

*Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, Л.А. Глушко, У.А. Полякова*

## **Новые возможности, перспективы и расширение клинических показаний к применению метода усиленной наружной контрпульсации**

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (президент – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Бокерия Лео Антонович, доктор мед. наук, профессор, академик РАН и РАМН, президент;  
orcid.org/0000-0002-6180-2619

Бокерия Ольга Леонидовна, доктор мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН;  
orcid.org/0000-0002-7711-8520

Глушко Людмила Александровна, канд. мед. наук, кардиолог, заведующая группой легочных проб и мониторинга газообмена; orcid.org/0000-0002-6532-7261

Полякова Ульяна Александровна, канд. мед. наук, кардиолог; orcid.org/0000-0001-8280-5803

В последние годы сфера применения метода усиленной наружной контрпульсации значительно расширилась. Помимо лечения ишемической болезни сердца метод показал значимые результаты в лечении заболеваний периферических сосудов, сосудистых заболеваний микроциркуляторного русла при сахарном диабете, в комплексной реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт, а также у больных с лимфопенозной недостаточностью нижних конечностей, эректильной дисфункцией сосудистого генеза. Отмечены значительные его достижения в спортивной медицине благодаря использованию этого метода в качестве средства восстановления и повышения спортивной работоспособности.

В статье представлены современные данные о результатах применения метода усиленной наружной контрпульсации с оценкой его эффективности и доступности для пациентов.

Ключевые слова: усиленная наружная контрпульсация, ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность, эндотелиальная дисфункция, неинвазивный метод лечения.

**Для цитирования:** Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Глушко Л.А., Полякова У.А. Новые возможности, перспективы и расширение клинических показаний к применению метода усиленной наружной контрпульсации. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН.* 2021; 22 (2): 119–29. DOI: 10.24022/1810-0694-2021-22-2-119-129

**Для корреспонденции:** Полякова Ульяна Александровна, e-mail: uapolyakova@bakulev.ru

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Поступила 09.03.2021*

*Принята к печати 12.03.2021*

*L.A. Bockeria, O.L. Bockeria, L.A. Glushko, U.A. Polyakova*

## **New opportunities, prospects and the expansion of clinical indications for the use of enhanced external counterpulsation**

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Leo A. Bockeria, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of RAS and RAMS, President; orcid.org/0000-0002-6180-2619

Ol'ga L. Bockeria, Dr. Med. Sc., Professor, Corresponding Member of RAS; orcid.org/0000-0002-7711-8520

Lyudmila A. Glushko, Cand. Med. Sc., Cardiologist, Head of Lung Sampling and Gas Exchange Monitoring Group;  
orcid.org/0000-0002-6532-7261

Ul'yana A. Polyakova, Cand. Med. Sc., Cardiologist; orcid.org/0000-0001-8280-5803

In recent years, the method of enhanced external counterpulsation has significantly expanded its scope. In addition to the treatment of coronary heart disease, he showed significant results in the treatment of peripheral vascular diseases, vascular diseases of the microvasculature in diabetes mellitus; in the comprehensive rehabilitation of patients after ischemic stroke, use in patients with lymphovenous insufficiency of the lower extremities, erectile dysfunction of vascular origin. Significant achievements in sports medicine are noted as a means of restoring and enhancing sports performance.

The article presents modern data on the results of using the method of enhanced external counterpulsation with an assessment of the effectiveness of the use of this method and accessibility for patients.

**Keywords:** enhanced external counterpulsation, coronary heart disease, chronic heart failure, endothelial dysfunction, non-invasive treatment.

**For citation:** Bockeria L.A., Bockeria O.L., Glushko L.A., Polyakova U.A. New opportunities, prospects and the expansion of clinical indications for the use of enhanced external counterpulsation. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*. 2021; 22 (2): 119–29 (in Russ.). DOI: 10.24022/1810-0694-2021-22-2-119-129

**For correspondence:** Ul'yana A. Polyakova, e-mail: uapolyakova@bakulev.ru

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

Received March 9, 2021

Accepted March 12, 2021

## Введение

Создание и внедрение в клиническую практику метода усиленной наружной контрпульсации (УНКП) имеет более чем полувековую историю. В 1973 г. J.S. Vanas et al. опубликовали одну из первых статей на тему применения УНКП у пациентов с ИБС [1] и впервые показали ее положительное влияние в отношении сокращения частоты приступов стенокардии, повышения длительности физической нагрузки и улучшения качества жизни пациентов. О первом рандомизированном исследовании сообщили в 1999 г. R.R. Aroga et al.; проводившееся ими исследование MUST-ЕЕСР (Multicenter study of enhanced external counterpulsation) охватывало семь университетских медицинских центров [2]. В данном исследовании убедительно показано, что применение метода УНКП приводит к достоверному уменьшению количества эпизодов стенокардии и потребности в нитратах, увеличению времени до возникновения признаков ишемии миокарда, индуцированной нагрузкой, улучшению прогноза и качества жизни у пациентов с поражением коронарных артерий. Кроме того, длительное наблюдение показало, что клинически благоприятное воздействие может наблюдаться в течение 5 лет у пациентов, имеющих положительную исходную реакцию на терапию [3]. Также одним из крупных исследований является многоцентровое рандомизированное одиночное слепое контролируемое проспективное исследование РЕЕСН (Prospective Evaluation of ЕЕСР in Congestive Heart Failure), в котором продемонстрирована целесообразность, эффективность и безопасность использования метода в комплексном лечении застойной сердечной недостаточности [4].

С 1998 г. в медицинском центре Питтсбургского университета функционирует международный реестр пациентов, целью создания которого было документировать безопасность, эффективность и способы приме-

нения УНКП. На данный момент Международный реестр пациентов УНКП (IEPR) зарегистрировал более 10 тыс. пациентов с ИБС и более чем 100 медицинских центров по всему миру. Также с 1998 г. УНКП одобрена Управлением по контролю продуктов питания и лекарств (США, FDA) для лечения стабильной и нестабильной стенокардии, сердечной недостаточности, инфаркта миокарда и кардиогенного шока. С 2007 г., согласно приказу Минздравсоцразвития РФ № 288, УНКП входит в стандарты оказания медицинской помощи пациентам со стабильной стенокардией в России. С 2012 г. приказом Минздрава РФ № 155н УНКП включена в стандарт оказания специализированной медицинской помощи при сердечной недостаточности.

Согласно базе данных зарегистрированных рандомизированных клинических исследований ClinicalTrials.gov, проводимых по всему миру, по состоянию на 1 июня 2020 г. зарегистрировано 19 рандомизированных клинических исследований по изучению эффективности УНКП (рис. 1).

Необходимо отметить, что исследования по применению УНКП в клинической практике проводятся в полном соответствии с принципами доказательной медицины. Используются высокоинформативные методы контроля: позитронно-эмиссионная и нагрузочная эмиссионная компьютерная томография миокарда, коронарная ангиография и вентрикулография, биохимические и другие методы, что позволяет углубленно изучить механизмы преобразования гемодинамического воздействия УНКП в благоприятный клинический эффект.

Согласно результатам многочисленных опубликованных исследований, выполненных в медицинских центрах России, США, Европы и Азии, наблюдается высокая клиническая эффективность применения УНКП при различных заболеваниях и патологических состояниях, среди которых ИБС, хроническая сердечная недостаточность, заболева-

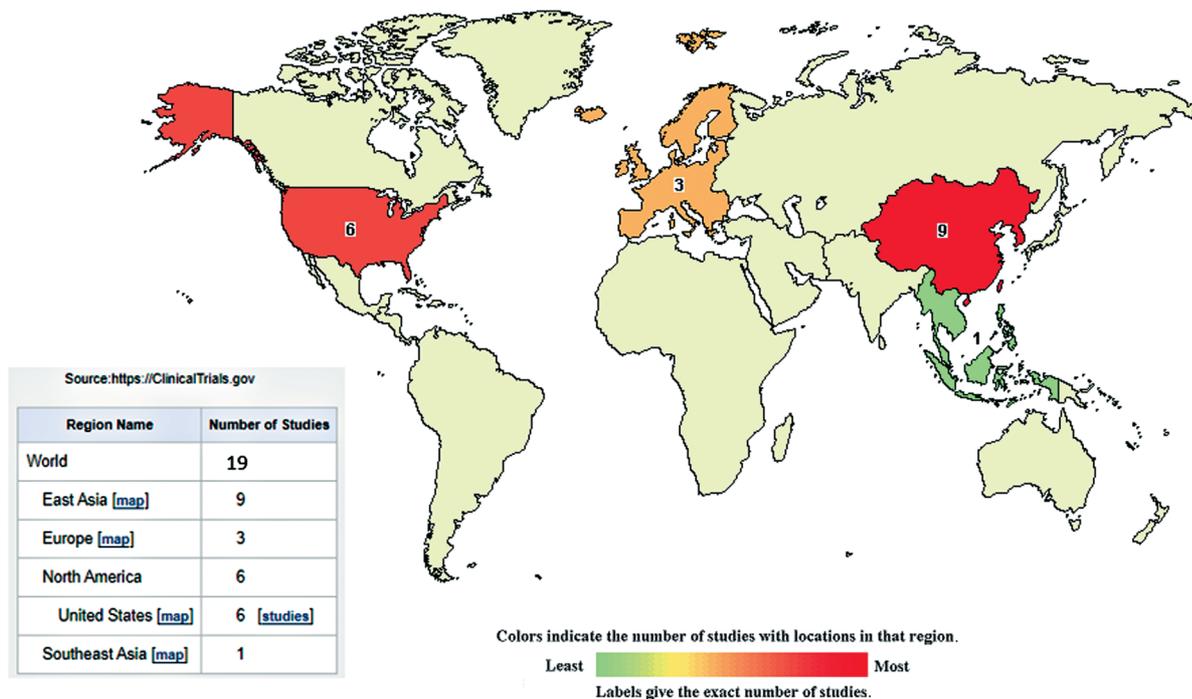


Рис. 1. Число зарегистрированных в мире рандомизированных клинических исследований по изучению эффективности УНКП



Рис. 2. Применение УНКП в клинической медицине

ния дыхательной системы, хроническая ишемия нижних конечностей, церебральные заболевания, офтальмологические заболевания, эректильная дисфункция сосудистого генеза, а также у пациентов с сахарным диабетом и в спортивной медицине (рис. 2). Полученные к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что УНКП может оказывать клинический эффект через реализацию различных механизмов воздействия на организм пациента.

### Принцип действия и механизмы воздействия наружной контрпульсации

УНКП – неинвазивный, безопасный и атравматичный метод, позволяющий добиваться повышения перфузионного давления в коронарных артериях во время диастолы и снижения сопротивления сердечному выбросу во время систолы. В современных системах с этой целью на ноги пациента накладываются манжеты, в которые во время диастолы

с высокой скоростью по нарастающей от икры к нижней части бедра, а затем к верхней его части и ягодицам нагнетается воздух с субатмосферным давлением (рабочий диапазон УНКП составляет 240–300 мм рт. ст.) синхронно с сердечным ритмом. Это приводит к ретроградному артериальному кровотоку и увеличению диастолического давления в аорте, что, в свою очередь, ведёт к увеличению коронарного перфузионного давления и усилению кровоснабжения миокарда. Также происходит увеличение венозного возврата к правым отделам сердца. Мгновенное выкачивание воздуха из манжет в начале сокращения желудочков понижает сосудистое сопротивление и, следовательно, уменьшает работу сердца. При значительном стенозе коронарных артерий отмечается разница перфузионного давления в участках миокарда, кровоснабжаемых разными артериями. Увеличение давления перфузии в диастолу приводит к открытию и формированию коллатералей и усилению кровоснабжения гипоперфузируемого участка миокарда. Проведенный метаанализ по оценке влияния курсового применения УНКП показывает значительное улучшение перфузии миокарда у пациентов с ИБС [5]. Гемодинамический эффект, наблюдаемый во время УНКП, продемонстрирован в работе А. D. Michaels et al. (2002 г.) при помощи внутрикоронарной доплерографии [6]. В ходе исследования показано повышение диастолического (с  $71 \pm 10$  мм рт. ст. исходно до  $137 \pm 21$  мм рт. ст. во время УНКП;  $+93\%$ ;  $p < 0,0001$ ) и среднего внутрикоронарного (с  $88 \pm 9$  до  $102 \pm 16$  мм рт. ст.;  $+16\%$ ;  $p = 0,006$ ) давления, при этом систолическое внутрикоронарное давление достоверно снижалось (со  $116 \pm 20$  до  $99 \pm 26$  мм рт. ст.;  $-15\%$ ;  $p = 0,002$ ); также отмечено увеличение скорости коронарного кровотока (с  $11 \pm 5$  см/с исходно до  $23 \pm 5$  см/с во время УНКП ( $+109\%$ ;  $p = 0,001$ )) [6].

В. Li et al. (2019 г.) создали геометрическую многомасштабную 3D-модель коронарного русла с целью оценки гемодинамических эффектов во время применения УНКП. В работе достоверно показано, что благодаря УНКП значительно улучшается напряжение сдвига стенки, а колебательный индекс сдвига несколько снижается (рис. 3, 4). Также во время применения УНКП существенно улучшаются внутрикоронарные гемодинамические параметры, которые влияют на долгосрочный прогноз в лечении пациентов с ИБС [7].

Нарушение функции эндотелия рассматривают как одну из ключевых причин развития сердечно-сосудистых заболеваний, преж-

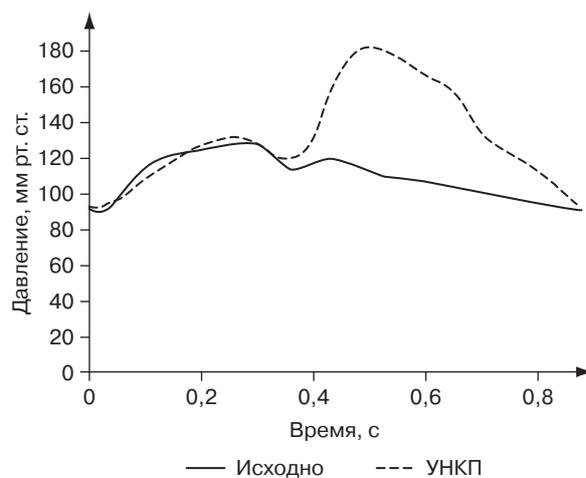


Рис. 3. Динамика показателей давления в аорте исходно и во время выполнения УНКП [7]

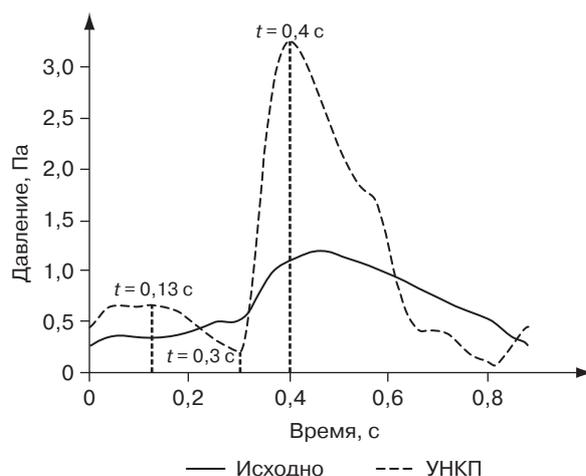


Рис. 4. Сравнение исходного среднего уровня напряжения сдвига стенки в области за стенозом и во время УНКП. Три экстремальных момента, которые основаны на форме волны напряжения сдвига стенки во время УНКП, составляют 0,13, 0,3 и 0,4 с соответственно [7]

де всего в патогенезе атеросклероза и его осложнений [8, 9]. Известно, что эндотелий способен реагировать на механическое воздействие протекающей крови, величину давления крови в просвете сосуда и степень напряжения мышечного слоя сосуда. Терапию УНКП связывают с мгновенным увеличением кровотока во множественных сосудистых ложах, включая коронарное кровоснабжение [8]. В результате этого УНКП повышает эндотелиальное напряжение сдвига, что улучшает эндотелиальную функцию, стимулируя выделение сосудорасширяющего медиатора оксида азота (NO) и снижая выделение сосудосуживающего медиатора эндотелина-1 [10]. Эти изменения прогрессируют во время курса УНКП и служат объяснением улучшения коронарной перфузии и расширения сосудов после УНКП. Как известно, при атеросклерозе наблюдается повышение уровней противо-

воспалительных цитокинов и молекул адгезии по сравнению с соответствующими значениями у здоровых людей [9, 11, 12]. В эксперименте доказано, что высокое напряжение сдвига оказывает благоприятное влияние на противовоспалительные цитокины и молекулы адгезии. Наибольшие перспективы связывают с оценкой уровней таких маркеров воспаления, как растворимые молекулы адгезии sICAM-1 (soluble intercellular adhesion molecules 1 – молекулы межклеточной адгезии 1-го типа) и sVCAM-1 (soluble vascular cellular adhesion molecules 1 – молекулы адгезии сосудистого эндотелия 1-го типа). В ходе исследования, выполненного на базе НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева под руководством Л.А. Бокерия, показано, что на фоне применения курса УНКП происходит достоверное снижение в плазме крови уровней молекул адгезии sVCAM и sICAM-1, также отмечено снижение в плазме крови уровня С-реактивного белка. Наблюдаемое в данном исследовании снижение уровня маркеров воспаления может иметь клиническое значение для снижения риска развития неблагоприятных событий [13].

В исследовании D. Masuda et al. показано, что через 1 мес после окончания курса УНКП было обнаружено значительное повышение уровня NO плазмы крови [14]. В другом исследовании отмечено, что результатом УНКП является значительное и дозированное увеличение уровня NO плазмы крови у пациентов с ИБС, у которых исходные значения уровня NO были гораздо меньше, чем у здоровых людей. Следует отметить, что к концу лечения средний уровень NO у больных поднялся до показателей в контрольной группе. В то же время курс УНКП приводит к значительному уменьшению уровня эндотелина-1 плазмы крови у пациентов с ИБС. Эти изменения уровней NO плазмы и эндотелина-1 были пропорциональны продолжительности лечения и сохранялись в течение месяца после окончания УНКП [15].

Кроме того, вследствие снижения периферического сосудистого сопротивления терапия УНКП может привести и к так называемому тренирующему эффекту, который аналогичен эффекту, возникающему в результате физических упражнений. Известно, что регулярные физические упражнения улучшают эндотелиальную функцию за счет повышения кровообращения и напряжения сдвига, что, в свою очередь, увеличивает eNOS/NO-метаболизм. В данном аспекте механизм УНКП подобен физическим упражнениям. Так как большинство кардиологических пациентов не могут выполнять физические упражнения в объеме, достаточном для достижения по-

добного уровня увеличения артериального напряжения сдвига, то УНКП может помочь им в этом, обеспечив защиту сосудов, схожую с таковой при интенсивных физических упражнениях. Более того, в одном исследовании показано, что применение УНКП может вызвать реакцию клеток скелетных мышц и увеличить экспрессию факторов роста IGF-1 и FGF-2 в тканях скелетных мышц, которые тесно связаны с метаболизмом скелетных мышц клетки и их способностью увеличивать оксигенацию [16].

### **Результаты клинических исследований эффективности применения метода наружной контрпульсации**

Полученные к настоящему времени результаты свидетельствуют о том, что применение УНКП позволяет добиваться отчетливой положительной динамики у больных ИБС – уменьшения частоты приступов стенокардии и потребности в нитратах [2, 17], увеличения времени до развития стрессиндуцированной депрессии ST-сегмента, уменьшения дефекта перфузии миокарда [3, 14, 18, 19], а также повышения толерантности к физическим нагрузкам и повышения качества жизни [2, 14, 18, 19]. Рандомизированное многоцентровое двойное слепое плацебо-контролируемое клиническое исследование MUST–ЕЕСР документировало положительное клиническое воздействие УНКП у пациентов с ИБС, имеющих положительные результаты нагрузочных тестов [2]. Подысследование MUST-ЕЕСР показало значительное улучшение параметров качества жизни пациентов, сохранявшееся в течение последующего года. Кроме того, длительное наблюдение показывает, что клинически благоприятное воздействие может наблюдаться в течение 5 лет у пациентов, имеющих положительную исходную реакцию на терапию [3].

В 2019 г. инициирована работа по проведению метаанализа, посвященного оценке влияния УНКП на работу сердца у пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) (PROSPERO 2020). Данный метаанализ позволит оценить влияние УНКП у пациентов старше 18 лет с ХСН по сравнению с оптимальной медикаментозной терапией на показатели теста с 6-минутной ходьбой, уровень NT-proBNP, фракцию выброса левого желудочка и т. д. [20].

В работе, опубликованной I. Taguchi et al., было продемонстрировано, что проведение УНКП у пациентов с острым инфарктом миокарда способствует улучшению функционального состояния миокарда: увеличивается

сердечный индекс при сохранении прежней частоты сердечных сокращений, при лабораторных тестах отмечено уменьшение концентрации предсердного натрийуретического пептида в крови [21]. Также показательным представляется исследование, проведенное в НИИ кардиологии г. Томска, целью которого являлась оценка влияния УНКП на гемодинамику у больных с острым Q-инфарктом миокарда и его клиническое течение. Проведено открытое контролируемое нерандомизированное исследование методом групп параллельного сравнения [22]. В исследование были включены 48 пациентов с острым Q-инфарктом миокарда (22 пациента в основной группе, 26 – в контрольной). Пациенты основной группы получали 30-минутные сеансы УНКП в течение 7 дней. УНКП не приводила к статистически значимому увеличению средних значений основных параметров гемодинамики непосредственно после процедуры. Максимальное снижение показателей насосной и сократительной функции левого желудочка у больных с острым Q-инфарктом миокарда наблюдалось на 3-и сутки с последующим их увеличением и стабилизацией к 7–21-му дню заболевания. На фоне проведения УНКП отмечалось плавное увеличение показателей насосной и сократительной функции ЛЖ к 7-м суткам исследования, без их отрицательной динамики на 3-и сутки. К концу исследования изменения между группами нивелировались. В контрольной группе достоверно чаще имели место случаи соматогенного делирия и пневмонии. Исследователи пришли к выводу, что метод УНКП достаточно безопасен для применения в остром и подостром периоде Q-инфаркта миокарда. Группа УНКП характеризовалась лучшей динамикой показателей систолической функции в остром периоде Q-инфаркта миокарда, а также более благоприятным клиническим течением.

Целью работы, выполненной Д.Б. Кульчицкой и др. (2019 г.), было изучение влияния УНКП на эндотелиальную функцию и состояние микроциркуляции у пациентов после реваскуляризации миокарда (АКШ или ЧКВ) с ХСН II–III ФК [23]. В исследование были включены 60 больных. Для оценки состояния микроциркуляторного русла изучался капиллярный кровоток с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии. В ходе исследования показано, что курсовое применение УНКП у пациентов после реваскуляризации миокарда оказывало корректирующее действие на систему микрогемодинамики. Изменения микроциркуляции были обусловлены нормализацией миогенного и нейроген-

ного тонуса артериол, усилением осцилляций эндотелиального диапазона. Выраженное благоприятное воздействие УНКП на сердечно-сосудистую систему у обследуемых пациентов подтверждалось достоверным повышением толерантности к физической нагрузке, статистически значимым улучшением результатов теста с 6-минутной ходьбой. Отмечены уменьшение ФК сердечной недостаточности и положительная динамика клинического статуса наблюдаемых больных.

В рандомизированном контролируемом исследовании P. Ruangkanhasetr et al. [24] оценивалась функция почек по показателям сывороточного цистатина С (Cys C) и скорости клубочковой фильтрации (СКФ) после 35 сеансов УНКП у 30 пациентов с хронической стабильной стенокардией и/или сердечной недостаточностью. Средний период наблюдения после начала курса УНКП составил 16 мес (от 10 до 24 мес). Результаты исследования показали значительное снижение уровня Cys C – с  $1,00 (0,78 \pm 1,31)$  до  $0,94 (0,77 \pm 1,27)$  мг/л ( $p < 0,001$ ), а также увеличение расчетной СКФ с  $70,47 (43,88 \pm 89,41)$  до  $76,27 (49,02 \pm 91,46)$  мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> ( $p = 0,006$ ) после НКП. Анализ подгрупп показал, что у пациентов с исходной СКФ менее 60 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> или NT-proBNP более 125 пг/мл наблюдалось значительное снижение уровня Cys C по сравнению с другими группами ( $p < 0,01$ ). Данное исследование продемонстрировало, что УНКП может улучшить долговременную функцию почек у пациентов с сердечной недостаточностью, особенно в случаях сниженной функции почек или высокого NT-proBNP.

Пациенты с сахарным диабетом представляют группу больных с высоким риском развития осложнений, поэтому часто они не получают существенной пользы от реваскуляризации в отличие от пациентов без сахарного диабета. Проведенное рандомизированное контролируемое исследование, включавшее пациентов с сахарным диабетом II типа, показало достоверное снижение уровня глюкозы натощак, уровня глюкозы через 2 ч после приема пищи и уровня гликозилированного гемоглобина по сравнению с исходным (до применения УНКП). Влияние на снижение гликозилированного гемоглобина сохранялось не менее 6 мес [25, 26]. В другом исследовании у пациентов с нарушенной толерантностью к глюкозе применение УНКП привело к снижению уровней фактора некроза опухоли- $\alpha$  и С-реактивного белка, что было связано с уменьшением текущего воспалительного процесса в организме [27]. Также было показано, что УНКП оказывает благоприятный

эффект на течение диабетической ретинопатии [28, 29], диабетической нефропатии и других хронических осложнений диабета [30]. По сравнению с традиционной терапией или лазерной фотокоагуляцией применение УНКП улучшило гемодинамику глазной артерии и зрения по сравнению с традиционной терапией [28, 29]. Кроме того, сообщалось, что УНКП оказывает благоприятное воздействие при диабетической стопе, периферической невропатии и заболеваниях периферических сосудов [31]. Проведенные исследования доказывают, что при лечении больных диабетом УНКП представляет собой безопасную, эффективную и хорошо переносимую терапию.

Несмотря на успехи в диагностике и лечении хронических облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей, они занимают одно из ведущих мест в структуре заболеваемости, стойкости нетрудоспособности и причин летальности. Применение шунтирующих операций и эндоваскулярных методов не позволило в полной мере решить проблемы лечения данной категории больных. Кроме того, у значительной части пациентов невозможно выполнить хирургическое вмешательство из-за наличия тяжелой сопутствующей патологии. Это послужило стимулом для поиска альтернативных методов лечения данной патологии, одним из которых является УНКП.

Анализ результатов применения УНКП при лечении пациентов с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей продемонстрировал высокую эффективность этого метода. Так, в работе В.А. Бадтиева и др. (2019 г.) было показано, что использование УНКП на фоне стандартной терапии позволяет существенно сократить частоту болевого синдрома, а также характерных жалоб на судороги в икроножных мышцах и нарушение чувствительности в нижних конечностях. Применение УНКП способствовало увеличению показателей пульсового кровенаполнения на фоне снижения спазма артерий, улучшению коллатерального и венозного кровотока, переносимости физических нагрузок [32]. В работе А.М. Сударева и др. были обследованы 46 больных, из них у 65% была Пв стадия ишемии нижних конечностей, а у 35% – Па стадия по классификации Fontaine и Покровского [33]. Эффективность процедуры оценивалась по дистанции безболезной ходьбы, изменению лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ), показателям лазерной доплеровской флуометрии, Эдинбургского опросника перемежающей хромоты. Регресс клинических симптомов был отмечен у всех

пациентов, прошедших курс УНКП. Статистически достоверно увеличилась дистанция безболезной ходьбы – со  $170,77 \pm 109,66$  до  $345,32 \pm 220,22\%$  и ЛПИ – с  $0,63 \pm 0,1$  до  $0,79 \pm 0,09$  ( $p < 0,05$ ). Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что применение НКП в комплексном лечении пациентов с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей I–IIb стадии является клинически эффективным методом лечения, позволяющим существенно снизить выраженность клинических проявлений заболевания, уменьшить симптомы хронической ишемии нижних конечностей.

Одышка и непереносимость физических упражнений, как правило, являются наиболее тревожными симптомами, о которых сообщают пациенты с хроническими заболеваниями легких, и значительно снижают качество жизни. Кроме того, одышка, отсутствие физической активности, снижение пикового потребления кислорода ( $VO_2$ ) тесно взаимосвязаны и, как было показано, являются прогностическими факторами более ранней смертности при различных хронических заболеваниях легких [34]. Неудивительно, что уменьшение одышки и повышение толерантности к физической нагрузке – основные цели лечения хронических заболеваний легких. М. Zhao et al. провели пилотное рандомизированное контролируемое исследование, которое было направлено на изучение влияния УНКП на физическую выносливость у здоровых людей и пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), а также выбор методов лечения для улучшения их физического состояния [35]. В исследование включены 72 пациента, которые случайным образом были разделены на группы УНКП и не-УНКП. В соответствии с показателями максимального потребления кислорода добровольцы также были разделены на подгруппы с нормальной, низкой выносливостью и ХОБЛ. Различия в выносливости при физической нагрузке оценивали между группами УНКП и не-УНКП до и после лечения. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование включало определение анаэробного порогового потребления кислорода ( $AT-VO_2$ ), максимального потребления кислорода ( $Max-VO_2$ ), анаэробного порогового импульса ( $AT-O_2puls$ ), анаэробного порогового метаболического эквивалента ( $AT-Mets$ ) и максимального метаболического эквивалента ( $Max-Mets$ ). Согласно полученным данным, УНКП значительно улучшила все эти показатели по сравнению с группой без УНКП ( $p < 0,05$ ). При анализе подгрупп было показано, что УНКП значительно увеличила выносливость

при физической нагрузке у взрослых с нормальной и низкой выносливостью, а также у пациентов с ХОБЛ [35].

Цереброваскулярные заболевания представляют собой одну из наиболее актуальных проблем современной медицины, это обусловлено их широкой распространенностью и большой социальной значимостью в связи с выраженной инвалидизацией, особенно у лиц старших возрастных групп, имеющих разнообразную коморбидную патологию. Отечественный и зарубежный опыт подтверждает эффективность применения УНКП в комплексе реабилитационных мероприятий у пациентов, перенесших ишемический инсульт, как в раннем, так и позднем восстановительном периоде [36–39]. В исследовании М.А. Энеевой и др. показано, что курс УНКП способствует снижению выраженности спастического пареза и нормализации мышечного тонуса, увеличению степени независимости в повседневной жизни и улучшению качества жизни пациента [36]. Наряду с клиническим улучшением состояния больных регистрируется нормализация показателей церебральной гемодинамики в виде нарастания скорости кровотока по средней мозговой и плечевой артериям. У пациентов с депрессивными расстройствами в раннем восстановительном периоде после инсульта по окончании курса УНКП было отмечено общее улучшение самочувствия и настроения, повышение повседневной активности, зафиксировано уменьшение выраженности астенических проявлений, повышение аффективного тонуса, улучшение концентрации внимания, появление бодрости, повышение самооценки и уверенности в себе. Пациенты данной группы были положительно настроены на поддерживающее лечение и дальнейшее сотрудничество с врачами, отмечали улучшение сна и аппетита [40].

В одной из работ авторы установили, что УНКП значительно снижает вариабельность артериального давления и частоты сердечных сокращений, это указывает на то, что УНКП улучшает вегетативную функцию у пациентов с ишемическим инсультом [38, 39]. Ученые из Китая также сообщили о положительном влиянии УНКП у пациентов с транзиторными ишемическими атаками вследствие поражений позвоночно-базилярной артерии [41]. Другие авторы, изучавшие влияние УНКП на болезнь Альцгеймера, обнаружили, что из 33 пациентов с болезнью Паркинсона после лечения с УНКП 87,9% имели симптоматическое улучшение [42].

В исследовании Y. Xiong et al. проверена гипотеза о том, что длительное использова-

ние УНКП защищает сосудистые эндотелиальные клетки от апоптоза, изменяя экспрессию генов [43]. Авторы в эксперименте на свиньях установили, что применение УНКП приводит к ультраструктурным изменениям, таким как сморщивание клеточной мембраны, дегенерация и фрагментация ядра. Также авторы продемонстрировали снижение индекса апоптоза в клетках эндотелия. На основании полученных данных были сделаны выводы, что использование УНКП замедляет прогрессирование ранних атеросклеротических изменений, вероятно, за счет снижения регуляции гена, стимулирующего апоптоз, — Araf-1 [43].

Метод УНКП нашел свое применение и у пациентов с лимфovenозной недостаточностью нижних конечностей. Было показано, что после курсового применения УНКП у больных происходит регрессия отеков, выявлено улучшение показателей микроциркуляторного русла по данным лазерной доплеровской флоуметрии. Полученные результаты позволяют сделать выводы о положительном влиянии УНКП в комплексном лечении пациентов с данной патологией [44].

Положительное влияние УНКП отмечено и при лечении эректильной дисфункции: согласно опубликованному данным, улучшение эректильной функции после курса УНКП наблюдалось у пациентов с/без ИБС без каких-либо существенных побочных эффектов [45].

Определенную роль УНКП играет и в современном спорте высших достижений, ориентированном на участие в чемпионатах мира, Европы и Олимпийских играх. Это связано с тем, что УНКП эффективно восстанавливает и значительно улучшает один из главных процессов в организме человека — кровообращение. В экспериментальных исследованиях Н.А. Фудина и др. (2011 г.) приняли участие 7 высокотренированных спортсменов, специализирующихся в беге на 800, 1500 и 3000 м [46]. Этим спортсменам предлагалось выполнить «работу до отказа» на беговой дорожке. Сразу после прекращения работы спортсменам в течение 30 мин проводили УНКП, а затем им предлагалось повторить «работу до отказа» на беговой дорожке. В ходе исследования было установлено, что у всех испытуемых повторная беговая работа увеличилась по времени на 5–7%. Такой временной прирост беговой работы напрямую связан с эффективным воздействием УНКП. По результатам исследования достоверно повысилась скорость кровотока и оксигенация крови, активизировалось выведение метаболитов, произошла «экономизация» сердечной деятельности, а также увеличение времени

при выполнении повторного теста «работа до отказа» и сокращение восстановительного периода после физической нагрузки [46].

Кроме того, было исследовано влияние применения УНКП на восстановительные процессы после выполнения субпредельных физических нагрузок. В исследование включены 14 спортсменов в возрасте от 17 до 19 лет, занимающихся плаванием на длинные дистанции на открытой воде. После выполнения субпредельных физических нагрузок у 9 испытуемых (основная группа) проведена НКП, другие же 5 спортсменов являлись контрольной группой. Концентрация молочной кислоты в крови измерялась через 5 мин после окончания субпредельной физической нагрузки, а также на 15-й и 30-й минуте УНКП и спустя 10 мин после ее окончания. Процедура УНКП продолжалась в течение 50 мин. В ходе исследования было отмечено достоверное снижение содержания молочной и фосфорной кислоты в крови у спортсменов основной группы, тогда как в контрольной группе эти показатели остались без изменения. Авторами сделано заключение, что УНКП помимо повышения скорости утилизации молочной и фосфорной кислоты из крови способствует увеличению сердечного выброса, кровоснабжения скелетной мускулатуры, что в конечном итоге активизирует метаболические процессы в организме спортсменов, повышающие устойчивость к субпредельным физическим нагрузкам в период тренировок и соревнований.

Изучение влияния УНКП на восстановление после нагрузки у игроков элитной лиги регби, даже при кратковременном использовании этого метода, показало положительный эффект. Так, при применении УНКП в течение 60 мин до тренировки и 30 мин после тренировки наблюдалось увеличение циклической пиковой мощности нагрузки ( $p=0,028$ ) и накопленной пиковой мощности ( $p=0,027$ ) по сравнению с плацебо. Только в группе УНКП отмечалось повышение в плазме крови уровня антагониста рецептора интерлейкина-1 ( $p=0,024$ ), который сохранялся стабильно высоким на протяжении 5 ч после окончания тренировки ( $p=0,093$ ). Кроме того, соотношение тестостерона и кортизола увеличивалось выше базового уровня и плацебо через 5 ч после тренировки ( $p=0,017$ ). Соотношение  $\alpha$ -амилазы слюны после тренировки и иммуноглобулина А уменьшилось после применения УНКП ( $p=0,013$ ) по сравнению с плацебо. То есть показатели физической нагрузки и гормональные показатели стресса улучшились, а маркеры воспаления снизились после применения УНКП [47].

Таким образом, анализ отечественной и зарубежной литературы по использованию УНКП в спортивной практике свидетельствует о ее высокой эффективности в циклических и скоростно-силовых видах спорта. Данный метод способствует скорейшему восстановлению мышечного аппарата на фоне вовлечения дополнительных физиологических резервов кардиогемодинамики.

Более чем 15-летний опыт применения УНКП в Центре им. А.Н. Бакулева (на базе отделения хирургического лечения интерактивной патологии) свидетельствует о ее высокой эффективности и безопасности в комплексном лечении пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Этот метод показал отличные результаты как в качестве подготовки к реваскуляризирующим операциям, так и в качестве альтернативного метода лечения при невозможности проведения хирургического вмешательства.

### Заключение

Накопленный к настоящему времени опыт использования УНКП в клинической практике позволяет говорить об эффективности метода, возможности его применения при различной патологии, а относительно низкая стоимость технологии делает ее доступной для большого числа пациентов. Также хочется отметить уникальность данного метода — возможность его использования в условиях амбулаторного лечения, без госпитализации в стационар. Все это делает УНКП перспективным методом, нуждающимся в широком внедрении в медицинские учреждения здравоохранения России.

### Литература [References]

1. Banas J.S., Brilla A., Levine H.J. Evaluation of external counterpulsation for the treatment of angina pectoris. (Abstr.) *J. Am. Coll. Cardiol.* 1973; 31: 118. DOI: 10.1016/0002-9149(73)90835-7
2. Arora R.R., Chou T.M., Jain D., Fleishman B., Crawford L., McKiernan T. et al. The multicenter study of enhanced external counterpulsation (MUST-EECP); effect of EECP on exercise-induced myocardial ischemia and angina episodes. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999; 33: 1833–40. DOI: 10.1016/s0735-1097(99)00140-0
3. Lawson W.E., Hui J.C.K., Cohn P.F. Long-term prognosis of patients with angina treated with enhanced external counterpulsation: five-year follow-up study. *Clin. Cardiol.* 2000; 23: 254–8. DOI: 10.1002/clc.4960230406
4. Abbottsmith C.W., Chung E.S., Varricchio T., Lame P.A., Silver M.A., Francis G.S. et al. Enhanced external counterpulsation improves exercise duration and peak oxygen consumption in older patients with heart failure: a subgroup analysis of the PEECH trial. *Congest. Heart Fail.* 2006; 12: 307–11. DOI: 10.1111/j.1527-5299.2006.05904

5. Qin X., Deng Y., Wu D., Yu L., Huang R. Does enhanced external counterpulsation (EECP) significantly affect myocardial perfusion? A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 2016; 11 (4): e0151822. DOI: 10.1371/journal.pone.0151822
6. Michaels A.D., Accad M., Ports T.A., Grossman W. Left ventricular systolic unloading and augmentation of intracoronary pressure and Doppler flow during enhanced external counterpulsation. *Circulation*. 2002; 106: 1237–42. DOI: 10.1161/01.cir.0000028336.95629
7. Li B., Wang W., Mao B., Yang H., Niu H., Du J. et al. Long-term hemodynamic mechanism of enhanced external counterpulsation in the treatment of coronary heart disease: a geometric multiscale simulation. *Med. Biol. Engin. Comp.* 2019; 57 (11): 2417–33. DOI: 10.1007/s11517-019-02028-4
8. Shechter M., Matetzky S., Feinberg M.S., Chouraqi P., Rotstein Z., Hod H. External counterpulsation therapy improves endothelial function in patients with refractory angina pectoris. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2003; 42: 2090–5. DOI: 10.1016/j.jacc.2003.05.013
9. Chatzizisis Y.S., Coskun A.U., Jonas M., Edelman E.R., Feldman C.L., Stone P.H. Role of endothelial shear stress in the natural history of coronary atherosclerosis and vascular remodeling: molecular, cellular, and vascular behavior. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2007; 49: 2379–93. DOI: 10.1016/j.jacc.2007.02.059
10. Bonetti P.O., Gadasalli S.N., Lerman A., Barsness G.W. Successful treatment of symptomatic coronary endothelial dysfunction with enhanced external counterpulsation. *Mayo Clin. Proc.* 2004; 79 (5): 690–2. DOI: 10.4065/79.5.690
11. Akhtar M., Wu G.F., Du Z.M., Zheng Z.S., Michaels A.D. Effect of external counterpulsation on plasma nitric oxide and endothelin-1 levels. *Am. J. Cardiol.* 2006; 98: 28–30. DOI: 10.1016/j.amjcard.2006.01.053
12. Kervinen H., Manttari M., Kaartinen M., Makunen H., Palosuo T., Pukki K., Kovanen P.T. Prognostic usefulness of plasma monocyte/macrophage and T-lymphocyte activation markers in patients with acute coronary syndromes. *Am. J. Cardiol.* 2004; 94: 993–6. DOI: 10.1016/j.amjcard.2004.06.052
13. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Полякова У.А. Наружная контрпульсация в лечении больных ишемической болезнью сердца: от механизмов действия до клинических результатов. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2012; 2: 47–51.  
[Bockeria L.A., Bockeria O.L., Polyakova U.A. External counterpulsation in the treatment of patients with ischemic heart disease: from mechanisms of action to clinical results. *Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2012; 2: 47–51 (in Russ.).]
14. Masuda D., Nohara R., Hirai T., Kataoka K., Chen L.G., Hosokawa R. et al. Enhanced external counterpulsation improved myocardial perfusion and coronary flow reserve in patients with chronic stable angina. *Eur. Heart J.* 2001; 22: 1451–8. DOI: 10.1053/euhj.2000.2545
15. Barsness G.W. Enhanced external counterpulsation in unrevascularizable patients. *Curr. Interv. Cardiol. Rep.* 2001; 3: 37–43. PMID: 11177718
16. Melin M., Montelius A., Ryden L., Gonon A., Hagerman I., Rullman E. Effects of enhanced external counterpulsation on skeletal muscle gene expression in patients with severe heart failure. *Clin. Physiol. Funct. Imaging*. 2018; 38 (1): 118–27. DOI: 10.1111/cpf.12392
17. Michaels A.D., Linnemeier G., Soran O., Kelsey S.F., Kennard E.D. Two-year out-comes after enhanced external counterpulsation for stable angina pectoris (from the International EECP Patients Registry [IEPR]). *Am. J. Cardiol.* 2004; 93: 461–4. DOI: 10.1016/j.amjcard.2003.10.044
18. Lakshmi M.V., Kennard E.D., Kelsey S.F., Holubkov R., Michaels A.D. Relation of the pattern of diastolic augmentation during a course of enhanced external counterpulsation (EECP) to clinical benefit (from the International EECP Patient Registry (IEPR)). *Am. J. Cardiol.* 2002; 89: 1303–5. DOI: 10.1016/s0002-9149(02)02332-9
19. Stys T.P., Lawson W.E., Hui J.C.K., Fleishman B., Manzo K., Strobeck J.E. et al. Effects of enhanced external counterpulsation on stress radionuclide coronary perfusion and exercise capacity in chronic stable angina pectoris. *Am. J. Cardiol.* 2002; 89: 822–4. DOI: 10.1016/s0002-9149(02)02191-4
20. Congyang Liu, Lei Jiao, Xin Gong, Yong Zou, Mingyue Xu. Enhanced external counterpulsation improves cardiac function in patients with chronic heart failure: a meta-analysis. *PROSPERO*. 2020; CRD42020150748
21. Taguchi I., Ogawa K., Kanaya T., Matsuda R., Kuga H., Nakatsugawa M. Effects of enhanced external counterpulsation on hemodynamics and its mechanism. Relation to neurohumoral factors. *J. Circ.* 2004; 68: 1030–4. DOI: 10.1253/circj.68.1030
22. Максимов А.И., Рябов В.В., Марков В.А. Влияние усиленной наружной контрпульсации на гемодинамику и клиническое течение при остром инфаркте миокарда. *Сибирский медицинский журнал*. 2011; 26 (2) 1: 94–9.  
[Maksimov A.I., Ryabov V.V., Markov V.A. The effect of enhanced external counterpulsation on hemodynamics and the clinical course in acute myocardial infarction. *Siberian Medical Journal*. 2011; 26 (2) 1: 94–9 (in Russ.).]
23. Кульчицкая Д.Б., Шовкун Т.В., Ярных Е.В., Кончугова Т.В., Князева Т.А., Гушчина Н.В. Влияние наружной контрпульсации на состояние микроциркуляции у пациентов с ишемической болезнью сердца, осложненной развитием хронической сердечной недостаточности, после хирургической и эндоваскулярной реваскуляризации миокарда. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2019; 96 (5): 5–10. DOI: 10.17116/kurort2019960515  
[Kul'chitskaya D.B., Shovkun T.V., Yarnykh E.V., Konchugova T.V., Knyazeva T.A., Gushchina N.V. The effect of external counterpulsation on the state of microcirculation in patients with coronary heart disease complicated by the development of chronic heart failure, after surgical and endovascular myocardial revascularization. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy*. 2019; 96 (5): 5–10 (in Russ.). DOI: 10.17116/kurort2019960515]
24. Ruanganchanasetr P., Mahanonda N., Raungratana-amporn O., Ruckpanich P., Kitiyakara C., Chairasert A. Effect of enhanced external counterpulsation treatment on renal function in cardiac patients. *J. BMC Nephrol.* 2013; 14: 193. DOI: 10.1186/1471-2369-14-193
25. Sardina P.D., Martin J.S., Avery J.C., Braith R.W. Enhanced external counterpulsation (EECP) improves biomarkers of glycemic control in patients with non-insulin-dependent type II diabetes mellitus for up to 3 months following treatment. *Acta Diabetol.* 2016; 53 (5): 745–52. DOI: 10.1007/s00592-016-0866-9
26. Sardina P.D., Martin J.S., Dzieza W.K., Braith R.W. Enhanced external counterpulsation (EECP) decreases advanced glycation end products and proinflammatory cytokines in patients with non-insulin-dependent type II diabetes mellitus for up to 6 months following treatment. *Acta Diabetol.* 2016; 53 (5): 753–60. DOI: 10.1007/s00592-016-0869-6
27. Martin J.S., Braith R.W. Anti-inflammatory effects of enhanced external counterpulsation in subjects with

- abnormal glucose tolerance. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2012; 37 (6): 1251–5. DOI: 10.1139/h2012-112
28. Yang Y., Zhang H., Yan Y., Gui Y. Clinical study in patients with ocular ischemic diseases treated with enhanced external counterpulsation combined with drugs. *Mol. Med. Rep.* 2013; 7 (6): 1845–9. DOI: 10.3892/mmr.2013.1445
  29. Li H.L., Zhou J.W., Zuo W. Effects of external counterpulsation combined with laser photocoagulation for treatment of non-proliferative diabetic retinopathy. *Guoji Yanke Zazhi.* 2016; 16 (11): 2082–4. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2016.11.24
  30. Shen Li, Wang Xiao-ming, Wu Gui-fu. Expert consensus on the clinical application of enhanced external counterpulsation in elderly people (2019). *Aging. Med. (Milton).* 2020; 3 (1): 16–24. DOI: 10.1002/agm2.12097
  31. Martin J.S., Beck D.T., Aranda J.M. Jr., Braith R.W. Enhanced external counterpulsation improves peripheral artery function and glucose tolerance in subjects with abnormal glucose tolerance. *J. Appl. Physiol.* 1985; 2012; 112 (5): 868–76. DOI: 10.1152/jappphysiol.01336.2011
  32. Бадтиева В.А., Ворошилова Д.Н., Сичинава Н.В. Применение метода усиленной наружной контрпульсации в лечении и реабилитации пациентов с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2019; 96 (4): 5–11. DOI: 10.17116/kurort2019960415  
[Badtieva V.A., Voroshilova D.N., Sichinava N.V. Use of enhanced external counterpulsation in the treatment and rehabilitation of patients with atherosclerosis obliterans of the lower extremity. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy.* 2019; 96 (4): 5–11 (in Russ.). DOI: 10.17116/kurort2019960415]
  33. Сударев А.М. Лечение хронических облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2013; 1: 26–32. [Sudarev A.M. Treatment of chronic obliterating diseases of the arteries of the lower extremities. *Angiology and Vascular Surgery.* 2013; 1: 26–32 (in Russ.).]
  34. O'Donnell D.E., Elbehairy A.F., Berton D.C., Dominik N.J., Neder J.A. Advances in the evaluation of respiratory pathophysiology during exercise in chronic lung diseases. *Front. Physiol.* 2017; 8: 82. DOI: 10.3389/fphys.2017.00082
  35. Zhao M., Huang Y., Li L., Zhou L., Wu Z., Liu Y. et al. Enhanced external counterpulsation efficacy on exercise endurance in COPD patients and healthy subjects: a pilot randomized clinical trial. *Int. J. Chron. Obstr. Pulm. Dis.* 2020; 15: 25–31. DOI: 10.2147/COPD.S225566
  36. Энеева М.А., Костенко Е.В., Разумов А.Н., Петрова Л.В., Бобырева С.Н., Несук О.М. Усиленная наружная контрпульсация – метод неинвазивного вспомогательного кровообращения в комплексном восстановительном лечении пациентов после ишемического инсульта. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2015; 92 (3): 45–52. [Eneeva M.A., Kostenko E.V., Razumov A.N., Petrova L.V., Bobyreva S.N., Nesuk O.M. Enhanced external pulsation is a non-invasive assisted circulatory technique in the comprehensive rehabilitation treatment of patients after ischemic stroke. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy.* 2015; 92 (3): 45–52 (in Russ.).]
  37. Xiong L., Lin W., Han J., Chen X., Leung T., Soo Y., Wong K.S. Enhancing cerebral perfusion with external counterpulsation after ischaemic stroke: how long does it last? *J. Neurol. Neurosurg. Psych.* 2016; 87 (5): 531–6. DOI: 10.1136/jnnp-2014-309842
  38. Xiong L., Tian G., Wang L., Lin W., Chen X., Leung T.W.H. et al. External counterpulsation increases beat-to-beat heart rate variability in patients with ischemic stroke. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2017; 26 (7): 1487–92. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.03.007
  39. Tian G., Xiong L., Lin W., Han J., Chen X., Leung T.W. et al. External counterpulsation reduces beat-to-beat blood pressure variability when augmenting blood pressure and cerebral blood flow in ischemic stroke. *J. Clin. Neurol.* 2016; 12 (3): 308–15. DOI: 10.3988/jcn.2016.12.3.308
  40. Разумов А.П., Энеева Е.В., Костенко Е.В., Бобырева С.Н. Депрессивные расстройства в раннем восстановительном периоде после перенесенного ишемического инсульта: возможности применения метода усиленной наружной контрпульсации. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2016; 93 (1): 4–10. DOI: 10.17116/kurort201614-10  
[Razumov A.P., Eneeva E.V., Kostenko E.V., Bobyreva S.N. Depressive disorders in the early recovery period after an ischemic stroke: the possibility of using the method of enhanced external counterpulsation. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy.* 2016; 93 (1): 4–10 (in Russ.). DOI: 10.17116/kurort201614-10]
  41. Ma L.L., Li Y.L., Wang L.Y. The effect of external counterpulsation on vertebral basilar system TIA. *Chin. J. Rehabil.* 2006; 21 (3): 192–3.
  42. Zhou Q. Observation of 33 cases of Parkinson's disease treated with external counterpulsation. *J. Luzhou Med. Coll.* 2004; 27 (1): 56–7.
  43. Xiong Y., Ren Y.F., Xu J., Yang D.Y., He X.H., Luo J.Y. et al. Enhanced external counterpulsation inhibits endothelial apoptosis via modulation of BIRC2 and Apaf-1 genes in porcine hypercholesterolemia. *Int. J. Cardiol.* 2014; 171 (2): 161–8. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.11.033
  44. Князева Т.А., Апханова Т.В., Кульчицкая Д.Б. Применение метода усиленной наружной контрпульсации с целью коррекции эндотелиальной дисфункции у больных с лимфovenозной недостаточностью нижних конечностей. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2015; 14 (Специальный выпуск): 48. [Knyazeva T.A., Apkhanova T.V., Kul'chitskaya D.B. The use of the method of enhanced external counterpulsation in order to correct endothelial dysfunction in patients with lymphovenous insufficiency of the lower extremities. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2015; 14 (Sp. Issue): 48 (in Russ.).]
  45. Raeissadat S.A., Javadi A., Allameh F. Enhanced external counterpulsation in rehabilitation of erectile dysfunction: a narrative literature review. *Vasc. Health Risk Manag.* 2018; 14: 393–9. DOI: 10.2147/VHRM.S181708
  46. Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Бузиашвили Ю.И., Чернышев С.В. Наружная контрпульсация как средство восстановления и повышения спортивной работоспособности. *Академический журнал Западной Сибири.* 2015; 11 (3, 58): 71–2. [Fudin N.A., Hadartsev A.A., Buziashvili Yu.I., Chernyshev S.V. External counterpulsation as a means of restoring and enhancing athletic performance. *Academic Journal of West Siberia.* 2015; 11 (3, 58): 71–2 (in Russ.).]
  47. Roberts L.A., Caia J., James L.P., Scott T.J., Kelly V.G. Effects of external counterpulsation on postexercise recovery in elite rugby league players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2019; 1–7. DOI: 10.1123/ijspp.2018-0682