкологических пациентов: применение пневматической компрессии в лечении вторичного лимфатического отека. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2024;16(1):76–80. DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2024-16-1-76-80>

REHABILITATION OF CANCER PATIENTS: THE USE OF PNEUMATIC COMPRESSION IN SECONDARY LYMPHEDEMA TREATMENT

V.Yu. Ivashkov¹, A.V. Rovnaya², A.S. Denisenko³, A.V. Kolsanov⁴, A.N. Nikolaenko¹

¹Center of the National Technology Initiative “Bionic Engineering in Medicine”, Samara State Medical University, Ministry of Health of Russia; 89 Chapaevskaya St., Samara 443099, Russia;

²Pavlov University, Ministry of Health of Russia; 10a Rentgena St., Saint Petersburg 197022, Russia;

³Sechenov University, Ministry of Health of Russia; Bld. 2, 8 Trubetskaya St., Moscow 119991, Russia;

⁴Samara State Medical University, Ministry of Health of Russia; 89 Chapaevskaya St., Samara 443099, Russia

Contacts: Alexander Sergeevich Denisenko allexander.pafem@gmail.com

Complex decongestive therapy is a cornerstone of conservative chronic lymphedema treatment. There are other conservative treatment options that include intermittent pneumatic compression. Its mechanism of action is based on pressure applying on the underlying tissues and promoting the lymph flow through the lymphatic structures. Pneumatic compression was invented in 1972; nevertheless it has not found widespread support of professional community as a self-sufficient method of conservative lymphedema treatment, though it's used a lot in many rehab clinics worldwide.

Aim. To determine the indications and effectiveness of pneumatic compression, as well as to identify the possibility of using this method in the practice of treating lymphatic edema.

Keywords: intermittent pneumatic compression, lymphostasis, lymphedema, lymphatic edema, complex decongestive therapy

For citation: Ivashkov V.Yu., Rovnaya A.V., Denisenko A.S. et al. Rehabilitation of cancer patients: the use of pneumatic compression in secondary lymphedema treatment. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi* = Bone and Soft Tissue Sarcomas, Tumors of the Skin 2024;16(1):76–80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2024-16-1-76-80>

Введение

Вторичный лимфатический отек — состояние, возникающее вследствие нарушения транспорта лимфы, клинически проявляющееся хроническим увеличением объема пораженной области за счет скопления лимфатической жидкости, а также увеличением объема жировой клетчатки и развивающимся фиброзом вследствие противоопухолевого лечения: лучевой терапии и хирургических методов, сопровождающихся лимфодиссекцией. Лимфатический отек существенно ухудшает качество жизни пациентов, вызывает субъективный дискомфорт, ограничение двигательной активности и трудности в ношении привычной одежды. У больных с данной патологией значительно снижается местный иммунитет и, как следствие, повышается риск развития инфекционного процесса — рожистого воспаления. Терминальной фазой лимфатического отека является фибротическая трансформация тканей пораженной конечности с возможным возникновением злокачественного новообразования — лимфангиосаркомы [1].

Для лечения лимфатических отеков применяются как консервативные, так и хирургические методики. Последние включают лимфовенозные анастомозы, пересадку васкуляризированных лимфатических узлов (ЛУ) и липосакцию. К консервативным методам относится комплексная физическая противоотечная терапия (КФПТ). В мировой практике КФПТ является наиболее распространенным методом лечения лимфатических отеков [2, 3]. В научной литературе описан еще один метод их уменьшения — пневматическая компрессия (ПК). В ходе этой процедуры используются пневматические манжеты с разным количеством камер, подключенных к насосам. Механизм ПК основан на воздействии давлением на подлежащие ткани, что способствует продвижению лимфы по лимфатическим структурам [4].

Первые публикации, описывающие данную методику, датируются 1972 г. [5, 6]. В исследовании 1985 г. приняли участие 25 пациентов с лимфостазом верхней ($n = 7$) и нижней ($n = 18$) конечностей. Для уменьшения размеров отека использовалась ПК. Прибор состоял из 8–12 отдельных камер, которые надевали на конечность пациента и обеспечивали высокое давление на ткани (от 80 до 130 мм рт. ст.). Камеры надувались последовательно, начиная с дистального конца

и заканчивая проксимальным. После наполнения всех камер, после 2-секундной задержки, они сдувались, и процесс начинался заново. Такая процедура длилась от 6 до 8 ч. Среднее уменьшение объема верхней конечности в области запястья составило до 45 %, нижней конечности в области нижней половины голени — до 47 %. По мнению ряда авторов, ПК способна быстро и безопасно уменьшать отек [7]. Однако данные об эффективности применения этого метода противоречивы.

Цель исследования — определить показания и эффективность ПК, а также обозначить возможность использования данного метода в практике лечения лимфатических отеков.

Мануальный лимфодренаж

Главная задача мануального лимфодренажа (МЛД) — подготовить физиологические пути оттока лимфы, через которые вымещаемая последующим давлением бандажа жидкость будет доходить до здоровых участков лимфатической системы (до здоровых ЛУ). Применение этого метода увеличивает абсорбцию богатой белком жидкости и усиливает лимфоангиомоторику. Растяжение — основное движение на коже во время МЛД. За счет него происходят натяжение якорных филаментов и вхождение интерстициальной жидкости в инициальные лимфатические капилляры, а также повышается давление в лимфангионах, что усиливает лимфоангиомоторику [8, 9]. В процессе ПК создается давление на подлежащие ткани, а растяжения кожи не возникает. По этой причине, вероятно, снижается способность вхождения интерстициальной жидкости в лимфатическую систему.

Мануальный лимфодренаж способствует перенаправлению тока жидкости из пораженной конечности в обход заблокированных участков. Методика выполняется следующим образом: подготавливаются ЛУ шеи и живота, стимулируется область здоровых ЛУ, дренируется область здорового квадранта, затем отечный сегмент корпуса и конечность. Мануальный лимфодренаж способствует беспрепятственному поступлению жидкости по существующей поверхностной лимфатической системе в здоровые ЛУ.

Существующий дизайн изделий для ПК не подразумевает воздействия на область здоровых ЛУ. Чтобы приблизиться к последовательности действий, анало-

гичной при МЛД, необходимо использовать изделия с большим количеством камер, покрывающие большую часть тела: в виде высоких штанов, доходящих до области груди при лимфатическом отеке нижней конечности, и в виде куртки при лимфатическом отеке верхней конечности.

В отличие от ПК при выполнении МЛД вручную осуществляется воздействие на сложные области — межкостные промежутки кисти/стопы, пальцы, анатомические углубления в районе щиколоток, локтевого и коленного суставов.

При выполнении МЛД кожа отдыхает от длительного воздействия компрессионного белья. Поскольку массаж обеспечивает релаксирующий и в какой-то степени обезболивающий эффекты, он помогает создать правильный контакт «специалист—пациент». Это особенно важно с учетом того, что большинство больных с лимфостазом имеют психологические проблемы, находятся в состоянии хронического стресса [10]. При проведении МЛД значительно возрастают комплаентность, психологический комфорт, уверенность в результатах и доверие пациента к специалисту. Пневматическая компрессия не может в полной мере реализовать данные психологические эффекты.

По совокупности перечисленных факторов ПК не способна полностью заменить МЛД по механизму действия и ожидаемым эффектам.

Компрессионная терапия

Компрессионная терапия включает биндажирование бинтами низкой степени растяжимости и применение трикотажа плоской вязки. Она основана на градиентном повышении давления в интерстиции конечности и, как следствие, снижении ультрафильтрации и увеличении реабсорбции жидкости. Однако при выполнении данной манипуляции всегда присутствуют субъективные факторы — квалификация, опыт и ощущения специалиста. Этот метод не стандартизирован, поскольку датчики для определения градиента давления не используются. В пневмокомпрессионном же аппарате давление в камерах определяется программой, что позволяет проводить процедуру многократно и независимо от специалиста. Необходимым требованием к прибору для ПК является такой дизайн помпы, при котором дистальные камеры надуваются с большим давлением, чем проксимальные, и давление в них не ослабевает, пока не надуется весь рукав. За счет компрессионной терапии уменьшается просвет лимфатических сосудов и увеличивается линейная скорость лимфотока. Пневматическая компрессия также обеспечивает данный эффект.

Наибольшая эффективность компрессионной терапии достигается в процессе движений, поскольку активируется мышечная помпа — основной механизм транспорта лимфы. Благодаря этой терапии сокраще-

ние скелетной мускулатуры обеспечивает транспорт лимфы через лимфатические сосуды в течение всего времени физической активности, даже при несостоятельной лимфатической системе [11]. В ходе ПК данный компонент не удастся реализовать в полной мере, поскольку во время процедуры человек находится в неподвижном состоянии. При классической компрессионной терапии лимфатическая жидкость перемещается в течение 16–24 ч в соответствии с естественными временными и транспортными способностями лимфатической системы. Пневматическая компрессия под довольно большим давлением (от 80 до 130 мм рт. ст.) в течение небольшого времени (0,5–1 ч) способствует нефизиологическому перемещению жидкости. В связи с этим КФПТ более естественно повторяет транспорт лимфы здорового человека, поскольку благодаря этому методу жидкость преимущественно перемещается внутри лимфатической системы. При использовании ПК в течение короткого времени под воздействием давления и при отсутствии мышечных сокращений скелетной мускулатуры основной объем жидкости перемещается не внутри лимфатической системы, а в интерстиции, что может привести к негативным последствиям, если не будут приняты профилактические меры.

Результаты применения пневматической компрессии

Результаты применения ПК сильно различаются. Исследование 2013 г. с участием 196 пациентов с лимфостазом нижней конечности, которым проводилась ПК, показало, что среднее уменьшение размеров конечности составило 1150 (8 %) мл, при этом у 35 % пациентов конечность уменьшилась более чем на 10 % [12]. В исследовании 2015 г. вошли 100 больных, у которых в качестве лечения вторичного лимфатического отека применялась ПК. Среднее время лечения составило 12 мес, среднее количество сеансов в неделю — 5,3. Объем конечности в области лодыжки уменьшился на 2,8 %, в области голени — на 2 % [13].

В исследовании 2012 г. вошли 30 пациентов с лимфостазом, которые были разделены на 2 группы по 15 человек. В 1-й группе применяли КФПТ, во 2-й — ПК. Авторы не отметили существенной разницы в результатах: среднее уменьшение объема конечности в 1-й группе составило 14,9 %, во 2-й — 12,2 % [14]. В исследовании 2015 г. участвовали 46 пациентов с лимфостазом верхней конечности после радикальной мастэктомии, которые были разделены на 2 группы. В 1-й группе использовалась КФПТ, во 2-й — КФПТ в комбинации с ПК. Авторы не выявили статистически значимой разницы между результатами лечения у пациентов 1-й и 2-й групп [15].

В исследовании S. Naghighat и соавт. 2010 г. вошли 112 пациентов, которые были разделены на 2 группы.

В 1-й группе для лечения лимфостаза верхней конечности использовали КФПТ, а во 2-й — комбинацию КФПТ и ПК. Во время интенсивной фазы в 1-й группе среднее уменьшение объема пораженной конечности составило 43,1 %, во 2-й — 37,5 %. Через 3 мес после терапии в 1-й группе отмечено снижение объема конечности на 16,9 %, во 2-й — на 7,5 %. Подобную разницу в результатах можно объяснить неэффективным протоколом лечения с помощью ПК: аппарат состоял из 4 камер, рабочее давление в камерах составляло 40 мм рт. ст., процедура длилась 30 мин [16].

В метаанализ 2014 г. вошли 7 исследований (данные 287 пациентов). Было выявлено, что применение ПК для лечения лимфатических отеков обосновано, однако не отмечалось существенных различий в эффективности КФПТ в комбинации с ПК или без нее [17]. М. Zaleska и соавт. и W.L. Olszewski и соавт. определили, какой дизайн должен быть у пневмокомпрессионных помп: довольно высокое давление, продолжительное время инфляции, т. е. скорости, с которой надувается камера (50 с), большое количество камер (8–12). Дистальные камеры не должны сдуваться по мере надувания всех проксимальных камер. При данных условиях будет создаваться необходимый градиент давления. Также должны закрываться проксимальные участки корпуса — модель в виде куртки/штанов [18–20].

Осложнения пневматической компрессии

К осложнениям ПК относят отек области корпуса при использовании коротких изделий, закрывающих только верхнюю или нижнюю конечность, гениталий и противоположной конечности. Исследование М. Boris и соавт. (1998) показало наличие отека гениталий у 43 % пациентов с лимфатическим отеком нижних конечностей при проведении ПК [21], однако более поздние исследования (2010–2019 гг.) демонстрируют полное отсутствие таких осложнений [12–16, 18–20].

Наиболее безопасным представляется использование ПК в фазе поддержания результатов, так как уже нет больших объемов жидкости, перемещаемых в подкожно-жировой клетчатке.

Обсуждение

Пневматическая компрессия может иметь преимущество в случаях, когда проведение КФПТ малодоступно из-за различных факторов (к примеру, территориальная удаленность пациента от мест проведения КФПТ), а также невозможно по тем или иным причинам носить компрессионный трикотаж или продолжать бандажирование. Некоторые авторы демонстрируют преимущества использования ПК как дополнения к компрессионному трикотажу в фазе поддержания результата. Актуальная точка применения ПК — пациенты с параличами, у которых работает один из главных механизмов транспорта лимфы — мышечная помпа.

Противопоказания к ПК схожи с таковыми при КФПТ: декомпенсированная хроническая сердечная недостаточность, тромбоэмболия легочной артерии, тромбоз глубоких вен, тромбофлебиты, инфекционные заболевания кожи и подкожно-жировой клетчатки, активный онкологический процесс, ишемические артериальные заболевания.

Заключение

Безусловный недостаток большинства исследований, посвященных применению ПК, — малая выборка пациентов. Помимо этого, достоверность исследований снижает отсутствие стандартизации оборудования для проведения ПК (разные количество камер, время инфляции, рабочее давление) и единого протокола лечения пациентов и методов оценки результата.

С учетом развития современных технологий ПК является перспективным методом комплексного лечения лимфатических отеков, однако для ее повсеместного применения необходимы дальнейшие исследования на большей выборке больных, стандартизация аппаратов ПК и разработка эффективных протоколов лечения с высоким уровнем безопасности. На данный момент говорить о широком внедрении ПК в практику лечения лимфостаза преждевременно. Сегодня для лечения лимфатических отеков рекомендуется использовать ПК в сочетании с КФПТ.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Ивашков В.Ю., Денисенко А.С., Ушаков А.А. Лимфангиосаркома — грозное осложнение лимфостаза: обзор литературы. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2022;14(2):22–7. DOI: 10.17650/2782-3687-2022-14-2-22-27
- Ivashkov V.Yu., Denisenko A.S., Ushakov A.A. Lymphangiosarcoma. Sarkomy kostej, myagkikh tkanej i opukholi kozhi = Bone and soft tissue sarcomas, tumors of the skin 2022;14(2):22–7. (In Russ.). DOI: 10.17650/2782-3687-2022-14-2-22-27
- Norman S.A., Localio A.R., Potashnik S.L. et al. Lymphedema in breast cancer survivors: incidence, degree, time course, treatment, and symptoms. J Clin Oncol 2009;20(27):390–7. DOI: 10.1200/JCO.2008.17.9291
- Vignes S., Porcher R., Arrault M., Dupuy A. Long-term management of breast cancer-related lymphedema after intensive decongestive physiotherapy. Breast Cancer Res Treat 2007;101(3):285–90. DOI: 10.1007/s10549-006-9297-6
- Morris R.J. Intermittent pneumatic compression — systems and applications. J Med Eng Technol 2008;32(3):179–88. DOI: 10.1080/03091900601015147
- Terrier H., Ganascia-Goetschel J., Lary A., Griton P. Pneumatic compression of edema of the limbs. New technic. Nouv Presse Med 1972;1(31):2051–2.
- Terrier H., Ganascia-Goetschel J., Lary A., Griton P. Treatment of lymphedema and different edematous diseases of the extremities

- with a new pneumatic compression apparatus. *Phlebologie* 1972;25(3):319–27. (In French).
7. Richmand D.M., O'Donnell T.F., Zelikovski A. Sequential pneumatic compression for lymphedema. A controlled trial. *Arch Surg* 1985;120(10):1116–9. DOI: 1001/archsurg.1985.01390340014002
 8. Chevillat A.L., McGarvey C.L., Petrek J.A. et al. Lymphedema management. *Semin Radiat Oncol* 2003;13(3):290–301. DOI: 10.1016/S1053-4296(03)00035-3
 9. Leduc O., Leduc A., Bourgeois P., Belgrado J.P. The physical treatment of upper limb edema. *Cancer* 1998;83(12 Suppl. American):2835–9. DOI: 10.1002/(sici)1097-0142(19981215)83:12b+<2835::aid-cncr36>3.0.co;2-v
 10. Penha T.R., Botter B., Heuts E.M. et al. Quality of life in patients with breast cancer-related lymphedema and reconstructive breast surgery. *J Reconstr Microsurg* 2016;32(6):484–90. DOI: 10.1055/s-0036-1572538
 11. Cohen S.R., Payne D.K., Tunkel R.S. Lymphedema: strategies for management. *Cancer* 2001;92(4):980–7. DOI: 10.1002/1097-0142(20010815)92:4+<980::aid-cncr1410>3.0.co;2-e
 12. Muluk S.C., Hirsch A.T., Taffe E.C. Pneumatic compression device treatment of lower extremity lymphedema elicits improved limb volume and patient-reported outcomes. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2013;46(4):480–7. DOI: 10.1016/j.ejvs.2013.07.012
 13. Blumberg S.N., Berland T., Rockman C. et al. Pneumatic Compression improves quality of life in patients with lower-extremity lymphedema. *Ann Vasc Surg* 2016;30:40–4. DOI: 10.1016/j.avsg.2015.07.004
 14. Gurdal S.O., Kostanoglu A., Cavdar I. et al. Comparison of intermittent pneumatic compression with manual lymphatic drainage for treatment of breast cancer-related lymphedema. *Lymphat Res Biol* 2012;10(3):129–35. DOI: 10.1089/lrb.2012.0002
 15. Uzkeser H., Karatay S., Erdemci B. et al. Efficacy of manual lymphatic drainage and intermittent pneumatic compression pump use in the treatment of lymphedema after mastectomy: a randomized controlled trial. *Breast Cancer* 2015;22(3):300–7. DOI: 10.1007/s12282-013-0481-3
 16. Haghighat S., Lotfi-Tokaldany M., Yunesian M. et al. Comparing two treatment methods for post mastectomy lymphedema: complex decongestive therapy alone and in combination with intermittent pneumatic compression. *Lymphology* 2010;43(1):25–33.
 17. Shao Y., Qi K., Zhou Q.H., Zhong D.S. Intermittent pneumatic compression pump for breast cancer-related lymphedema: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Oncol Res Treat* 2014;37(4):170–4. DOI: 10.1159/000360786
 18. Zaleska M., Olszewski W.L., Jain P. et al. Pressures and timing of intermittent pneumatic compression devices for efficient tissue fluid and lymph flow in limbs with lymphedema. *Lymphat Res Biol* 2013;11(4):227–32. DOI: 10.1089/lrb.2013.0016
 19. Zaleska M., Olszewski W.L., Durlak M., Kaczmarek M. A novel clinical test for setting intermittent pneumatic compression parameters based on edema fluid hydromechanics in the lymphedematous calf. *Lymphat Res Biol* 2015;13(3):208–14. DOI: 10.1089/lrb.2014.0038
 20. Zaleska M.T., Olszewski W.L. The effectiveness of intermittent pneumatic compression in therapy of lymphedema of lower limbs: methods of evaluation and results. *Lymphat Res Biol* 2019;17(1):60–9. DOI: 10.1089/lrb.2018.0005
 21. Boris M., Weindorf S., Lasinski B.B. The risk of genital edema after external pump compression for lower limb lymphedema. *Lymphology* 1998;31(1):15–20.

Вклад авторов

В.Ю. Ивашков, А.В. Колсанов, А.Н. Николаенко: научное редактирование;

А.В. Ровная, А.С. Денисенко: обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи, сбор и обработка материала.

Authors' contribution

V.Yu. Ivashkov, A.V. Kolsanov, A.N. Nikolaenko: scientific editing;

A.V. Rovnaya, A.S. Denisenko: review of publications on the topic of the article, article writing, collecting and processing the material.

ORCID авторов / ORCID of authors

В.Ю. Ивашков / V.Yu. Ivashkov: <https://orcid.org/0000-0003-3872-7478>

А.С. Денисенко / A.S. Denisenko: <https://orcid.org/0000-0002-6791-2237>

А.В. Колсанов / A.V. Kolsanov: <https://orcid.org/0000-0002-4144-7090>

А.Н. Николаенко / A.N. Nikolaenko: <https://orcid.org/0000-0003-3411-4172>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 25.12.2023. **Принята к публикации:** 27.01.2024.

Article submitted: 25.12.2023. **Accepted for publication:** 27.01.2024.