

Обзоры

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018

УДК 615.835.1.03:616.14-005.6-084

Сорокина Н.Д., Селицкий Г.В., Подгорная О.А., Жердева А.С.

КЛИНИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕРЫВИСТОЙ ПНЕВМОКОМПРЕССИИ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ТРОМБОЗА ГЛУБОКИХ ВЕН И ТРОМБОЭМБОЛИИ ЛЁГОЧНЫХ АРТЕРИЙ

ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет» имени А.И. Евдокимова, 127473, г. Москва

♦ В обзоре проанализированы и обобщены исследования терапевтического действия прерывистой пневмокомпрессии (ППК). Авторы подчёркивают физиологические различия в основе механизмов воздействия восходящей и нисходящей пневмокомпрессии, проводят сравнение со статической пневмокомпрессией. Анализируются различные методические подходы к использованию пневмокомпрессии и молекулярные аспекты вовлечения фибринолитических механизмов в эффекты ППК. В обзоре использованы не только отечественные и зарубежные научные исследования, но и монографии, учебные пособия, поэтому проанализирован достаточно широкий спектр данных, подтверждающих эффективность превентивного использования ППК для профилактики тромбоза глубоких вен и тромбоэмболии лёгочной артерии.

Ключевые слова: обзор; прерывистая пневмокомпрессия; реабилитация; антитромботический эффект.

Для цитирования: Сорокина Н.Д., Селицкий Г.В., Подгорная О.А., Жердева А.С. Клинико-физиологические показатели использования прерывистой пневмокомпрессии для профилактики тромбоза глубоких вен и тромбоэмболии лёгочных артерий. *Российский медицинский журнал*. 2018; 24(1): 29—34. DOI <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2106-2018-24-1-29-34>

Для корреспонденции: Сорокина Наталья Дмитриевна, доктор биол. наук, профессор кафедры нормальной физиологии и медицинской физики лечебного факультета МГМСУ им. А.И.Евдокимова, 127473, Москва, E-mail: medical-phys12@mail.ru

Sorokina N.D., Selitsky G.V., Podgornaya O.A., Zherdeva A.S.

THE CLINICAL-PHYSIOLOGICAL INDICES OF APPLICATION OF INTERRUPTED PNEUMO-COMPRESSION IN PREVENTION OF THROMBOSIS OF DEEP VEINS AND THROMBOEMBOLISM OF PULMONARY ARTERIES

The A.I. Evdokimov Moscow state university of medicine and dentistry, 127473, Moscow, Russian Federation

♦ The review presents analysis and generalization of studies concerning therapeutic effect of interrupted pneumo-compression. The physiological differences underlining mechanisms of effecting of ascending and descending pneumo-compression are emphasized. The comparison with static pneumo-compression is carried out. The various technical approaches to application of pneumo-compression and molecular aspects of involvement of fibrinolytic mechanisms into effects of interrupted pneumo-compression are analyzed. The review uses both national and foreign scientific studies and monographs and tutorials. This comprehensive approach permits to analyze sufficiently wide spectra of data confirming efficiency of preventive application of interrupted pneumo-compression for preventing thrombosis of deep veins and thromboembolism of pulmonary arteries.

Keywords: review; interrupted pneumo-compression; acute disturbed cerebral circulation; rehabilitation; anti-thrombotic effect.

For citation: Sorokina N.D., Selitsky G.V., Podgornaya O.A., Zherdeva A.S. The clinical-physiological indices of application of interrupted pneumo-compression in prevention of thrombosis of deep veins and thromboembolism of pulmonary arteries. *Rossiiskii meditsinskii zhurnal (Medical Journal of the Russian Federation, Russian journal)*. 2018; 24(1): 29—34. (In Russ.) DOI <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2106-2018-24-1-29-34>

For correspondence: Nataliya D. Sorokina, doctor of biological sciences, professor of the chair of normal physiology and medical physics of the medical faculty of the A.E. Evdokimov Moscow state university of medicine and dentistry, 127473, Moscow, E-mail: medical-phys12@mail.ru

Information about authors:

Sorokina N.D., <http://orcid.org/0000-0002-5709-1041>

Selitsky G.V., <http://orcid.org/0000-0003-0642-4739>

Podgornaya O.A. <http://orcid.org/0000-0002-0102-1650>

Zherdeva A.S. <http://orcid.org/0000-0002-7531-1001>

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

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received 01.09.17

Accepted 26.09.17

Восстановление психических функций и двигательной активности в комплексной восстановительной терапии больных, перенёсших острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), является целью медицинской реабилитации [1, 2]. Одной из важных задач является профилактика тромбозов на этапе реабилитации. Так, у пациентов с ОНМК риск тромбоэмболии отмечается в 20—42% случаев [3].

Поскольку ограничение движений и венозный стаз у пациентов с ОНМК играют наибольшую роль в развитии тромбоза глубоких вен (ТГВ) и тромбоэмболии лёгочной артерии (ТЭЛА), то нефармакологические воздействия на кровоток приобретают всё большее значение [4].

Как одна из эффективных реабилитационных методик прерывистая пневматическая компрессия (ППК) в настоящее время вызывает интерес не только у кли-

нистов, но и у исследователей широкого профиля. ППК — это лечебное периодическое (прерывистое) воздействие на ткани манжетами со сжатым воздухом. ППК проводится с помощью специального компрессора и манжет, разделённых на несколько камер. Последовательное раздувание камер создаёт эффект «бегущей волны», что особенно полезно при отсутствии собственных активных мышечных сокращений. В ходе этой процедуры вместе с жидкостью выводятся токсины и шлаки, активизируется распад жиров, параллельно улучшается циркуляция крови и метаболизм клеток, повышается фибринолитическая активность крови, т.е. устраняется один из ключевых факторов тромбоза.

При использовании устройств с микропроцессорным управлением и электронным хронометражем, позволяющих индивидуально устанавливать время заполнения манжет и поддерживать разный уровень давления на отдельные венозные сегменты, ППК является относительно простым, безопасным и высокоэффективным способом профилактики венозного тромбоза, который можно использовать во время оперативного вмешательства, в послеоперационном периоде, а также в отделении реанимации у больных, находящихся в критическом состоянии. В тех случаях, когда из-за высокого риска кровотечений или по другим причинам использование прямых антикоагулянтов (операции на головном и спинном мозге, органах зрения и слуха, острый геморрагический инсульт и пр.) противопоказано, ППК в современном варианте её проведения является методом выбора [5, 6].

Терминология

Метод лечения больных с использованием пневматической компрессии представлен в отечественной и зарубежной литературе под различными названиями: компрессионная прерывистая пневмотерапия, чередующая пневмокомпрессия, прерывистая пневмокомпрессия, прерывистая последовательная пневматическая компрессия, пневмотерапия, последовательная прескотерапия, наружная пневматическая прерывистая компрессия, прерывистая пневматическая компрессия — *intermittent pneumatic compression* — чаще используется в зарубежных исследованиях [7].

История применения методики прескотерапии

В начале 30-х годов в США тысячи пациентов проходили лечение с использованием так называемых «ботинок» Пирекса (*Rugex boots*) при различных сосудистых заболеваниях нижних конечностей. Прерывистое сдавление тканей в последовательном направлении от периферии к центру создаёт условия для вытеснения застойной лимфы из межтканевого пространства и микроциркуляторного русла в лимфатические сосуды, увеличивает лимфоток по сохранённым путям в центральном направлении и удаляет отёчную жидкость из мягких тканей конечности. В 80-х годах прошлого столетия метод пневмокомпрессии применялся для лечения хронической ишемии конечностей в режиме нисходящей последовательной или бегущей волны. По данным авторов того времени, достигалась хорошая терапевтическая эффективность. Однако физиологические механизмы воздействия нисходящей пневмокомпрессии были противоречивы и не могли объяснить терапевтический эффект. При нисходящей пневмокомпрессии движение крови в дистальном направлении улучшает приток крови в дистальном отделе конечности. Однако для венозной

системы нисходящая пневмокомпрессия проводится в ретроградном направлении, что вызывает повышение давления на всех уровнях венозной системы сегмента конечности вплоть до венозного отдела капилляров, тем самым значительно увеличивая сопротивление притоку крови по артериальному отделу капилляра, в результате возникает целый каскад отрицательных рефлекторных реакций. Поэтому такое воздействие не является физиологичным. При использовании нисходящей пневмокомпрессии были разработаны и успешно используются современные системы импульсной пневмокомпрессии в режиме «стопа» или последовательно «стопа—голень». Для этой цели используются системы с мощным насосом под названием *footpump*, которые обозначаются как *IPCfoot*. Принцип действия этих систем основан на быстром изгнании крови из стопы или последовательно из стопы и голени, по сути это имитация быстрой ходьбы. Как показали углублённые исследования, механизмы, ответственные за увеличение перфузии тканей при *IPCfoot*, основаны на подавлении рефлекса VAR (веноартериальный ответ — фокальный симпатический аксон-рефлекс) и являются результатом снижения периферического сопротивления в венозном отделе капилляра при импульсном освобождении тканей конечности от крови. Независимые исследования показали увеличение кровотока при возрастании артерио-венозного давления в тканях при наружной компрессии конечности. Установлено, что повышение конечной диастолической скорости и снижение пульсационного индекса указывают на то, что при *IPCfoot* периферическое сопротивление кровотоку снижается. Другим фактором воздействия *IPCfoot* является стимуляция продукции эндотелиоцитами таких вазодилатационных факторов, как оксид азота и простагландин, при этом повышается фибринолитическая активность крови. Указанные изменения являются результатом эффекта, возникающего при воздействии прерывистого или периодического давления на ткани и сосуды. Таким образом, механизмы воздействия пневмокомпрессии связаны со стимуляцией физиологических рефлексов и эффектов, основанных на имитации функциональной активности конечности. Следует отметить, что нисходящая пневмокомпрессия не является физиологически обоснованным методом терапевтического воздействия. Наиболее прогрессивными и отражающими современный подход к лечению хронической ишемии конечностей являются системы с импульсным режимом работы, обеспечивающим прерывистый отток крови от конечности [8].

Физиологические механизмы действия пневматической компрессии

При пневматической компрессии снижается градиент гидростатического давления и происходит уменьшение фильтрации жидкости и транспорта газов через стенку эндотелия. За счёт увеличения лимфотока и локального кровотока происходит дренирование межклеточных пространств, увеличение реабсорбции продуктов клеточного метаболизма и уменьшение отёка тканей.

Наличие периодов прерывистого локального повышения атмосферного давления способствует улучшению тонуса сосудов мышечного типа и селективной проницаемости капилляров (стимуляции «мышечно-венозной помпы»). Это приводит к увеличению скорости транскапиллярного обмена веществ и конвекционного потока жидкости между кровью и интерстицием,

улучшению кровоснабжения скелетных мышц и эндотелия артерий эластического типа и вен, повышению фибринолитической активности крови, снижению вязкости крови за счёт нарастания степени деформации эритроцитов [9].

Механизмы воздействия последовательной ППК позволяют устранить все патогенетические звенья лимфедемы. При длительном использовании в течение нескольких лет в результате постоянного механического продвижения лимфы по лимфосудам система ППК позволяет скомпенсировать лимфатические отёки конечностей за счёт развития коллатеральных путей оттока [10].

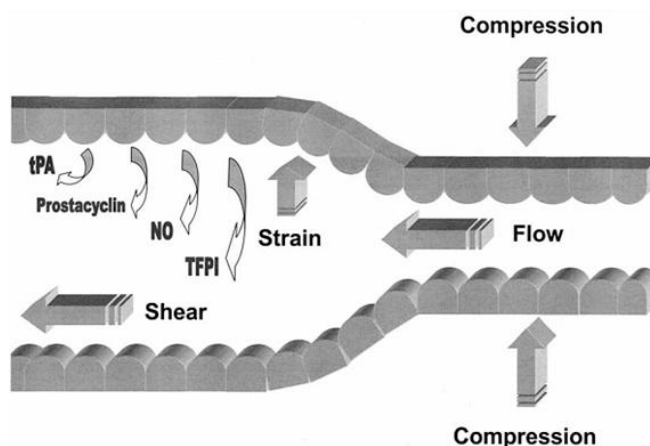
В научном центре сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева проведена сравнительная оценка эффективности пневмомассажного воздействия зарубежных и отечественных систем ППК «Flowtron plus» (фирмы Huntleigh Healthcare, Англия) и «Лимфа-Э» (МИЦ «Аквита», Москва,) на лимфедематозные ткани у больных с лимфедемой (врождённый или приобретённый лимфатический отёк конечности). Способы применения ППК и режимы воздействия для практического использования разработаны отечественными и зарубежными специалистами при различных видах патологии сосудистой системы [11].

Механизм переменного, прерывистого механического воздействия на ткани является эффективным средством внешнего циркулярного массажа не только мягких тканей, но и сосудов различного диаметра, включая и микроциркуляторное русло. Это позволяет изменять регионарную лимфогемодинамику таким образом, что при определённых режимах ППК может усиливать венозный и лимфатический отток с редукцией интерстициальной жидкости [9].

Системы прерывистой пневмокомпрессии позволяют осуществлять автоматический пневматический массаж конечности в режиме вытеснения отёчной жидкости из межтканевого пространства периферических отделов конечности в проксимальные, где она рассасывается естественным путём. Пневматическая компрессия аппаратом для прессотерапии является более эффективной по сравнению со статической компрессией с наложением эластичного бинта и со статической компрессией с использованием компрессионных гольфов. Однако пневмокомпрессию в комплексе с эластичным бинтованием или эластичными чулками с дозированной компрессией можно рекомендовать для длительного домашнего индивидуального консервативного лечения с целью реабилитации больных, профилактики прогрессирующего заболевания и улучшения качества жизни. [8].

Процедура пневматической компрессии категорически запрещена пациентам с острым тромбозом. Побочных эффектов у пневмотерапии всего два: у пациентов со слишком чувствительной кожей после процедуры могут оставаться легкие следы и синяки, а у некоторых пациентов отмечается мочегонный эффект. При этом важно помнить, что врач всегда поможет скорректировать тот или иной эффект, так как уровень давления и другие параметры прессотерапии подбираются индивидуально в зависимости от состояния здоровья и целей лечения.

Прерывистое сдавливание тканей в последовательном направлении от периферии к центру создаёт условия для вытеснения застойной лимфы из межтканевого пространства и микроциркуляторного русла в лимфатические сосуды, увеличивает лимфоток по сохранённым



Эффект воздействия пневматической компрессии на вены или артерии [12].

TFPI — ингибитор пути тканевого фактора; prostacyclin — простациклин; NO — оксид азота; tPA — тканевой активатор плазминогена; compression — компрессия; strain — напряжение; shear — сдвиг.

путям в центральном направлении и удаляет отёчную жидкость из мягких тканей конечности [9].

В зарубежной литературе представлен обзор [12], в котором рассматриваются механизмы действия ППК, среди которых авторы выделяют: механические, физиологические, биохимические. Одна из обобщающих схем взаимодействия всех факторов представлена на рисунке. Под воздействием пневмокомпрессии выделяются: ингибитор пути тканевого фактора, простациклин, оксид азота, тканевой активатор плазминогена, оксид азота (NO).

Ингибитор пути тканевого фактора (TFPI) — главный ингибитор, блокирующий гиперактивацию системы гемостаза при повышенных концентрациях тканевого фактора (TF). TFPI циркулирует в плазме в виде комплекса с липопротеинами низкой и высокой плотности. Около 10% TFPI находится в тромбоцитах, при активации этих клеток тромбином TFPI высвобождается в плазму. Простациклин (prostacyclin), который препятствует агрегации тромбоцитов и вызывает вазодилатацию, — это наиболее активный эндогенный ингибитор агрегации тромбоцитов. В больших концентрациях он угнетает адгезию (прилипание) тромбоцитов к субэндотелиальному слою стенки сосудов (препятствует их взаимодействию с коллагеном). Синтезируется простациклин в основном эндотелием сосудов. Помимо простациклина выделяется оксид азота (NO), ингибирующий агрегацию и адгезию тромбоцитов. Кроме того, тканевой активатор плазминогена (tPA) является компонентом естественной фибринолитической системы человека (тканевой активатор плазминогена). Он образуется клетками эндотелия сосудов и высвобождается в присутствии тромба. Альтеплаза имеет высокое сродство к фибрину (фибрин специфичен). В отсутствие контакта с фибрином (с тромбом) tPA имеет низкую ферментативную активность, но при связывании с фибрином активность tPA по образованию плазмينا из плазминогена возрастает примерно в 1000 раз.

Антитромботический механизм ППК по данным авторов [12] действует через сосуды, мышцы, клетки подкожной клетчатки. Результатом является возрастание синтеза NO, простациклина, активатора тканевого плазминогена, артериального кровотока, рост синтеза ингибитора пути тканевого фактора.

Методические особенности прерывистой прескотерапии

Различные методики ППК применяются в отечественной клинической практике уже достаточно давно и различными авторами считаются полезными [13].

Метод основан на использовании многокамерных компрессионных манжет и дозированном нагнетании в них воздуха под давлением от 20 до 120 мм рт. ст. с помощью специализированного программируемого модуля-насоса. Различная скорость и время нагнетания воздуха позволяют индивидуализировать эту процедуру. На аппарате Press Slim (Италия) продолжительность процедуры 15 мин, а на аппарате Pulstar-2s (Франция) — 10 мин. При длительности процедуры 20 мин и более положительное воздействие прогрессивно переходит из восстановительного в истощающее: мышечный тонус снижается, появляется дрожь, «ватность» и слабость мышц. Вместо позитивных ощущений, которые отмечало большинство обследованных, появляется негативное отношение к этой процедуре с последующим отказом от неё. Давление в манжетах ни в коем случае не должно превышать собственного систолического давления, поскольку в этом случае прекратится приток артериальной крови к массируемой конечности со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Существующие аппараты ППК различаются по силе компрессии конечности (до 180 мм рт. ст.), количеству секций (камер) в манжете и характеру их взаимодействия (изолированные камеры — последовательный тип пневмокомпрессии; связанные — градиентный тип пневмокомпрессии), числу манжет на одну/две/четыре конечности одновременно, режимам работы («бегущая волна», локальное вибрационное воздействие и др.) [14, 15].

Наиболее эффективный режим применения ППК, считают авторы исследования [16], использование давления 120—140 мм рт. ст., частота 3—4 импульса в 1 мин с задержкой в 1—2 с. Исследования проводились в трех группах пациентов. В 1-й группе применялась IPCfoot (импульсная пневмокомпрессия стопы), во 2-й — пневмокомпрессия голени (Calf), в 3-й — стопы и голени. Главным критерием отбора больных для лечения с использованием IPCfoot явилась проходимость подколенной артерии как основного фактора развития коллатерального кровотока на голени и стопе. Скорость кровотока измеряли дуплексным сканированием (HP Sonos 2500) и получили следующие результаты: максимальная скорость кровотока была выше при применении ППК ступня+голень, чем при ППК голени ($p < 0,01$) [16].

Другие авторы [17] наряду с перемежающейся пневматической компрессией в исследовании использовали следующие методы: двуслойные короткие повязки, многослойные компрессионные повязки, Унна сапоги, чулки. 12-камерная прерывистая профилактика тромбозов: пневматическая компрессионная терапия на аппарате Flowtron Hydroven 12 System Device (Huntleigh Healthcare, Великобритания). Все пациенты подвергались компрессии с давлением 60 мм рт. ст. на уровне лодыжки. В верхней камере давление было ниже, уменьшалось с высотой (40 мм рт. ст. в камере на уровне паховой области), время заполнения составляло 60 с, время выпуска — 30 с. Одна процедура длилась 60 мин, пациенты находились в положении лежа. Пневматическая компрессия проводилась 1 раз в день, 5 раз в неделю в течение 2 мес. На фоне лечения отмечалось достоверное уменьшение площади поверхности язвенного дефекта.

Наиболее эффективными оказались методики: ППК, чулки и многослойные компрессионные повязки, при этом по проценту изменения Gilman-индекса и общей площади язвенного дефекта эффективность была сопоставимой [17].

M. Dennis и соавт. [18] сообщают об исследованиях, проведенных у 2876 человек в 94 клиниках Англии. Были включены пациенты после острого инсульта (средний возраст 76 лет). Из них 1438 получали терапию ППК (intermittent pneumatic compression) и 1438 — не получали. Показано, что снижался риск ТГВ у пациентов, получавших терапию ППК.

В работе [19] была предпринята попытка использовать различные индексы с целью контроля эффективности терапии. Так, средний показатель плечелодыжечного индекса в покое при использовании ИРС увеличился на 28%, в контрольной группе показатели не увеличились. Средний плече-лодыжечный индекс после нагрузки увеличился на 110%, а в контрольной группе остался без изменений. Средние значения объёмного кровотока по подколенной артерии увеличились в основной группе на 36%, в контрольной группе не изменились. Начальная дистанция безболевой ходьбы увеличилась на 146%, а у пациентов без использования ИРС эти показатели увеличились незначительно [19].

Использование аппаратной прерывистой (переменной) пневмокомпрессии в предупреждении развития ТЭЛА у больных с ОНМК способствует стимуляции деятельности «мышечно-венозной помпы» голени и восстановлению ёмкостной функции венозной системы, при этом, считают авторы исследования [20], активируется фибринолиз и уменьшается венозный стаз, устраняются локальные воспалительные реакции, стимулируются регенеративно-репаративные процессы.

Сравнительные исследования

Многие исследователи проводили сравнение эффективности медикаментозной профилактики тромбозов и метода ППК. Так, в исследовании [21] в 1-й группе пациентов проводили стандартную профилактику венозных тромбозомболических осложнений, включающую использование эноксапарина (в дозировке 20 мг р-ра/сут) и использование эластичных бинтов длиной растяжимости. Во 2-й группе пациентов стандартную профилактическую терапию, включающую медикаментозную профилактику эноксапарином и использование эластичных бинтов длиной растяжимости, дополняли ППК нижних конечностей с использованием аппарата Express Sequential Compression System Vascular Refill Detection — Kendall SCD 700-series, давление на уровне лодыжек — 45 мм рт. ст., на уровне голени — 40 мм рт. ст. и на уровне бедра — 30 мм рт. ст. Более эффективным оказалось использование ППК [21].

В исследовании [22] сообщается о 500 пациентах, находившихся в отделении интенсивной терапии, которые были разделены на 4 группы. Пациенты 1-й группы получали только ППК из-за наличия противопоказаний к гепаринотерапии, 2-й группы — лечение низкомолекулярными гепаринами (НМГ), 3-й группы — комбинированную терапию — ППК + НМГ. Пациенты 4-й, контрольной, группы не получали ни ППК, ни НМГ. Для пневмокомпрессионной терапии использовался четырехкамерный аппарат ППК (China). Максимальное давление создавалось в области лодыжек, минимальное — в области бёдер, что обеспечивало оптимальный

венозный возврат. Ультразвуковая доплерография выполнялась на 1, 3, 7 и 14-е сутки после поступления. Результаты показали, что НМГ + ППК эффективно предотвращали ТГВ и ТЭЛА. Такая комбинированная терапия имела также преимущества по сравнению с изолированными методиками в профилактике ТГВ. Эффект изолированной ППК не имел значимых различий с НМГ-терапией. Что касается пациентов, имевших высокий риск ТГВ и противопоказания для применения гепарина, ППК, по мнению авторов, может эффективно снизить частоту ТГВ [22].

Ещё одно исследование влияния ППК на клиническую симптоматику было проведено у 34 пациентов с периферическим атеросклерозом или критической ишемией нижних конечностей при невозможности хирургического вмешательства из-за наличия перемежающейся хромоты, хронических болей в покое, чувства онемения в нижних конечностях и ишемической язвы голени/стопы поражённой конечности. Пациенты были рандомизированы на две группы. Пациенты 1-й группы получали лечение методом ППК высокого давления по 60 мин дважды в день в течение 16 нед, пациенты 2-й группы ($n = 16$) использовали стандартную терапию: ЛФК в виде лечебной ходьбы по 20 мин дважды в день в течение 16 нед. Воздействие ППК оказывалось с максимальным давлением 120 мм рт. ст. в течение 20-секундного цикла (время компрессии одного цикла — 4 с, время декомпрессии — 16 с), 3 цикла в минуту. За главную контрольную точку было принято максимальное время безболевой ходьбы (МВБХ). Дополнительные контрольные точки — изменения следующих показателей: лодыжечно-плечевой индекс в покое, заживление язвы, облегчение боли и индекс качества жизни. Данные показатели оценивались до и после лечения. Спустя 4 нед прирост МВБХ незначимо различался в двух группах (17,8% в 1-й группе, 17% — во 2-й). Спустя 16 нед прирост МВБХ достоверно различался (35,5% в 1-й группе, 54,7% во 2-й; $p = 0,043$). Среднее сокращение площади раневой поверхности составило через 12 и 16 нед в 1-й группе 57 и 71% соответственно, во 2-й — 45 и 56%, уровень достоверности различий через 12 и 16 нед соответственно $p = 0,044$ и $p = 0,038$. По сравнению с группой контроля в 1-й группе наблюдалось улучшение таких показателей, как физическая активность и выраженность боли, эти результаты были достоверны спустя 16 нед оцениваемого периода ($p < 0,05$). Таким образом, лечение пациентов, имеющих критическую ишемию нижних конечностей, с использованием метода ППК более эффективно по сравнению с традиционными методами лечения [23].

Из нашего опыта применения семикамерного пневмомассажа «Лимфа-Э» следует, что наиболее эффективной является процедура использования ППК от 35 до 45 мин в режиме «попеременного сдавливания» с максимальным давлением в манжете от 40 до 60 мм рт. ст. и скоростью нарастания давления 10 мм рт. ст. в секунду, общая длительность лечения до 20 дней. На наш взгляд, использование как высокого (120 мм рт. ст.), так и низкого давления будет либо неэффективным, либо вызовет осложнения.

Эффективность реабилитационного эффекта ППК доказывают следующими клинико-неврологическими методами: определяют клинико-физиологические индексы воздействия на венозную систему [22, 23], показатели дуплексного сканирования вен нижних ко-

нечностей [24] и телетермографии транскутанной оксигеметрии, лазерной доплеровской флуометрии, позволяющей не только оценить общий уровень периферической перфузии, но и выявить особенности регуляции микрокровотока [25, 26].

При построении программ физической реабилитации больных с хроническими заболеваниями вен также требуется наличие методики дифференциальной оценки функциональной недостаточности нижних конечностей (стабилометрия, электромиография, подометрия, гониометрия, плантография). Применение метода анализа движений для диагностики и оценки лечебных воздействий вполне обоснованно [27, 28]. Эффекты реабилитации имеют корреляты и в центральной нервной системе [1, 2], их выявляют нейрофизиологическими методами диагностики восстановительного периода.

Заключение

Проанализировав основную литературу, можно сделать вывод о сравнительной эффективности компрессионной терапии: аппаратная прерывистая пневматическая компрессия является более эффективной по сравнению со статической компрессией с наложением эластичного бинта и со статической компрессией с использованием компрессионных гольфов. Воздействие прерывистой пневмокомпрессии снижает объём венозной крови в конечностях, увеличивает скорость потока, уменьшает давление на венозные стенки, улучшает венозное кровообращение и лимфоток, ускоряет капиллярное кровообращение; уменьшает проницаемость капилляров и отёк тканей, увеличивает давление в тканях, обратную фильтрацию, улучшает дренажную функцию жидкостей из тканевого промежутка в вены, капилляры; активирует фибринолиз, оказывает профилактическое действие как противотромбозное средство, улучшает тканевую трофику.

Мы пришли к заключению, что значение прерывистой пневмокомпрессии в профилактике тромботических и тромбоэмболических явлений, в том числе при ОНМК с нарушением движений, достаточно велико. Эта реабилитационная методика может как эффективно дополнить антикоагулянтную терапию, так и полностью заменить её при наличии противопоказаний и риска кровотечения.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА (п. п. 3—5, 7, 12, 15—20, 22, 23, 28 см. REFERENCES)

1. Сорокина Н.Д., Селицкий Г.В., Смирнов В.М. Электрофизиологические корреляты когнитивных функций у больных с постинсультными очагами в левом полушарии головного мозга в стадии реабилитации. *Вестник Российского государственного медицинского университета*. 2011; (4): 48—52.
2. Сорокина Н.Д., Селицкий Г.В. Особенности когнитивных функций и ЭЭГ у больных с инсультом в стадии реабилитации. *Функциональная диагностика*. 2010; (3): 78—9.
3. Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике венозных тромбоэмболических осложнений. *Флебология*. 2015; 9(2): 14—6.
4. Малинин А.А. Дискуссия по статье Е.М. Липницкого. Применение ритмической пневмокомпрессии для лечения больных с хроническими облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2008; (14): 143—9.

9. Левитэ Е.М. *Рекомендации к применению пневмомассажёра «Лимфа Э»*. М.; 2015.
10. Малинин А.А., Прядко С.И., Быкова Н.В. Компрессионная терапия трофических венозных язв нижних конечностей и лимфедемы. *Медицинская кафедра*. 2004; (4): 22—8.
11. Малинин А.А. Системы прерывистой пневматической компрессии для лечения хронических лимфатических отёков в практической медицине. *Поликлиника*. 2002; (2): 18—9.
12. Медведева Е.А., Дьячков В.А., Айдумова О.Ю., Грицин А.В. Пневматическая компрессия в клинической практике: возможности лечебного воздействия на периферическое сосудистое русло. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2017; 12(1): 111—5.
13. Егоров А.Е., Ионкина Н.С., Истомина И.С., Крамаренко Н.И., Меркулова Е.Т., Миронович Т.И. Сравнительная оценка результатов лечения больных хронической венозной недостаточностью с использованием различных физических факторов. *Кремлёвская медицина. Клинический вестник*. 2010; (3): 68—70.
14. Сказкин И.В., Буриков М.А., Лукашев О.В. Применение перемежающейся пневматической компрессии нижних конечностей у пациентов оперируемых лапароскопически. *Современные проблемы науки и образования*. 2015; (4): 337.
15. Стулин И.Д., Дибиров М.Д., Селезнев Ф.А., Подгорная О.А., Сазонова А.Г., Солонский Д.С. и др. Клинико-инструментальная диагностика сочетанной венозной дисфункции мозга и конечностей. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2015; 115(8-1): 61—5.
16. Козлов В.И., Азизов Г.А., Гурова О.А., Литвин Ф.Б. *Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния расстройств микроциркуляции крови. Методическое пособие для врачей*. М.; 2012.
17. Калинин Р.Е., Сучков И.А., Грязнов С.В., Пшеничников А.С., Рудакова И.Н., Слепнев А.А. Компьютерная фотоплетизмография в оценке функции эндотелия. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2016; 11(1): 91—3.
18. Скворцов Д.В. *Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия*. М.; 2007.
19. Malinin A.A. System intermittent pneumatic compression for treatment of chronic lymphatic edema in the practice of medicine. *Po-liklinika*. 2002; (2): 18—9. (in Russian)
20. Chen A.H., Frangos S.G., Kilaru S., Sumpio B.E. Intermittent pneumatic compression devices — physiological mechanisms of action. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2001; 21(5): 383—92.
21. Medvedeva E.A., D'yachkov V.A., Aydumova O.Yu., Gritsin A.V. Pneumatic compression in clinical practice: possible therapeutic effects on peripheral bloodstream. *Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza*. 2017; 12(1): 111—5. (in Russian)
22. Egorov A.E., Ionkina N.S., Istomina I.S., Kramarenko N.I., Merku-lova E.T., Mironovich T.I. Comparative assessment of results of treatment of patients with chronic venous insufficiency with the use of various physical factors. *Klinicheskiy vestnik*. 2010; (3): 68—70. (in Russian)
23. Hankey G.J. Intermittent pneumatic compression after stroke. *Lancet Neurol*. 2014; 13(12): 1163—5.
24. Delis K.T., Slimani G., Hafez H.M., Nicolaides A.N. Enhancing venous outflow in the lower limb with intermittent pneumatic compression. A comparative haemodynamic analysis on the effect of foot vs. calf vs. foot and calf compression. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2000; 19(3): 250—60.
25. Dolibog P.A., Franek A., Taradaj J., Dolibog P., Blaszczyk E., Polak A., et al. A Comparative Clinical Study on Five Types of Compression Therapy in Patients with Venous Leg Ulcers. *Int. J. Med. Sci.* 2013; 11(1): 34—43.
26. Dennis M., Sandercock P., Reid J., Graham C., Forbes J., Murray G. Effectiveness of intermittent pneumatic compression in reduction of risk of deep vein thrombosis in patients who have had a stroke (CLOTS 3): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet*. 2013; 382(9891): 516—24.
27. Delis K.T., Azizi Z.A., Stevens R.J., Wolfe J.H., Nicolaides A.N. Optimum intermittent pneumatic compression stimulus for lower-limb venous emptying. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2000; 19(3): 261—9.
28. Dennis M., Sandercock P., Murray G., Forbes J. Does intermittent pneumatic compression reduce the risk of post stroke deep vein thrombosis? The CLOTS 3 trial: statistical analysis plan. *Trials*. 2013; 14: 66.
29. Skazkin I.V., Burikov M.A., Lukashev O.V. The use of intermittent pneumatic compression of lower extremities in patients operated laparoscopically. Modern problems of science and education. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015; (4): 337. (in Russian)
30. Wan B., Fu H.Y., Yin J.T., Ren G.Q. Low-molecular-weight heparin and intermittent pneumatic compression for thromboprophylaxis in critical patients. *Exp. Ther. Med.* 2015; 10(6): 2331—6.
31. Alvarez O.M., Wendelken M.E., Markowitz L., Comfort C. Effect of high-pressure, intermittent pneumatic compression for the treatment of peripheral arterial disease and critical limb ischemia in patients without a surgical option. *Wounds*. 2015; 27(11): 293—301.
32. Stulin I.D., Dibirov M.D., Seleznev F.A., Podgornaya O.A., Sazonova A.G., Solonskiy D.S., et al. Clinical and instrumental diagnostics of concomitant venous dysfunction of the brain and extremities. *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2015; 115(8-1): 61—5. (in Russian)
33. Kozlov V.I., Azizov G.A., Gurova O.A., Litvin F.B. *Laser Doppler Flowmetry in the Assessment of Disorders of Microcirculation. Methodical Manual for Physicians [Lazernaya dopplerovskaya floumetriya v otsenke sostoyaniya rasstroystv mikrotsirkulyatsii krovi. Metodicheskoe posobie dlya vrachej]*. Moscow; 2012. (in Russian)
34. Kalinin R.E., Suchkov I.A., Gryaznov S.V., Pshennikov A.S., Ruda-kova I.N., Slepnev A.A. Computer photoplethysmography in the assessment of endothelial function. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova*. 2016; 11(1): 91—3. (in Russian)
35. Skvortsov D.V. *Diagnostics of motor pathology by instrumental methods: gait analysis, stabilometry [Diagnostika dvigatel'noy patologii instrumental'nymi metodami: analiz pokhodki, stabilometriya]*. Moscow; 2007. (in Russian)
36. Zhukov B., Katorkin S. Biomechanical monitoring of patients with chronic venous insufficiency of the lower extremities. 50 Annual Meeting of the German Society of Phlebology. *Phlebologie*. 2008; (4): 16—7.
1. Sorokina N.D., Selitskiy G.V., Smirnov V.M. The Electrophysiological correlates of cognitive functions in patients with posts ischemic lesions in the left hemisphere of the brain at the stage of rehabilitation. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2011; (4): 48—52. (in Russian)
2. Sorokina N.D., Selitskiy G.V. Peculiarities of cognitive functions and EEG of stroke patients under rehabilitation. *Funktsional'naya diagnostika*. 2010; (3): 78—9. (in Russian)
3. Kahn S.R., Lim W., Dunn A.S., Cushman M., Dentali F., Akl E.A., et al. Prevention of VTE in nonsurgical patients: antithrombotic therapy and prevention of thrombosis: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2012; 141(2 Suppl.): 195—226.
4. Schellhaab A. The diagnosis and treatment of acute pulmonary embolism. *Deutsches Arztebl. Int.* 2010; 107: 589—95.
5. Stevens S.M., Woller S.C. Intermittent pneumatic compression in patients with stroke. *Lancet*. 2013; 382(9891): 484—6.
6. Russian clinical recommendations for diagnosis, treatment and prevention of venous thromboembolic complications. *Flebologiya*. 2015; 9(2): 14—6. (in Russian)
7. CLOTS (Clots in Legs Or sTockings after Stroke) Trials Collaboration. Effect of intermittent pneumatic compression on disability, living circumstances, quality of life, and hospital costs after stroke: secondary analyses from CLOTS 3, a randomised trial. *Lancet Neurol*. 2014; 13(12): 1186—92.
8. Malinin A.A. Discussion on the article of E.M. Lipnitsky. The use of rhythmic pneumocompression for the treatment of patients with chronic obliterating diseases of lower limb arteries. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya*. 2008; (14): 143—9. (in Russian)
9. Levite E.M. *Recommendations for Use of Massagers «Lymph-E» [Rekomendatsii k primeneniyu pnevnotmassazhera «Limfa E»]*. Moscow; 2015. (in Russian)
10. Malinin A.A., Pryadko S.I., Bykova N.V. Compression therapy of venous trophic ulcers of the lower limbs and lymphedema. *Meditsinskaya kafedra*. 2004; (4): 22—8. (in Russian)

REFERENCES