

© Коллектив авторов, 2017
УДК 615.81:616.13-004.6:616.147
DOI – <http://doi.org/10.14300/mnnc.2017.12032>
ISSN – 2073-8137

ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ КОМПРЕССИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ: ВОЗМОЖНОСТИ ЛЕЧЕБНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЕРИФЕРИЧЕСКОЕ СОСУДИСТОЕ РУСЛО

Е. А. Медведева¹, В. А. Дьячков¹, О. Ю. Айдумова¹, А. В. Грицин²

¹ Самарский государственный медицинский университет, Россия

² Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, Россия

PNEUMATIC COMPRESSION IN CLINICAL PRACTICE: POSSIBILITIES OF THERAPEUTIC EFFECTS ON THE PERIPHERAL VASCULAR BED

Medvedeva E. A.¹, Diachkov V. A.¹, Aidumova O. Yu.¹, Gritsin A. V.²

¹ Samara State Medical University, Russia

² Samara National Research University named after Academician S. P. Korolev, Russia

Освещены современные данные о применении метода пневматической компрессии в клинической практике у пациентов с заболеваниями периферического сосудистого русла. Обсуждаются аспекты эффективности и безопасности пневмокомпрессии в профилактике венозных тромбоэмболических событий, в лечении хронической венозной недостаточности и хронической ишемии нижних конечностей.

Ключевые слова: пневматическая компрессия, профилактика венозных тромбоэмболий, атеросклероз артерий нижних конечностей

This review highlights recent data on the use of pneumatic compression in clinical practice in patients with diseases of the peripheral vascular bed. The aspects of pneumocompression efficacy and safety in the prevention of venous thromboembolic events, in treatment of chronic venous insufficiency and chronic lower limbs ischemia are discussed.

Keywords: pneumatic compression, prevention of venous thromboembolism, peripheral arterial disease

Большое число современных исследований посвящено оптимизации неинвазивного и немедикаментозного лечебного воздействия на сосудистую систему человека. Актуализация этой проблемы ассоциирована с ростом распространённости в популяции патологии венозного и артериального сосудистых бассейнов. Из многообразия методов немедикаментозного лечения периферических сосудов наиболее обоснованным и широко применяемым как в отечественной, так и зарубежной практике является перемежающаяся пневмокомпрессия (ППК).

Пневмокомпрессия – аппаратный метод механического воздействия, основанный на перемещении крови, лимфы и межклеточной жидкости под действием внешнего сдавливания мягких тканей какой-либо части тела.

Клинические возможности переменной пневмокомпрессии зависят от технических характеристик аппаратуры, посредством которой она выполняется. Предложена классификация аппаратов, основанная на их функциональности и клинических возможностях [1]: I класс – пневматическая медицинская техника с принципами действия, отличными от переменной пневмокомпрессии (противошоковые костюмы, противопролежневые

матрасы, пневмовибрационные устройства, массажные кресла, аппараты контрпульсации); II класс – аппараты для переменной пневмокомпрессии, применение которых возможно без врачебного контроля с целью улучшения общего самочувствия или косметологической коррекции; III класс – аппараты для переменной пневмокомпрессии, применяемые обычно под контролем врача для профилактики, лечения и (или) реабилитации одного или нескольких схожих по патогенезу заболеваний периферических сосудов; IV класс – аппараты для переменной пневмокомпрессии, применяемые обычно под контролем врача с целью профилактики, лечения и реабилитации различных по локализации и патогенезу заболеваний.

Применение пневмокомпрессии для воздействия на венозное сосудистое русло

Обсуждая особенности воздействия на венозную систему, необходимо выделить 2 главных аспекта такого применения: профилактическое – для предупреждения развития осложнений и лечебное – при различных патологических состояниях.

ППК – один из наиболее эффективных методов профилактики тромбоза глубоких вен, так как его действие направлено на коррекцию основных патогенетических звеньев развития тромбоза. В механизмах

воздействия ППК на венозную систему можно выделить следующие аспекты: пневмокомпрессия увеличивает скорость и объем кровотока, предотвращает дилатацию вен, снижает риск возникновения микротрещин, сокращает риск обнажения субэндотелиального коллагена, сокращает возможность склеивания тромбоцитов и лейкоцитов, увеличивает фибринолитическую активность.

Роли механических методов в профилактике тромбоза глубоких вен (ТГВ) нижних конечностей и тромбозэмболических осложнений посвящен ряд крупных исследований.

CLOTS 3 – рандомизированное контролируемое многоцентровое исследование (94 госпиталя Великобритании), включившее 2486 пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения по ишемическому или геморрагическому типу, оценивало профилактическую роль ППК в развитии тромбоза глубоких вен при вынужденной иммобилизации. Критериями исключения были субарахноидальное кровоизлияние, пороки сердца, тяжёлый периферический атеросклероз, раны/повреждения кожи, препятствующие процедуре ППК. Рандомизация была на 2 группы: стандартная терапия, стандартная + ППК.

Пневмокомпрессия осуществлялась с применением системы Kendall SCD™ (Covidien Ltd, Mansfield, MA, USA) согласно протоколу производителя в течение 30 дней. Первичная конечная точка – развитие ТГВ голени или бедра, верифицированная УЗДГ или венографией в течение 30 дней с момента рандомизации. Вторичная конечная точка – ТГВ или ТЭЛА, смертность, функциональный статус, качество жизни через 6 месяцев. Таким образом, по первичной конечной точке снижение абсолютного риска составило 3,6 % (95 % ДИ 0,51–0,84, $p=0,001$). По вторичным конечным точкам было показано, что ППК достоверно снижает риск проксимального симптомного и бессимптомного ТГВ, при этом не отмечалось значимого снижения ТЭЛА. Выявлялось недостоверное снижение смертности в группе ППК-терапии по сравнению с группой сравнения в течение 30 дней. Кроме того, в модели Кокса продемонстрировано снижение вероятности смерти в течение 6 месяцев в группе пациентов, получавших ППК – ОР 0,86 (95 % ДИ 0,74–0,99, $p=0,042$). По функциональному статусу и качеству жизни достоверных различий между группами не было выявлено [5].

В проспективном рандомизированном исследовании сравнивалась профилактическая эффективность применения двух устройств пневматической компрессии в развитии ТГВ у пациентов, перенесших операции на коленных суставах и позвоночнике и имеющих промежуточный и высокий риск венозных тромбозов (ВТЭ). В исследовании использовались 2 устройства: ASCD – последовательного сжатия – 1 группа пациентов ($n=17$) и SCD – устройство с опцией и одновременного, и последовательного сжатия – 2 группа пациентов ($n=17$). Всем пациентам градуированная компрессия проводилась на госпитальном этапе: во время операции и в течение послеоперационного периода 6 циклов компрессии в день (1 цикл включал 2-часовую постоянную компрессию с последующим 2-часовым перерывом). В качестве первичной точки оценивались верифицированные случаи ТГВ по данным ультразвуковой доплерографии, в качестве вторичной точки анализировались параметры венозной гемодинамики. Оба метода показали сопоставимую эффективность как по клиническим (в первой группе 2 случая ТГВ, во второй – 5 ($p=0,331$), так и по физиологическим эффектам [8].

Крупное ретроспективное исследование, проведенное в Китае в период с 2010 по 2014 год с включением 500 пациентов, находящихся в отделении интенсивной терапии (с черепно-мозговыми травмами, политравмой, острым панкреатитом, эндокардитом, после онкологических операций, протезирования суставов), было направлено на оценку эффективности ППК в профилактике ВТЭ. Пациенты были разделены на 4 группы: 1 группа ($n=95$) – получавшая только ППК ввиду наличия противопоказаний к гепаринотерапии; 2 группа ($n=185$) – пациенты, получавшие лечение низкомолекулярными гепаринами (НМГ); 3 группа ($n=75$) – группа комбинированной терапии: ППК+НМГ; 4 – контрольная группа ($n=145$) без использования ППК и НМГ. Для пневмокомпрессионной терапии использовался четырехкамерный аппарат ППК (Wonjin manufacturer, Shengsi Haichuan Medical Equipment Co. Ltd., Shanghai, 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 сутки после поступления.

Результаты данного исследования свидетельствуют о том, что НМГ в сочетании с ППК эффективно предотвращали ТГВ и ТЭЛА. Такая комбинированная терапия имела также преимущества по сравнению с изолированными методиками в профилактике ТГВ (0 случаев по сравнению с 7 и 15 в 1 и 2 группах соответственно, $p<0,01$). Эффект изолированной ППК был сопоставим с НМГ-терапией. Что касается пациентов, имевших высокий риск ТГВ и противопоказания для применения гепарина ППК, по мнению авторов, может эффективно снизить частоту ТГВ при выборочном применении на основании индивидуальной оценки состояния пациента [17].

Таким образом, ППК в отдельных клинических ситуациях можно рассматривать в качестве альтернативы фармакопрофилактике, что отмечено и в рекомендации Американского колледжа врачей (ACP) [11].

В то же время вариабельность профилактической эффективности ППК определяется многими факторами, среди которых отдельно нужно отметить характеристики когорты пациентов и опции применяемых устройств (конструкция, режимы и др.). В 2015 году под эгидой ESP (evidence based program) center опубликован систематический обзор данных, посвящённый сравнительной эффективности различных устройств ППК (в котором оценивались смертность, ВТЭ, симптомные и бессимптомные ТГВ, большие кровотечения, простота использования) у послеоперационных хирургических пациентов и госпитализированных с высоким риском ВТЭ [12]. Из таблицы видно, что сила доказательности применения ППК у хирургических пациентов и у нехирургических, но высокого риска, по имеющимся данным пока недостаточная, что требует проведения дальнейших исследований.

Особой уже лечебной проблемой является образование трофических язв при хронической венозной недостаточности. По данным европейских исследований, частота рецидивирующих язв колеблется в пределах 20–23 % за 5-летний период наблюдения, такое хроническое течение язв значительно ухудшает качество жизни пациентов, приводит их к социальной изоляции. Большое число клинических исследований было посвящено эффективности методов компрессии в лечении венозных язв, но лишь немногие из них сравнивали между собой разные методики компрессии [11].

Таблица

**Значение перемежающейся пневмокомпрессии
в снижении частоты венозных тромбозов
(адаптировано по J. M. Pavon et al.) [12]**

Исход	Количество исследований (пациентов)	Дизайн исследования/риск смещения	Оценка эффекта	Сила доказательности
ППК в сравнении с антикоагулянтами у хирургических пациентов				
Смертность	4 (869)	РКИ/высокий	ОР 1,57 (0,76–3,26)	Недостаточная
Случаи ВТЭ	8 (1528)	РКИ/умеренный	ППК изолированно ОР 1,39 (0,73–2,64); ППК+НМГ ОР 0,27 (0,05–1,64)	Низкая
Любой ТГВ	10 (1716)	РКИ/умеренный	ППК изолированно ОР 1,27 (0,81–2,0); ППК+НМГ ОР 0,28 (0,04–1,79)	Низкая
Большие кровотечения	4 (772)	РКИ/умеренный	ОР 0,33 (0,07–1,51)	Низкая
ППК в сравнении с антикоагулянтами у госпитализированных пациентов				
Смертность	1 (442)	РКИ/высокий	Отсутствие событий	Недостаточная
Случаи ВТЭ	1 (442)	РКИ/высокий	Больше событий в группе ППК (7 против 2), но $p=n/d$	Недостаточная
Любой ТГВ	2 (679)	РКИ/высокий	Больше событий в группе ППК (14 против 6), но $p=n/d$	Недостаточная
Большие кровотечения	1 (442)	РКИ/высокий	Одинаковое количество событий	Недостаточная
Прямое сравнение ППК у хирургических и нехирургических пациентов				
Смертность	1 (423)	РКИ/умеренный	1 смертельный исход	Недостаточная
Случаи ВТЭ	1 (423)	РКИ/умеренный	Меньше ВТЭ с VenaFlow в сравнении с Kendall SCD	Низкая
	2 (143)	РКИ/высокий	Отсутствие различий между Kendall SCD и Plexipulse	Недостаточная
Любой ТГВ	1 (423)	РКИ/умеренный	Меньше ВТЭ с VenaFlow в сравнении с Kendall SCD	Низкая
	2 (143)	РКИ/высокий	Отсутствие различий между Kendall SCD и Plexipulse	Недостаточная
Большие кровотечения	Нет	-	-	Недостаточная

Комплексная оценка эффективности различных видов компрессионной терапии при венозных язвах проводилась в проспективном рандомизированном исследовании 147 больных в период с 2010 по 2013 год (Силезия, Польша). В качестве конечных

точек определялись длина, ширина и глубина язвенного дефекта, общая площадь язвенной поверхности; процесс заживления оценивался по модифицированному Gilman-индексу. Наряду с перемежающейся пневматической компрессией исследовались следующие методы: двуслойные короткие повязки, многослойные компрессионные повязки, Унна – «сапоги», чулки. 12-камерная прерывистая пневматическая компрессионная терапия проводилась с применением аппарата 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 секунд, время выпуска 30 секунд. Одна процедура длилась 60 минут, пациенты находились в положении лежа. Пневматическая компрессия проводилась 1 раз в день, 5 раз в неделю в течение 2 месяцев. 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 [6].

Применение пневмокомпрессии для воздействия на периферическое артериальное русло

По данным шведского популяционного исследования, распространённость поражения артерий нижних конечностей у людей в возрасте от 60 до 90 лет составила 18 %, перемежающейся хромоты – 7 %. Безусловно, учитывая старение населения, сохраняющийся высокий уровень в популяции таких факторов риска, как курение, сахарный диабет, проблема лечения этой патологии будет все более актуализироваться. ППК является относительно новой опцией немедикаментозного воздействия при хронической ишемии нижних конечностей (ХИНК), которая не включена в рекомендации ввиду небольшого числа клинических исследований [16].

Было проведено кросс-секционное исследование пятнадцати пациентов с перемежающейся хромотой в Клиническом научно-практическом центре госпиталя Куала-Лумпур (Малазия) с января 2009 года по август 2009 года. Оценивалось влияние изменения положения тела (в позициях лежа на спине, сидя и стоя) и сегментарной перемежающейся компрессии стопы и голени на величину среднего систолического кровотока в подколенной артерии у пациентов с перемежающейся хромотой. Величина систолического кровотока оценивалась сразу после пневмовоздействия и спустя 10 минут. Для оценки кровотока применяли дуплексное ультразвуковое сканирование (Philips HD11XE, США). В исследование были включены пациенты старше 40 лет с верифицированной ХИНК, имеющие II стадию ишемии по классификации Фонтейна. Было отмечено достоверное ($p<0,05$) последовательное снижение систолического кровотока в подколенной артерии при изменении положения тела, а сразу после пневмовоздействия средний уровень систолического потока увеличивался у всех пациентов в диапазоне 29–335 % (медиана – 75 %) ($p<0,05$). Полученные данные продемонстрировали положительный эффект сегментарной перемежающейся пневматической компрессии на артериальный кровоток [4].

На базе отделения сосудистой и эндоваскулярной хирургии Западного сосудистого института UCHG (Голуэй, Ирландия) было проведено изучение при-

менения сегментарной биомеханической компрессии (СБМК) у 189 пациентов с критической ишемией нижних конечностей и невозможностью проведения реконструктивного вмешательства на сосудах. Воздействию СБМК в течение 3 месяцев был подвергнут 171 пациент. Критериями включения явились: категория по Рутерфорду ≥ 4 ; прием менее 6 месяцев антиагрегантов, статинов, антикоагулянтов, антигипертензивных препаратов; необходимость приема комбинации из двух анальгетиков или опиатов для купирования болевого синдрома; невозможность проведения реконструктивного вмешательства. СБМК проводилась на устройстве Art Assist Unit (ACI Medical, San Marcos, Calif) с повышением давления до максимального значения в 120 мм рт. ст. и снижением его до 0 мм рт. ст. Время компрессии составляло 4 секунды, декомпрессии – 16 секунд, общее время одного цикла 20 секунд, 3 цикла в минуту. Воздействие оказывалось в течение 3 месяцев по 3 часа дважды в день. Первая конечная точка исследования – сохранение конечности и 30-дневная смертность. Второй конечной точкой явились гемодинамические эффекты компрессионного воздействия (изменение кровотока в подколенной артерии и величина пальцевого давления), заживление язвы, облегчение симптомов болезни и отсутствие патологических симптомов от применения СБМК, оценка экономического эффекта компрессионной терапии. После применения СБМК прирост кровотока составил 20,47 см/сек ($p < 0,001$). Смертность за 30-дневный период составила 0,6 %. Сохранение пораженной конечности в течение 3,5 лет наблюдалось у 94 % пациентов. Отсутствие неблагоприятных клинических событий в течение 4,5 лет наблюдалось в 62,5 % случаев. На лечение 171 пациента методом СБМК было затрачено 681948€, что в расчете на одного пациента составляет 3988€. В результате исследования был сделан вывод, что СБМК-терапия – это экономически и клинически эффективный метод лечения пациентов с критической ишемией нижних конечностей и отсутствием возможности реконструктивного вмешательства на сосудах, который позволяет сохранить конечность, снизить выраженность болевого синдрома без оперативного вмешательства [15].

Еще одно исследование влияния прерывистой пневмокомпрессии высокого давления на клиническую симптоматику у пациентов с периферическим атеросклерозом или критической ишемией нижних конечностей при невозможности хирургического вмешательства было проведено на тридцати четырех пациентах с наличием перемежающейся хромоты, хронических болей в покое, чувством онемения в нижних конечностях и ишемической язвой голени/стопы пораженной конечности. Больные были рандомизированы на 2 группы. Пациенты 1 группы ($n=18$) получали лечение методом ППК высокого давления 60 минут дважды в день в течение 16 недель, больные 2 группы ($n=16$) использовали стандартную терапию: ЛФК в виде лечебной ходьбы 20 минут дважды в день в течение 16 недель. Пневмокомпрессионное воздействие оказывалось с максимальным давлением 120 мм рт. ст. в течение 20-секундного цикла (время компрессии одного цикла – 4 секунды, время декомпрессии – 16 секунд), 3 цикла в минуту. За главную контрольную точку было принято максимальное время безболевого ходьбы (МВБХ). Дополнительные контрольные точки – изменения следующих показателей: лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ) в покое, заживление язвы, облегчение боли и индекс качества жизни. Данные показатели оценивались до и после

лечения. Спустя 4 недели прирост максимального времени безболевого ходьбы незначимо различался между двумя группами лечения (17,8 % в первой группе, 17 % – во второй). Спустя 16 недель прирост МВБХ достоверно различался между группами (35,5 % – 1 группа, 54,7 % – 2 группа, $p=0,043$). Среднее сокращение площади раневой поверхности составило через 12 и 16 недель в первой группе 57 и 71 % соответственно, во второй – 45 и 56 %, уровень достоверности различий через 12 и 16 недель соответственно – $p=0,044$ и $p=0,038$. По сравнению с группой контроля в первой группе наблюдалось улучшение таких показателей, как физическая активность и выраженность боли, эти результаты были достоверны спустя 16 недель 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 [3].

У пациентов с ХИНК были изучены гемодинамические эффекты перемежающейся пневматической компрессии. Для лечения в сравнительном аспекте применяли два аппарата: градиентную помпу «GP», которая представляет собой устройство с усовершенствованным терапевтическим циклом, и аппарат последовательной пневмокомпрессии – «SFC» (ArtAssist ACI Medical, LLC San Marcos, CA, USA) со стандартной методикой воздействия (давление 120 мм рт. ст., 3 цикла в минуту: 6 секунд компрессии на стопу и голень, 17 секунд декомпрессии). GP характеризуется следующим оперативным циклом: фаза сжатия 20 секунд, фаза декомпрессии продолжительностью 40 секунд (1 цикл – 1 минута). Устройство применялось после 10-минутного отдыха в положении лежа на спине. Режим для GP: 5 минут работы (устройство включено) с последующим 5-минутным отдыхом (устройство отключено), в общей сложности 20 минут работы и 35 минут полного лечения при давлении, соответствующем систолическому артериальному давлению минус 20 мм рт. ст. с максимальным значением 120 мм рт. ст. Воздействие на сосудистое русло нижних конечностей оценивалось по изменению перфузии стопы с применением ближней инфракрасной спектроскопии, постоянно волновой системы Oxymon-MK III, Artinis Medical Systems, Netherlands. При этом измерялась концентрация окси- и дезоксигемоглобина исходно и в течение всей процедуры. Всем пациентам проводилась ультразвуковая доплерография артерий нижних конечностей до воздействия, в период рабочего цикла и после окончания лечения. У пациентов при применении GP по сравнению с традиционной последовательной пневмокомпрессией отмечалось достоверное преимущество в улучшении оксигенации стопы в гемодинамическом ответе. Таким образом, можно заключить, что клинический эффект зависит от метода и режима пневмокомпрессии [9].

Заключение. Пневмокомпрессия как метод лечения заболеваний периферического сосудистого русла представляет большой интерес, в том числе для изучения механизмов и эффектов воздействия: от клинических, гемодинамических до молекулярных [2, 7, 10, 14, 18]. Возможность применения разных устройств, различных режимов воздействия, оценка эффекта с использованием спектра инструментальных методов создают перспективу для использования пневмокомпрессии в рамках персонализированной медицины, ориентированной на пациента, актуализируют поиск неинвазивных и немедикаментозных методов профилактики и лечения социально значимых заболеваний.

Литература

1. Таршинова, Л. А. Теория и практика объемного пневмомпрессинга / Л. А. Таршинова, Т. В. Ельчиц, Д. В. Зайцев. – Saarbrücken : LAP Lambert Academic Publishing, 2015. – 254 с.
2. Швальб, П. Г. Влияние перемежающейся пневмокомпрессии на выработку оксида азота как основного маркера эндотелиальной дисфункции у пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей / П. Г. Швальб, П. Е. Калинин, А. С. Пшеников, И. А. Сучков // *Новости хирургии*. – 2011. – Т. 19, № 3. – С. 77–81.
3. Alvarez, O. M. Effect of High-pressure, Intermittent Pneumatic Compression for the Treatment of Peripheral Arterial Disease and Critical Limb Ischemia in Patients without a Surgical Option / O. M. Alvarez, M. E. Wendelken, L. Markowitz, C. Comfort // *Wounds*. – 2015. – № 27 (11). – P. 293–301.
4. Anthonysamy, D. The effect of sequential intermittent pneumatic compression of foot and calf on popliteal artery mean systolic blood flow in patients with intermittent claudication / D. Anthonysamy, Z. A. Azizi, H. M. Tajri // *Asian J. Surg.* – 2012. – № 35. – P. 131–135.
5. Dennis, M. The Clots in Legs Or sTockings after Stroke (CLOTS) 3 trial: a randomised controlled trial to determine whether or not intermittent pneumatic compression reduces the risk of post-stroke deep vein thrombosis and to estimate its cost-effectiveness / M. Dennis, P. Sandercock, C. Graham, J. Forbes // *Health Technol. Assess.* – 2015. – № 19 (76). – P. 1–118. doi: 10.3310/hta19760
6. Dolibog, P. A. A Comparative Clinical Study on Five Types of Compression Therapy in Patients with Venous Leg Ulcers / P. A. Dolibog, A. Franek, J. Taradaj [et al.] // *Intern. J. Med. Sci.* – 2014. – № 11 (1). – P. 34–43. doi: 10.7150/ijms.7548.
7. Heffernan, K. S. Manipulation of arterial stiffness, wave reflections, and retrograde shear rate in the femoral artery using lower limb external compression / K. S. Heffernan, W. K. Lefferts, A. G. Kasprowicz [et al.] // *Physiol. Reports*. – 2013. – № 1 (2). – P. 1–11. doi: 10.1002/phy2.22
8. Koo, K. H. Comparison of Efficacy of Intermittent Sequential Pneumatic Compression Devices in Preventing Deep Vein Thrombosis / K. H. Koo, J. S. Choi, J. H. Ahn [et al.] // *Clin. Orthopedic Surg.* – 2014. – № 6. – P. 468–475.
9. Manfredini, F. Acute oxygenation changes on ischemic foot of a novel intermittent pneumatic compression

References

1. Tarshinova L. A., Elchiz T. V., Zajcev D. V. Teoriya i praktika obmnogo pnevmopressinga. Saarbrücken: «LAP Lambert Academic Publishing», 2015.
2. Shval'b P. G., Kalinin R. E., Pshennikov A. S., Suchkov I. A. *Novosti hirurgii. – News surgery*. 2011;19(3):77-81.
3. Alvarez O. M., Wendelken M. E., Markowitz L., Comfort C. *Wounds*. 2015;27(11):293-301.
4. Anthonysamy D., Azizi Z. A., Tajri H. M. *Asian J. Surg.* 2012;35:131-135.
5. Dennis M., Sandercock P., Graham C., Forbes J. *Health Technol. Assess.* 2015;19(76). doi: 10.3310/hta19760.
6. Dolibog P. A., Franek A., Taradaj J., Dolibog P., Blaszcak E., Polak A., Brzezinska-Wcislo L., Hrycek A., Urbanek T., Ziaja J., Kolanko M. *Intern. J. Med. Sci.* 2014;11(1):34-43. doi: 10.7150/ijms.7548
7. Heffernan K. S., Lefferts W. K., Kasprowicz A. G., Tarzia B. J., Thijssen D. H., Brutsaert T. D. *Physiol. Reports*. 2013;1(2):1-11. doi: 10.1002/phy2.22
8. Koo K. H., Choi J.-S., Ahn J. H. *Clin. Orthopedic Surg.* 2014;6:468-475. <http://dx.doi.org/10.4055/cios.2014.6.4.468>
9. Manfredini F., Malagoni A. M., Felisatti M., Mandini S., Lamberti N., Manfredini R., Mascoli F., Basaglia N.,

- device and of an existing sequential device in severe peripheral arterial disease / F. Manfredini, A. M. Malagoni, M. Felisatti [et al.] // *BMC Cardiovasc. Disord.* – 2014. – № 14. – P. 40. doi: 10.1186/1471-2261-14-40
10. Martin, J. S. Peripheral conduit and resistance artery function are improved following a single, 1-bout of peristaltic pulse external pneumatic compression / J. S. Martin, A. R. Borges, D. T. Beck // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2015. – № 115 (9). – P. 2019–2029.
11. O'Donnell, T. F. The need for an Intersociety Consensus Guideline for venous ulcer / T. F. O'Donnell, E. F. Balk // *J. Vasc. Surg.* – 2011. – № 54. – P. 83–90.
12. Pavon, J. M. Evidence Report: Effectiveness of Intermittent Pneumatic Compression Devices for Venous Thromboembolism Prophylaxis in High-Risk Surgical and Medical Patients / J. M. Pavon, J. W. Jr. Williams, S. S. Adam [et al.] // *VA ESP Project #09-009*; 2015.
13. Qaseem, A. Venous thromboembolism prophylaxis in hospitalized patients: a clinical practice guideline from the American College of Physicians / A. Qaseem, R. Chou, L. L. Humphrey [et al.] // *Ann. Intern. Med.* – 2011. – № 155 (9). – P. 625–632.
14. Rifkind, J. M. The effect of intermittent pneumatic compression of legs on the levels of nitric oxide related species in blood and on arterial function in the arm / J. M. Rifkind, E. Nagababu, D. A. Dobrosielski [et al.] // *Nitric Oxide*. – 2014. – № 40. – P. 117–122.
15. Sultan, S. Sequential compression biomechanical device in patients with critical limb ischemia and nonreconstructible peripheral vascular disease / S. Sultan, N. Hamada, E. Soyul [et al.] // *J. Vasc. Surg.* – 2011. – № 2 (54). – P. 440–447. doi: 10.1016/j.jvs.2011.02.057
16. Tenders, M. ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral artery disease / M. Tenders, V. Aboyans, M. L. Bartelink [et al.] // *ESC Europ. Heart J.* – 2011. – № 32. – P. 2851–2906.
17. Wan, B. Low-molecular-weight heparin and intermittent pneumatic compression for thromboprophylaxis in critical patients / B. Wan, H. Y. Fu, J. T. Yin, G. Q. Ren // *Exp. Ther. Med.* – 2015. – № 10. – P. 2331–2336. doi: 10.3892/etm.2015.2795
18. Williams, K. J. Heamodynamic changes with the use of neuromuscular electrical stimulation compared to intermittent pneumatic compression / K. J. Williams, H. M. Moore, A. H. Davies // *Phlebology*. – 2015. – № 30 (5). – P. 365–372.

- Zamboni P. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2014;14:40. doi: 10.1186/1471-2261-14-40
10. Martin J. S., Borges A. R., Beck D. T. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2015;115(9):2019-2029.
11. O'Donnell T. F., Balk E. F. *J. Vasc. Surg.* 2011;54:83-90.
12. Pavon J. M., Williams J. W. Jr., Adam S. S., Razouki Z. A., McDuffie J. R., Lachiewicz P. F., Kosinski A. S., Beadles C. A., Ortel T. L., Nagi A. Evidence Report: Effectiveness of Intermittent Pneumatic Compression Devices for Venous Thromboembolism Prophylaxis in High-Risk Surgical and Medical Patients. VA ESP Project #09-009; 2015.
13. Qaseem A., Chou R., Humphrey L.L., Starkey M., Shekelle P. *Ann. Intern. Med.* 2011;155(9):625-632.
14. Rifkind J. M., Nagababu E., Dobrosielski D. A., Salgado M. T., Lima M., Ouyang P., Silber H. A. *Nitric Oxide*. 2014;40:117-122.
15. Sultan S., Hamada N., Soyul E., Fahy A., Hynes N., Tawfik W. *J. Vasc. Surg.* 2011;54(2):440-447. doi: 10.1016/j.jvs.2011.02.057
16. Tenders M., Aboyans V., Bartelink M. L. *Europ. Heart J.* 2011;32:2851-2906. doi:10.1093/eurheartj/ehr211
17. Wan B., Fu H. Y., Yin J. T., Ren G-Q. *Exp. Ther. Med.* 2015;10:2331-2336. doi: 10.3892/etm.2015.2795
18. Williams K. J., Moore H. M., Davies A. H. *Phlebology*. 2015; 30(5):365-372.

Сведения об авторах:

Медведева Елена Александровна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры пропедевтической терапии; тел.: 89879135467; e-mail: elena5583@mail.ru

Дьячков Владислав Александрович, кандидат медицинских наук, доцент; тел.: 89270101174; e-mail: gelios-13@mail.ru

Айдумова Олеся Юрьевна, студентка 5 курса лечебного факультета, группа педагогического резерва; тел.: 89276904603; e-mail: volga.rassvet@mail.ru

Грицин Алексей Валерьевич, инженер управления обеспечения инновационной деятельности, аспирант кафедры конструирования и проектирования двигателей летательных аппаратов; тел.: 89171410649; e-mail: grialeksey@gmail.com