

МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ТРОМБОПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ ВЕНОЗНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ:

АКЦЕНТ – КОМПРЕССИОННАЯ ТЕРАПИЯ

В представленном обзоре рассмотрены современное состояние и исторические аспекты использования компрессионного лечения для проведения профилактики тромбоэмболических осложнений и лечения симптомов хронической венозной недостаточности, связанных с хроническими заболеваниями вен. Обсуждаются патогенетические аспекты терапии градуированной компрессией, основы использования аппаратных механических средств профилактики и лечения, основы воздействия этих методов на состояние венозного возврата, движения тканевой жидкости. Акцентируется внимание на доказательствах эффективности компрессионного лечения.

Ключевые слова: компрессионный трикотаж, перемежающая компрессия, аппаратный пневмомассаж, градуированная компрессия, госпитальный трикотаж, компрессионная терапия, профилактика тромбоэмболических осложнений, хроническая венозная недостаточность, хронические заболевания вен, тромбоз, эмболия.

M.N. KUDYKIN, MD, Privolzhsky Federal Medical Research Center of the Ministry of Health of Russia

MECHANICAL WAYS OF THROMBOPROPHYLAXIS AND THERAPY OF CHRONIC VENOUS INSUFFICIENCY: ACCENT – COMPRESSION THERAPY

The review considers a modern state and historic aspects of the compression use therapy for prevention of thromboembolic complications and therapy of symptoms of chronic venous insufficiency related to chronic vein diseases. Pathogenetic aspects of the therapy by graduated compression, fundamentals of use of mechanical means of prevention and therapy, fundamentals of these methods effect on the state of venous return, movement of tissue liquid are discussed. The attention is focused on evidence of effectiveness of compression therapy.

Keywords: compression hosiery, intermittent compression, mechanical pneumomassage, graduated compression, hospital hosiery, compression therapy, prevention of thromboembolic complications, chronic venous insufficiency, thrombosis, embolism.

ВВЕДЕНИЕ

Венозные тромбоэмболические осложнения (ВТЭО) являются частыми осложнениями в клинической практике. По разным оценкам, риск ВТЭО может достигать 30%, а у отдельных категорий пациентов – 80% при отсутствии адекватной тромбопрофилактики. Широко распространены и хронические заболевания вен, что сравнивается иногда с пандемией.

Для профилактики ВТЭО и лечения симптомов хронических заболеваний вен нижних конечностей (ХЗВ) используются различные методы и средства. Из них к механическим средствам профилактики и лечения относятся: компрессионный трикотаж, аппаратный пневмомассаж, электронеуромиостимуляция мышечно-венозной помпы голени. Из всего многообразного арсенала профилактических и лечебных средств именно механические способы получили наиболее широкое распространение благодаря своей универсальности, безопасности и простоте применения. Обширная доказательная база свидетельствует о хорошей эффективности и доступности такого лечения.

ПРОФИЛАКТИКА ВЕНОЗНЫХ ТРОМБОЭМБОЛИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ

Механические способы тромбопрофилактики Компрессионный трикотаж

Несмотря на широчайшее распространение, практически всеобщее признание эффективности градуированной компрессии для профилактики ВТЭО в периоперационном периоде, точный механизм действия компрессионного трикотажа остается не совсем понятным. В соответствии с классическими представлениями, которые впервые были сформулированы в середине 20 в., считается, что компрессионный трикотаж оказывает свое действие путем сжатия как поверхностных, так и глубоких сегментов венозного русла, тем самым увеличивая скорость венозного оттока, а также повышая эффективность работы венозных клапанов [1, 2].

В ряде работ, в которых подробно изучалось профилактическое действие градуированной компрессии в отношении венозного тромбоза, было установлено, что использование компрессионного трикотажа приводит к изменению в биохимических показателях крови, в частности, происходят существенные изменения в показате-

лях коагулограммы. Отмечалось увеличение уровня ингибирования внешнего пути коагуляционного каскада [3].

Существует два типа госпитального компрессионного трикотажа – голфы и чулки, распространяющие компрессию до уровня бедра.

Из всего многообразного арсенала профилактических и лечебных средств именно механические способы получили наиболее широкое распространение благодаря своей универсальности, безопасности и простоте применения

Эффективность ГКТ в профилактике тромбозов широко изучалась в литературе. Систематический обзор, включающий 15 рандомизированных контрольных испытаний (РКИ), показал снижение относительного риска на 64% у общехирургических пациентов [4]. В этом обзоре не было различий при сравнении эффективности использования голф или чулок. В рандомизированном контролируемом исследовании у 200 пациентов, перенесших внутриабдоминальную операцию, было зафиксировано 57% случаев тромбоза глубоких вен ($p < 0,025$) [5]. В этом исследовании эффективность ГКТ наблюдали в отношении пациентов с доброкачественными и злокачественными заболеваниями органов брюшной полости. В другом исследовании ГКТ применялся у 70 пациентов, перенесших абдоминальное вмешательство, используя ГКТ на одной ноге и наблюдая другую ногу в качестве контроля. В контрольной группе было 7 двусторонних ТГВ, 19 односторонних ТГВ и только 1 ТГВ в группе с применением ГКТ ($p = 0,0003$) [6]. Имеются противоречивые результаты в отношении того, является ли ГКТ в виде чулка лучше, чем ГКТ ниже колена. Кокрановский обзор семи РКИ, включивший 1027 пациентов, показал, что у 15% пациентов, которым назначался ГКТ, был выявлен ТГВ по сравнению с 29% в контрольной группе ($p < 0,00001$). Частота ТГВ уменьшилась до 3%, когда ГКТ был использован с другим методом профилактики, по сравнению с 14% в контрольной группе [7].

Механическая перемежающаяся компрессия нижних конечностей

Достаточно хорошо изучен механизм действия устройств, предназначенных для механической перемежающейся компрессии нижних конечностей (МПК). Считается, что последовательное применение внешнего сжатия на нижней конечности увеличивает пульсирующий венозный поток. Это улучшает опорожнение вен, уменьшая тем самым венозное давление, приводящее к увеличению артериовенозного градиента давления и последующему увеличению артериального потока [8]. Механические силы, применяемые устройствами МПК, приводят к сдвигу и деформации сил на эндотелиальных клетках. Это усиливает антитромботические, профибринолитические и сосудорасширяющие эффекты, в т. ч. высвобождение тканевого активатора плазминогена (tPA) [9]. Считается, что увеличение tPA связано с уменьшением

концентрации ингибитора активатора тканевого плазминогена 1 (tPAI-1) [10]. Существуют различные типы МПК. Сегментарные устройства последовательного сжатия производят сжатие от дистальной к проксимальной части нижней конечности, тем самым создавая эффект «дояния» [11]. Целостные устройства обеспечивают равномерное сжатие. Эти два типа устройств одинаково эффективны в снижении риска развития ТГВ [12, 13]. Метаанализ результатов использования для профилактики ТГВ МПК у пациентов после операции оценивали 15 исследований, включавшие 2270 пациентов. Использование МПК уменьшало риск ТГВ на 60% по сравнению с отсутствием профилактики (RR = 0,40, доверительный интервал 95% [CI], 0,29–0,56, $p < 0,001$) [14]. Большинство исследований показали, что комбинация МПК с фармакологическими методами более эффективна, чем один из методов. Кокрановский обзор 11 исследований, включающих более 7000 пациентов, сравнивал механическое сжатие с комбинацией механических методов и фармакологических методов [15]. Эффективность комбинированного подхода была лучше, чем при использовании только механических методов, при уменьшении частоты возникновения ТГВ 1 против 4% (отношение шансов [OR] = 0,43, 95% CI, 0,24–0,76) и симптоматической ТЭЛА, 1 против 3% (OR = 0,39, 95% CI, 0,25–0,63). Аналогичным образом, комбинированная модальность была лучше, чем при использовании только фармакологических средств для снижения частоты развития ТГВ (0,65 против 4,21%, OR = 0,16, 95% CI = 0,07–0,34). В другом Кокрановском обзоре особое внимание было уделено тромбопрофилактике у пациентов, получающих хирургическое лечение по поводу патологии толстой и прямой кишки [16]. Этот обзор также показал, что комбинация механических методов с гепарином была лучше, чем только гепарин, для предотвращения ТГВ и/или ТЭЛА (OR = 4,17, 95% CI, 1,37–12,70).

Эффективность ГКТ в профилактике тромбозов широко изучалась в литературе. Систематический обзор, включающий 15 рандомизированных контрольных испытаний (РКИ), показал снижение относительного риска на 64% у общехирургических пациентов

Одним из наиболее популярных в современной флебологии методов профилактики застоя крови в венозной системе нижних конечностей является электромиостимуляция мышечно-венозной помпы голени с использованием специализированных устройств.

Ряд исследований эффективности этого метода показал значительное увеличение скорости движения крови и объемного потока в подколенной вене, что является ключевым фактором в предотвращении венозного застоя и ТГВ. Так, например, в исследовании на здоровых добровольцах было показано, что при скорости стимуляции от 2 до 8 сокращений в мин. пиковая систолическая скорость была в 10 раз выше по сравнению с исходными

значениями и достигала 96–105 см/с. С увеличением частоты стимуляции объемная скорость кровотока увеличивается в 12 раз (от 20 мл/мин до 240 мл/мин) [17].

В настоящее время электромиостимуляция (ЭМС) мышц голени является одобренным FDA методом тромбопрофилактики, что нашло отражение в многочисленных клинических исследованиях. ЭМС, как и любое средство механической профилактики венозного тромбоза, обеспечивает ускорение венозного кровотока, что, видимо, обеспечивает тромбопрофилактический эффект. Действительно, более высокая частота ВТЭ в нижних конечностях по сравнению с другими областями тела связана с замедленным венозным кровотоком, который может быть ускорен с использованием ЭМС. Однако начиная с 1940-х гг. в публикациях, посвященных использованию ЭМС для профилактики венозного тромбоза, возникает ряд противоречий и несоответствий [18, 19]. Например, когда скорость венозного кровотока во всех конечностях становится равной, частота развития ВТЭО остается довольно разнородной между верхними и нижними конечностями [20]. Особый интерес представляет факт, что частота ВТЭО, источником которых являлась венозная система нижних конечностей, в 22 раза больше по сравнению с данными в отношении верхних конечностей [21, 22].

Достаточно хорошо изучен механизм действия устройств, предназначенных для механической перемежающей компрессии нижних конечностей (МПК). Считается, что последовательное применение внешнего сжатия на нижней конечности увеличивает пульсирующий венозный поток

Важно, что профилактическая эффективность ЭМС может распространяться и на нестимулируемую конечность [23, 24]. Кроме того, ЭМС, по-видимому, оказывает системные эффекты.

ЭМС может превосходить МПК в эффективности профилактики ВТЭО, но объем клинических исследований по этому направлению ограничен, в доступной литературе нет указаний на проведение прямого сравнения эффективности ЭМС и МПК. Но два этих метода в случае совместного применения имели синергетические анти-тромбические эффекты, что говорит о том, что их механизм действия не идентичен [25].

Известно, что при формировании тромба требуется несколько часов для его стабилизации (химической и механической) [26]. Это может быть объяснением того факта, что ЭМС, применяемое менее, чем 5 раз в день (с временными промежутками, достаточными для образования тромбов), клинически неэффективно. Интраоперационное применение ЭМС является исключением, т. к. в большинстве случаев формирование ТГВ происходит во время операции, следовательно, одной сессии может быть достаточно, чтобы существенно сократить частоту развития ранних ВТЭО [27, 28]. Некоторый процент предотвращения образования тромбов и связанная

с ним активация тромболитического каскада могут объяснить изменения фактора коагуляции, вызванные ЭМС. Другим объяснением этих находок может быть непосредственный эффект от ЭМС, который в качестве замены 4-го фактора мог бы вызвать выброс на стенке сосудов факторов, способствующих системным анти-тромбическим эффектам.

Следует отметить тот факт, что при острой травме или развитии нейротрофических нарушений нижних конечностей частота развития ВТЭО резко возрастает, причем значительно больше, чем ожидаемая только от замедления движения крови, например, в случае паралича, не связанного с функцией периферических нервов, или во время физиологического сна.

ЭМС имеет длительный постсессионный эффект, который делает его значимым при применении чаще, чем 5 раз в день или в непрерывном режиме [29–32].

ЭМС может оказывать воздействие на периваскулярные или тканевые факторы, в том числе и регуляцию вазомоторных процессов [33–36].

В целом, его механизм действия ЭМС, очевидно, не ограничивается гемодинамическими изменениями. Полученные к сегодняшнему дню данные повышают вероятность того, что нейрогенный фактор имеет огромное значение при патогенезе тромба [37], и его влияние следует учитывать при разработке стратегии глобальной тромбопрофилактики.

КОМПРЕССИОННАЯ ТЕРАПИЯ ХРОНИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВЕН

Компрессионная терапия является основной и наиболее часто применяемой технологией лечения ХЗВ в клинической практике. Это касается как варикозной болезни, так и проявлений хронической венозной недостаточности при других хронических заболеваниях вен: венозного отека, трофических изменений кожи нижних конечностей, включая и явления, связанные с формированием трофических язв и длительно незаживающих язвенных дефектов. Многочисленные руководства по лечению и профилактике ХЗВ нижних конечностей, как российские, так и зарубежные [38, 39, 40], рекомендуют проведение компрессионного лечения ХЗВ для уменьшения проявлений венозной гипертензии в дополнение к модификации образа жизни, которые включают в себя коррекцию массы тела, оптимизацию физической активности и проведение постурального дренажа.

Различные формы компрессионной терапии включают в себя, в т. ч., использование эластичного компрессионного трикотажа, пасты на основе оксида цинка, наносимые с использованием марлевых повязок (Unna boot, сапожок Unna), многослойные эластичные биндажи, различные варианты использования эластичных и неэластичных бинтов. Для лечения ХЗВ также рекомендованы к использованию устройства МПК при наличии стойких отеков и трофических язв венозной этиологии (ТЯВЭ) [40].

Эффекты компрессионного лечения ХЗВ реализуются через несколько хорошо изученных механизмов.

Биомеханический ответ вены на воздействие внешней компрессии зависит от трех основных факторов: формы венозного сосуда, размера вены и плотности под-кожной жировой клетчатки, окружающей вену [41]. Воздействие, создаваемое компрессионным трикотажем, обеспечивает поддержание в устойчивом положении тонуса венозной стенки по отношению к внутрисосудистой гипертензии, что приводит к уменьшению выраженности относительной недостаточности клапанного аппарата венозного русла за счет соприкосновения створок венозных клапанов и редукции венозного рефлюкса. Это приводит к увеличению скорости кровотока и интенсивности венозного возврата, что, в свою очередь, обеспечивает сокращение застоя венозной крови и уменьшение объема балластной крови, депонируемой в межмышечных венозных сплетениях, синусах и перфорантных венах [42, 43].

Хорошо известно, что давление, необходимое для сжатия поверхностных вен при горизонтальном положении пациента, составляет от 20 до 25 мм рт. ст. При вертикализации человека это давление будет составлять от 35 до 40 мм рт. ст., а для обеспечения их полной окклюзии требуется внешнее давление 60 мм рт. ст. [44]. Эти цифровые значения объясняют градацию классов компрессионных изделий.

Противоотечные эффекты компрессионной терапии реализуются не только за счет улучшения показателей венозной гемодинамики и уменьшения патологического объема венозной крови. Происходит также достижение оптимального баланса между объемами притекающей артериальной части и фильтрующегося в артериальной части микроциркуляторного русла и объемом жидкости, которая реабсорбируется в венозной части микроциркуляторного русла. Это обеспечивает избыточное накопление жидкости в межтканевых структурах. В свою очередь уменьшение тканевого отека приводит к высвобождению лимфатических сосудов, активации их функции и коррекции сопутствующей лимфатической недостаточности [45, 46].

Одним из наиболее популярных в современной флебологии методов профилактики застоя крови в венозной системе нижних конечностей является электромиостимуляция мышечно-венозной помпы голени с использованием специализированных устройств

В результате активации эндотелия проявляют себя изменения метаболической, антикоагулянтной и противовоспалительной активности. Это реализуется за счет реорганизации клеток эндотелия через изменение напряжения сдвига [47, 48].

В целом компрессионный трикотаж можно разделить на два основных типа – эластичные бинты, которые стремительно теряют свою популярность, за исключением достаточно узкой специфической ниши клинических показаний, и практически вышли из употребления как

средства профилактики ВТЭО, и афициальные компрессионные изделия в виде колгот, чулок и гольф.

В российской литературе принято деление эластичных бинтов по растяжимости на три степени [49]: бинты короткой, средней и длинной растяжимости – максимальное удлинение бинта при растяжении не превышает 70%, 140% и более исходной длины соответственно.

В исследовании на здоровых добровольцах было показано, что при скорости стимуляции от 2 до 8 сокращений в мин пиковая систолическая скорость была в 10 раз выше по сравнению с исходными значениями и достигала 96–105 см/с

Международные стандарты качества (RALGZ 387) [50], предполагают градацию эластичных бинтов на группы: – нерастяжимые (цинк-желатиновые повязки – сапожок Унна, система CircAid); – бандаж короткой растяжимости (40–70%); – бандаж средней растяжимости (70–140%); – бандаж длинной растяжимости (>140%).

Компрессионный трикотаж

В настоящее время широкое распространение получил немецкий стандарт RALGZ387, в соответствии с которым трикотаж делят на четыре основных класса компрессии в зависимости от выраженности компрессии на уровне лодыжки: I Легкая 18–21 мм рт. ст.; II Умеренная 23–32 мм рт. ст.; III Сильная 34–46 мм рт. ст.; IV Очень сильная >49 мм рт. ст. [50]. Использование компрессионного трикотажа показано при всех формах ХЗВ нижних конечностей, при всех классах клинических проявлений Класс C0–C6 (по классификации CEAP). В большом систематическом обзоре клинических результатов использования компрессионного трикотажа у пациентов с ХЗВ была продемонстрирована эффективность эластической компрессии в отношении ряда симптомов. Использование компрессионного трикотажа приводит к значимому уменьшению выраженности боли, отека и гиперпигментации кожи [51]. Хотя применение компрессионного трикотажа уменьшает выраженность симптомов ХЗВ, исследование показало, что доказательств эффективности компрессионной терапии для предотвращения варикозной трансформации или прогрессирования варикозной болезни недостаточно.

Другой метаанализ 11 РКИ [52] показал, что у здоровых пациентов, у пациентов с клинически значимыми проявлениями ХЗВ C1–C3, у больных, прооперированных по поводу варикозной болезни, применение компрессионного трикотажа II класса компрессии (23–32 мм рт. ст.) не несет явных преимуществ по сравнению с использованием компрессионного трикотажа I класса компрессии (18–21 мм рт. ст.).

Особый интерес представляют работы, демонстрирующие возможности применения компрессионных средств лечения при крайних и тяжелых формах ХВН, например, при трофических язвах и липодерматосклерозе.

Эффективность компрессионной терапии в отношении уменьшения области трофических расстройств, снижение частоты рецидивов ТЯВЭ были продемонстрированы в целом ряде исследований [53–56].

В настоящее время электромиостимуляция мышц голени является одобренным FDA методом тромбопрофилактики, что нашло отражение в многочисленных клинических исследованиях. ЭМС, как и любое средство механической профилактики венозного тромбоза, обеспечивает ускорение венозного кровотока, что, видимо, обеспечивает тромбопрофилактический эффект

В актуальных обзорах литературы, посвященных этому вопросу, в результатах метаанализов четко представлено достаточно доказательств того, что применение компрессионной терапии повышает частоту заживления трофических язв по сравнению с лечением без компрессии. Многокомпонентные компрессионные системы оказались более эффективными, чем однокомпонентные. Многокомпонентные системы, содержащие эластичный бинт, были эффективнее тех, в которых присутствовали преимущественно неэластичные составляющие. Двухкомпонентные системы были сопоставимы по эффективности с четырехслойным бинтованием. Язвы у пациентов, у которых использовали четырехслойное бинтование или чулки высокой компрессии, заживали быстрее, чем при применении низкоэластичных бинтов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чрезвычайная распространенность ХЗВ нижних конечностей, ВТЭО как в госпитальной практике, так и вне ее, в современном обществе приобретает характер пандемии. Высокая частота и охват патологией практически всех возрастных групп, достаточно высокий процент рецидивов, постоянно прогрессирующий характер течения патологии требуют постоянного совершенствования средств лечения и профилактики. Несмотря на постоянно пополняемый арсенал средств, развитие фармакологических способов терапии и профилактики как венозного тромбоза, так и хронических заболеваний вен, методом выбора по-прежнему остается тот или иной способ меха-

нического воздействия на венозное русло и состояние венозного кровотока, основой которой является эластическая компрессия. Всем пациентам с ХЗВ, независимо от причины их возникновения и при любом клиническом классе заболевания показано проведение компрессионной терапии. Аналогичным образом обстоят дела с формированием показаний для тромбопрофилактики в группах риска практически во всех случаях, когда возникает потенциальная угроза тромбообразования: требуется проведение компрессионной терапии, чаще всего в виде эластической компрессии. Арсенал средств компрессионного лечения представлен не только эластическими бинтами, медицинскими трикотажными изделиями и аппаратами для механической компрессии нижних конечностей – в последнее время становятся популярными средства электромиостимуляции мышечно-венозной помпы голени.

Изученные эффекты обсуждаемых средств механического воздействия не ограничиваются только физическим влиянием на состояние венозного возврата. Показаны новые пути реализации положительных эффектов через запуск сложных каскадных биохимических реакций, активирующих антикоагулянтную эндогенную систему. Изменяющийся тонус кровеносных сосудов и активация нейротрофических механизмов обеспечивают позитивные изменения в профилактике венозного тромбоза и купирования симптомов ХЗВ. При этом до конца эти эффекты остаются неисследованными, что дает широкое поле для дальнейших научных исследований.

Особый интерес представляет факт, что частота ВТЭО, источником которых являлась венозная система нижних конечностей, в 22 раза больше по сравнению с данными в отношении верхних конечностей

Оптимальным для повседневного рутинного применения в клинической практике является медицинский компрессионный трикотаж, который постоянно совершенствуется. Появляются новые инновационные средства плетения, вязки компрессионных изделий, добавляются новые свойства ткани и т. д. Таким образом, механические средства лечения и профилактики остаются простым, безопасным и эффективным методом профилактики ВТЭО и консервативного лечения ХЗВ.



ЛИТЕРАТУРА

- Litter J. Thromboembolism; its prophylaxis and medical treatment; recent advances. *Med Clin North Am*, 1952, 36(5): 1309–1321.
- Lewis CE Jr, Antoine J, Mueller C, Talbot W A, Swaroop R, Edwards W S. Elastic compression in the prevention of venous stasis. A critical reevaluation. *Am J Surg*, 1976, 132(6): 739–743.
- Arcelus JJ, Caprini JA, Hoffman KN, Traverso CI, Hoppensteadt D, Fareed J. Modifications of plasma levels of tissue factor pathway inhibitor and endo-thelin-1 induced by a reverse Trendelenburg position: influence of elastic compression – preliminary results. *J Vasc Surg*, 1995, 22(5): 568–572.
- Agu O, Hamilton G, Baker D. Graduated compression stockings in the prevention of venous thromboembolism. *Br J Surg*, 1999, 86(8): 992–1004.
- Allan A, Williams J T, Bolton J P, Le Quesne L P. The use of graduated compression stockings in the prevention of postoperative deep vein thrombosis. *Br J Surg*, 1983, 70(3): 172–174.
- Kakkos SK, Daskalopoulou SS, Daskalopoulos ME, Nicolaidis AN, Geroulakos G. Review on the value of graduated elastic compression stockings after deep vein thrombosis. *Thromb Haemost*, 2006, 96(4): 441–445.
- Amaragiri SV, Lees TA. Elastic compression stockings for prevention of deep vein thrombosis. *Cochrane Database Syst Rev*, 2000, (3): CD001484.
- Allwood MJ. The effect of an increased local pressure gradient on blood flow in the foot. *Clin Sci (Lond)*, 1957, 16(2): 231–239.
- Chen AH, Frangos SG, Kilaru S, Sumpio BE. Intermittent pneumatic compression devices – physiological mechanisms of action. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2001, 21(5): 383–392.

10. Comerota AJ, Chouhan V, Harada RN, Sun L, Hosking J, Veermansunemi R, et al. The fibrinolytic effects of intermittent pneumatic compression: mechanism of enhanced fibrinolysis. *Annals of Surgery*, 1997, 226(3): 306-13, discussion 313-4.
11. Morris RJ, Woodcock JP. Evidence-based compression: prevention of stasis and deep vein thrombosis. *Ann Surg*, 2004, 239(2): 162-171.
12. Salzman EW, McManama GP, Shapiro AH et al. Effect of optimization of hemodynamics on fibrinolytic activity and antithrombotic efficacy of external pneumatic calf compression. *Ann Surg*, 1987, 206(5): 636-641.
13. Proctor MC, Greenfield LJ, Wakefield TW, Zajkowski PJ. A clinical comparison of pneumatic compression devices: the basis for selection. *J Vasc Surg*, 2001, 34: 459-463.
14. Urbankova J, Quiroz R, Kucher N, Goldhaber SZ. Intermittent pneumatic compression and deep vein thrombosis prevention. A meta-analysis in postoperative patients. *Thromb Haemost*, 2005, 94(6): 1181-1185.
15. Kakkos SK, Caprini JA, Geroulakos G, Nicolaides AN, Stansby G, Reddy DJ, Ntouvas I. Combined intermittent pneumatic leg compression and pharmacological prophylaxis for prevention of venous thromboembolism. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016 Sep 7, 9: CD005258. Review.
16. Wille-Jørgensen P, Rasmussen MS, Andersen BR, Borly L. Heparins and mechanical methods for thromboprophylaxis in colorectal surgery. *Cochrane Database Syst Rev*, 2004, 1: CD001217.
17. Griffin M, Nicolaides AN, Bond D, Geroulakos G, Kalodiki E. The efficacy of a new stimulation technology to increase venous flow and prevent venous stasis. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010 Dec, 40(6): 766-71. doi: 10.1016/j.ejvs.2010.06.019. Epub 2010 Jul 22.
18. Dorfa FSA, Drury FA, Sivyer A. A simple way to combat the venous stasis which occurs in the lower limbs during surgical operations. *Br J Surg*, 1964, 51: 486. doi: 10.1002/bjs.1800510705.
19. Illingworth CFW, Dick BM. Surgical pathology. 6. London: Churchill, 1949.
20. Doran FS, White M, Drury M. A clinical trial designed to test the relative value of two simple methods of reducing the risk of venous stasis in the lower limbs during surgical operations, the danger of thrombosis, and a subsequent pulmonary embolus, with a survey of the problem. *Br J Surg*, 1970, 57(1): 20-30. doi: 10.1002/bjs.1800570105.
21. Muñoz FJ, Mismetti P, Poggio R, et al. Clinical outcome of patients with upper-extremity deep vein thrombosis: results from the RIETE Registry. *Chest*, 2008, 133(1): 143. doi: 10.1378/chest.07-1432.
22. Howie C, Hughes H, Watts AC. Venous thromboembolism associated with hip and knee replacement over a ten-year period: a population-based study. *J Bone Joint Surg Br*, 2005, 87: 1675-1680. doi: 10.1302/0301-620X.87B12.16298.
23. Nicolaides AN, Kakkar VV, Field ES, Fish P. Optimal electrical stimulus for prevention of deep vein thrombosis. *Br Med J*, 1972 Sep 23, 3(5829): 756-8.
24. Broderick BJ, O'Brian DE, Breen PP, Kearns SR, O'laighin G. A pilot evaluation of a neuromuscular electrical stimulation (NMES) based methodology for the prevention of venous stasis during bed rest. *Med Eng Phys*, 2010 May, 32(4): 349-55.
25. Kopetzky CD. Combined compression and electric stimulation therapy. *Wien Med Wochenschr*, 1994, 144(10-11): 238-242.
26. Schulz C, Engelmann B, Massberg S. Crossroads of coagulation and innate immunity: the case of deep vein thrombosis. *J Thromb Haemost*, 2013 Jun, 11(Suppl 1): 233-2.
27. Izumi M, Ikeuchi M, Aso K, Sugimura N, Kamimoto Y, Mitani T, Ueta T, Sato T, Yokoyama M, Sugiura T, Tani T. Less deep vein thrombosis due to transcutaneous fibular nerve stimulation in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015 Nov, 23(11): 3317-23.
28. Goyal A, Arora S, Batra S, Sharma R, Mittal MK, Sharma VK. Role of calf muscle stimulation in the prevention of DVT in Indian patients undergoing surgeries for fractures around the hip. *Indian J Orthop*, 2012 Sep, 46(5): 532-541.
29. Velmahos GC, Petrone P, Chan LS, Hanks SE, Brown CV, Demetriades D. Electrostimulation for the prevention of deep venous thrombosis in patients with major trauma: a prospective randomized study. *Surgery*, 2005 May, 137(5): 493-8.
30. Лобастов К.В., Бармотин Н.А., Баринов В.Е., Оболенский В.Н., Асратян С.А., Лаберко Л.А., Бояринцев В.В. Гемодинамическая и клиническая эффективность электро-мышечной стимуляции венозного оттока в профилактике послеоперационных венозных тромбозомболических осложнений. *Ангиология и сосудистая хирургия*, 2013, 19(2): 84-91.
31. Griffin M, Nicolaides AN, Bond D, Geroulakos G, Kalodiki E. The efficacy of a new stimulation technology to increase venous flow and prevent venous stasis. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010 Dec, 40(6): 766-771.
32. Merli GJ, Herbison GJ, Ditunno JF, Weitz HH, Hennes JH, Park CH, Jaweed MM. Deep vein thrombosis: prophylaxis in acute spinal cord injured patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 1988 Sep, 69(9): 661-664.
33. Aito S, Pieri A, D'Andrea M, Marcelli F, Cominelli E. Primary prevention of deep venous thrombosis and pulmonary embolism in acute spinal cord injured patients. *Spinal Cord*. 2002 Jun;40(6):300-303.
34. Tucker A, Maass A, Bain D, Chen LH, Azzam M, Dawson H, Johnston A. Augmentation of venous, arterial and microvascular blood supply in the leg by isometric neuromuscular stimulation via the peroneal nerve. *Int J Angiol*, 2010 Spring, 19(1): e31-7.
35. Polak A, Franek A, Taradaj J. High-Voltage Pulsed Current Electrical Stimulation in Wound Treatment. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2014 Feb 1, 3(2): 104-117.
36. Kawasaki L, Mushahwar VK, Ho C, Dukelow SP, Chan LL, Chan KM. The mechanisms and evidence of efficacy of electrical stimulation for healing of pressure ulcer: a systematic review. *Wound Repair Regen*, 2014 Mar-Apr, 22(2): 161-173.
37. Schneck MJ. Venous thromboembolism in neurologic disease. *Handb Clin Neurol*, 2014, 119: 289-304.
38. Gloviczki P et al. Society for Vascular Surgery, American Venous Forum. The care of patients with varicose veins and associated chronic venous diseases: clinical practice guidelines of the Society for Vascular Surgery and the American Venous Forum. *J Vasc Surg*, 2011 May, 53(5 Suppl): 2S-48S. doi: 10.1016/j.jvs.2011.01.079.
39. Российские клинические рекомендации по диагностике и лечению хронических заболеваний вен. *Флебология*, 2013, 7(2): 18-20.
40. Moneta GL, Partsch H. Compression therapy for venous ulceration. In: Gloviczki P, editor. Handbook of venous disorders: guidelines of the American Venous Forum. 3rd ed. London: Hodder Arnold, 2009: 348-358.
41. Rohan CP, Badel P, Lun B, Rastel D, Avril S. Biomechanical response of varicose veins to elastic compression: a numerical study. *J Biomech*, 2013, 46(3): 599-603.
42. Mariani F (ed.). Compression. Consensus document based on scientific evidence and clinical experiences. Minerva Medica (Torino) 2009.
43. Partsch H. Understanding the pathophysiological effects of compression. In: ewma position document. Understanding compression therapy. London: Mep Ltd 2003: 2-4.
44. Partsch B, Partsch H. Calf compression pressure required to achieve venous closure from supine to standing positions. *J Vasc Surg*, 2005, 42: 734-738.
45. Lee BB, Nicolaides AN, Myers K, et al. Venous hemodynamic changes in lower limb venous disease: the UIP consensus according to scientific evidence. *Int Angiol*, 2016 Jun, 35(3): 236-352. Epub 2016 Mar 24. PMID: 27013029.
46. Konschake W, Riebe H, Peditadi P, Haase H, Jünger M, Lutze S. Compression in the treatment of chronic venous insufficiency: Efficacy depending on the length of the stocking. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2016, 64(3): 425-434. doi: 10.3233/CH-168122.
47. Downie SP, Raynor SM, Firmin DN, Wood NB, Thom SA, Hughes AO, Parker KH, Wolfe YH, Xu XY. Effects of elastic compression stockings on wall shear stress in deep and superficial veins of the calf. *Am J Physiol Heart Circulat Phys*, 2008, 294: 5: 2112-2120.
48. Partsch B, Partsch H. New aspects of compression therapy. *Wien Med Wochenschr*, 2016 Jun, 166(9-10): 305-11. doi: 10.1007/s10354-016-0467-9. Epub 2016 Jun 3.
49. Кириенко А.И., Кошкин В.М., Богачев В.Ю. Амбулаторная ангиология. М.: Литтера 2007: 162-164.
50. Deutsches institut für gesicherung und kennzeichnung medizinische kompressionsstrümpfe RALGZ 387. Berlin: BeuthVerlag, 1987.
51. Palfreyman SJ, Michaels JA. A systematic review of compression hosiery for uncomplicated varicose veins. *Phlebology*, 2009, 24(suppl 1): 13-33.
52. Amsler F, Blattler W. Compression therapy for occupational leg symptoms and chronic venous disorders: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2008, 35: 366-72.
53. Vandongen YK, Stacey MC. Graduated compression stockings reduce lipodermatosclerosis and ulcer recurrence. *Phlebology*, 2000, 15: 33-37.
54. O'Meara S, Cullum N, Nelson EA, Dumville YC. Compression for venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012, 11: CD000265.
55. Motykie GD, Caprini JA, Arcelus JJ, Reyna YY, Overom E, Mokhtee D. Evaluation of therapeutic review of compression hosiery for uncomplicated varicose veins. *Dermatol Surg*, 1999, 25: 116-120.
56. Partsch H. Compression therapy: clinical and experimental evidence. *Ann Vasc Dis*, 2012, 5(4): 416-422.