ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ПРЕРЫВИСТОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ КОМПРЕССИИ

Плюхина А.А., Карякина О.Е.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

Аннотация: В статье рассмотрены технические аспекты применения метода прерывистой пневмокомпрессии в реабилитационной практике. Представлены результаты аналитического обзора сегмента рынка устройств для проведения прессотерапии, которые позволили сформулировать основные критерии эффективной практической реализации метода.

Ключевые слова: физиотерапия, прерывистая пневматическая компрессия, техническое устройство, верхние конечности.

TECHNICAL ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE INTERMITTENT PNEUMATIC COMPRESSION METHOD

Plyukhina A.A., Karyakina O.E.

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Abstract: The article deals with the technical aspects of intermittent pneumatic compression in rehabilitation practice. The results of an analytical review of the pressotherapy devices market segment are presented, which allow to formulate the main criteria of an effective practical realization of the method.

Key words: physiotherapy, intermittent pneumatic compression, technical device, upper extremities.

Введение. Методы физиотерапии являются неотъемлемой частью реабилитации пациентов самого разного профиля. По данным Всемирной организации здравоохранения распространенность патологических состояний, при которых показана реабилитация, во всем мире составляет порядка 2,4 млрд человек. Среди наиболее часто встречающихся состояний можно отметить хронические и воспалительные заболевания, травматические воздействия различного происхождения, послеоперационные осложнения. В настоящее время внимание всё большего числа врачей различных специальностей привлекает практическое использование физических методов в профилактике, лечении и реабилитации различных заболеваний, что связано с совершенствованием технической базы и методологии физиотерапии. Кроме того, физиотерапевтические методы в отличие от медикаментозных, действуют более системно и физиологично, обладают способностью влиять как непосредственно на патологический процесс, так и на общие регуляторные функции в целостном организме [1].

Разработка новых перспективных технологий восстановления пациентов, основанных на совместном использовании технических средств и физических факторов, является актуальной задачей комплексной реабилитации. Одним из современных методов является прерывистая пневматическая компрессия (прессотерапия) (ПКК), под которой понимают аппаратный физиотерапевтический метод, основанный на перемещении крови, лимфы под действием внешнего прерывистого сдавливания мягких тканей путем использования специального комплекта разделенных на отдельные камеры манжет [2, 3]. Широко распространенным среди аппаратов, реализующих описанный метод, является медицинское оборудование для прессотерапии верхних конечностей в связи с высокой степенью (38% от общего числа травм) их травматизации по различным причинам.

Учитывая вышеизложенное, целью настоящего исследования является аналитический обзор сегмента рынка медицинских устройств для проведения пневматической компрессии верхних конечностей, результаты которого в дальнейшем планируется использовать при проектировании самостоятельной конструкции устройства для прессотерапии.

В настоящее время в сегменте рынка аппаратов для ПКК верхних конечностей представлены следующие производители и наиболее востребованные промышленно выпускаемые аппараты: «Doctor Life LX7» (Южная Корея), «Pulstar PSX» (Франция), «Лимфа-Э-3» (Россия), «Enraf nonius endopress 442» (Германия) и «Lead Care LC-600S» (Южная Корея). Технический принцип работы оборудования заключается в следующем: компрессор, находящийся в электронном блоке, всасывает воздух из окружающей среды и нагнетает его под определенным давлением в соединительные трубки, после чего воздух поступает в камеры манжеты, надувая их.

В большинстве случаев строение таких аппаратов сводится к наличию манжет, трубок-воздуховодов и электронного блока, в состав которого входит плата управления с микроконтроллером, компрессор, электромагнитные клапаны и панель управления. Сравнение технических характеристик промышленно выпускаемых профессиональных аппаратов для ПКК представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные технические характеристики промышленно выпускаемых профессиональных аппаратов прессотерапии

Модель	Doctor Life LX7	Lead Care LC-600S	Enraf nonius endopress 442	Лимфа-Э-3	Pulstar PSX
Производитель	Daesung Maref	Won Industry	Enraf-Nonius	Аквита	Pulstar
Страна-изготовитель	Южная Корея	Южная Корея	Германия	Россия	Франция
Значения технических характеристик					

Диапазон значений рабочего давления, мм рт. ст.	20-200	50-280	20-115	40-180	20-120
Количество режимов работы, шт.	2	4	15	4	4
Количество камер в манжете, шт.	4	6	9	7	10
Дисплей	Есть	Нет	Есть	Есть	Есть
Вес, кг	2,0	11,5	45,0	3,5	4,0
Габариты электронного блока, Д х Ш х В, см	24x12x19	41,5x36x21	39x40x93	24x24x12	28x23
Возможное количество одновременно используемых манжет	2	1	2	2	2

Среди достоинств рассмотренных устройств можно выделить селективную регулировку давления по камерам, наличие более 5 камер в составе манжеты, реализацию функции памяти, возможность изменения давления в отдельных камерах, наличие опции аварийного отключения, а также достаточное количество различных режимов работы. В качестве недостатков можно назвать значительные массогабаритные характеристики, отсутствие пульта дистанционного управления, недостаточную величину максимального рабочего давления и высокую закупочную стоимость, которая может достигать 1 млн рублей. Однако стоит отметить, что аппараты, характеризующиеся низкой стоимостью и компактностью, не способны создавать столь же высокие уровня давления, как их профессиональные аналоги. Таким образом, при выборе аппарата прессотерапии следует руководствоваться такими параметрами как: портативность, максимальное рабочее давление, количество камер в манжетах, количество возможных одновременно используемых манжет.

Помимо рассмотрения конструкций промышленно выпускаемых образцов аппаратов для проведения ПКК, нами был проведен анализ существующей патентной документации, отражающей результаты разработки полезных моделей для проведения прессотерапии. Изучение конструкций с различным технологическим исполнением показало, что помимо стандартных функций аппараты в ряде случаев реализуют дополнительные функции по регистрации биомедицинских сигналов, мониторингу состояния сосудов и автоматической настройке величины подаваемого давления. Тем не менее, расширение функциональных возможностей неизбежно приводит к усложнению конструкции технического устройства, вследствие чего повышается его себестоимость, увеличиваются массогабаритные характеристики, снижаются показатели ремонтопригодности.

Кроме того, повышение надежности и обеспечение должного качества функционирования устройств для ПКК может быть реализовано путем использования однопоточных воздуховодов без разветвлений, подключающиеся в один разъем. Такая конструкция трубок позволяет избежать их перегиба, перетирания и увеличивает срок службы, что несомненно является важным достоинством. Фактором, влияющим на универсальность прибора, является также конструкция манжеты. Для обеспечения комфортного сеанса прессотерапии оптимальным вариантом является регулируемая манжета, к преимуществам которой можно отнести независимость от комплекции пациента. Единственным недостатком такого типа манжет является застегивающаяся конструкция, поэтому для ее использования необходима помощь медицинского работника.

Было также выявлено, что ключевым аспектом при проектировании аппарата прессотерапии является портативность электронного блока. Поскольку портативный электронный блок не требует постоянного питания от электросети, то данное обстоятельство дает преимущество в виде независимости от электрической сети в помещении. Также портативные устройства удобны в управлении, поскольку пациент самостоятельно может выбрать комфортный для него режим работы аппарата, не меняя своего положения. Последнее обстоятельство является немаловажным для пациентов с травмами и отеками конечностей.

По результатам проведенного обзора сегмента рынка оборудования для проведения ПКК было сформировано техническое задание на проектирование портативного устройства для прерывистой пневмокомпрессии верхних конечностей. Нами были учтены недостатки, связанные с особенностями конструкции электронного блока, типа манжеты, на основании чего было принято решение изготовить манжету, имеющую незамкнутую конструкцию с регулируемыми креплениями по типу ремня, чтобы она подходила под индивидуальные антропометрические параметры пациента. Достоинством такого типа креплений является то, что оно может быть застегнуто самим пациентом, вследствие чего он может не прибегать к помощи медицинского работника.

Для повышения эффективности контроля за давлением воздуха, поступающего в камеру манжеты, планируется установка электромагнитных клапанов непосредственно у выхода компрессора и перед входом в надуваемую камеру. Такой тип размещения клапанов позволит в дальнейшем использовать функцию выборочного надувания и спускания отдельных камер манжеты. При проектировании устройства будет использоваться компрессор большей мощности в сравнении с аналогами, чтобы должным образом создавать максимальное давление воздуха в манжете для обеспечения должного терапевтического эффекта.

С учетом этого предполагается, что электронный блок будет изготовлен в миниатюрном исполнении с размещением его элементов непосредственно в манжете, что позволит увеличить свободу действий пациента во время процедуры прессотерапии. Предлагаемая конструкция также подразумевает полную изоляцию трубок – воздуховодов внутри манжеты. Такое решение позволит увеличить надежность и продлить срок службы воздуховодов за счет минимизации внешних воздействий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Быков А.Т., Чернышев А.В., Дроздова В.М. Физические методы профилактики, лечения и реабилитации: прошлое, настоящее и будущее // Вестник физиотерапии и курортологии. - 2017. - № 23. - С.78-82.

2 Сафонов Л.В. Комбинированное применение низкочастотной магнитотерапии и прессотерапии для повышения эффективности восстановления у высококвалифицированных спортсменов // Вестник спортивной науки. - 2014. - № 1. - С.47-50.

3 Tials 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): P.1186-1192.