

DOI: <https://doi.org/10.51922/2616-633X.2021.5.2.1356>

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА И СПОСОБЫ КОРРЕКЦИИ ЕГО НАРУШЕНИЙ

Бируля А. А.

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Беларусь
Государственное учреждение «Санаторий «Юность» Управление делами Президента Республики Беларусь

УДК 612.13-008.3/5-071

Ключевые слова: микроциркуляция, усиленная наружная контрпульсация, гравитационная терапия.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ. А. А. Бируля, Н. П. Митьковская. Современный взгляд на возможности оценки состояния микроциркуляторного русла и способы коррекции его нарушений. *Неотложная кардиология и сердечно-сосудистые риски*, 2021, Т. 5, № 2, С. 1356–1363.

Одним из объектов повышенного интереса научной и практической медицины в XX–XXI веке стало изучение микроциркуляторного русла (МЦР). Оценка анатомо-функционального состояния МЦР для осознания патогенеза различных клинических состояний и подбора оптимальной лечебной тактики широко стала применяться в кардиологии, диабетологии, онкологии, дерматовенерологии, стоматологии, хирургии, нефрологии, урологии, реаниматологии и других направлениях медицины. Отдельно стоит упомянуть возможность изучения и коррекции параметров микроциркуляции при подборе

оптимальной лекарственной терапии у пациентов с COVID-19, особенно с тяжелым течением.

В статье предоставлено описание микроциркуляторного русла, его структура, функции, механизмы регуляции, причины повреждения, методы диагностики нарушений. Рассмотрены современные инструментальные подходы, влияющие на улучшение показателей МЦР. Из неинвазивных методик, улучшающих показатели микроциркуляторного русла, в Республике Беларусь представлены усиленная наружная контрпульсация и гравитационная терапия.

A CONTEMPORARY OUTLOOK ON THE POTENTIALITIES OF MICROCIRCULATORY BED EVALUATION AND METHODS FOR CORRECTING DISORDERS

A. Birulya

Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus
State Institution "Yunost" Health Resort, Office of the President of the Republic of Belarus

Key words: microcirculation, enhanced external counterpulsation, gravity therapy.

FOR REFERENCES. A. Birulya, N. Mitkovskaya. A contemporary outlook on the potentialities of microcirculatory bed evaluation and methods for correcting disorders. *Neotlozhnaya kardiologiya i kardiovaskulyarnye riski* [Emergency cardiology and cardiovascular risks], 2021, vol. 5, no. 2, pp. 1356–1363.

Investigation of the microcirculatory bed (MVB) has induced heightened interest both theoretical and practical in the medical world of the XX–XXI century. Evaluation of the MVB state has been widely used for revealing pathogenesis and developing an efficient treatment plan in cardiology, diabetology, oncology, dermatovenereology, dentistry, surgery, nephrology, urology, resuscitation and other branches of medicine. It's worth noticing that evaluation of the microcirculatory parameters should be included into COVID-19 management for optimal medication of the patients especially in severe cases.

The article provides a description of the microcirculatory bed, its structure, functions, mechanisms of regulation, causes of damage, and methods for diagnosing disorders. Proper consideration is given to the current techniques used to improve microcirculatory readings. Non-invasive techniques applied in the Republic of Belarus for improving the microcirculatory readings include the method of enhanced external counterpulsation and gravity therapy.

Благодаря развитию научно-технического прогресса в последнее время значительно расширился спектр диагностических возможностей в области медицины. Появилась возможность изучать те структуры и процессы в организме человека, которые раньше были вне зоны досягаемости стандартными методами исследования. Одним из объектов повышенного интереса как научной, так и практической медицины стало изучение микроциркуляторного русла, в котором происходит транскapиллярный обмен и осуществляется транспортная функция сердечно-сосудистой системы.

Микроциркуляторное русло (МЦР) – это сложный структурно-функциональный комплекс, объединенный в единую систему с механизмами их регуляции. МЦР включает в себя не клеточный компонент соединительной ткани, окончания нервных волокон, кровеносные и лимфатические микрососуды (рисунок 1).

Жидкость в МЦР течет по направлению: артериола, прекапиллярная артериола, прекапиллярный сфинктер, капилляр, посткапиллярная вена, вена. Гладкомышечные клетки присутствуют в разном количестве в стенках артериол, прекапиллярных артериол, прекапиллярных сфинктеров и венул. Лимфатические капилляры – это замкнутые трубки, которые эвакуируют из тканей молекулы белка, продукты обмена и избыток жидкости.

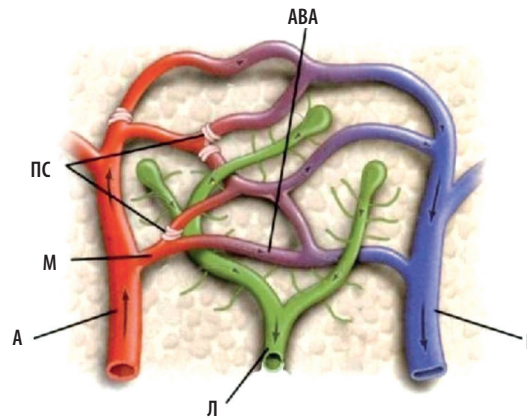
Объектом регуляции на уровне сосудов с гладкомышечным компонентом служит их диаметр, который влияет на объемный кровоток, а на уровне капилляров – площадь их обменной поверхности, то есть количество перфузируемых капилляров (рисунок 2).

Контроль микроциркуляции осуществляется активными и пассивными факторами. Активные факторы (непосредственно влияют на тонус микрососудов) – это миогенный, эндотелиальный и нейрогенный механизмы регуляции просвета сосудов (таблица 1). Соответственно, миогенный механизм влияет на прекапилляры и сфинктеры, нейрогенный на артериолы, эндотелиальный на мелкие артерии и крупные артериолы. За счет последовательно сменяющих друг друга периодов вазоконстрикции и вазодилатации, активные механизмы создают поперечные колебания кровотока, которые определяются пульсовой волной в артериолах, а в венах – как колебания «дыхательного насоса» [1, 2, 3].

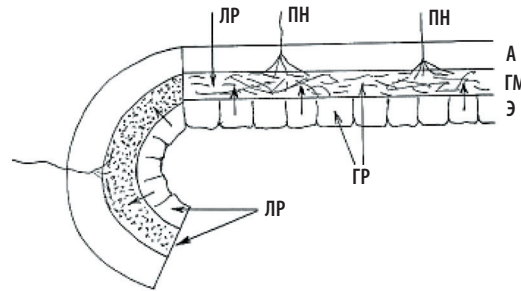
Пассивные факторы, формирующиеся вне системы микроциркуляции – это «присасывающее действие дыхательного насоса» со стороны вен и пульсовая волна со стороны артерий. За счет совместного воздействия активных и пассивных факторов на кровоток, происходит изменение скорости и концентрации потока эритроцитов, что вызывает мо-

дуляцию перфузии, которая регистрируется в виде сложного колебательного процесса (рисунок 3).

Нормальная жизнедеятельность человеческого организма связана с функционированием взаимодействующих между собой колебательных процессов различных физиологических систем. Самым изученным



* <https://cf2.ppt-online.org/files2/slide/0/0FEbPujivfWhDZ8aQVRJyoSAIYnLTHdmk5XgpU/slide-19.jpg>



П р и м е ч а н и я: ГР – гуморальная регуляция, влияющая на миоциты и эндотелий, ЛР – местная регуляция, влияющая на миоциты и эндотелий, ПН – периваскулярные нервные волокна, А – адвентициальная наружная оболочка сосудистой стенки, ГМ – гладкомышечные клетки средней оболочки, Э – эндотелиальные клетки внутренней оболочки, секретирующие эндотелиальные факторы

Н o t e: ГР – factors of humoral regulation acting upon myocytes and endothelium, ЛР – factors of local regulation acting upon myocytes and endothelium, ПН – perivascular nerve fibers, А – adventitial outer shell of the vascular wall, ГМ – smooth muscle cells of the middle shell, Э – endothelial cells of the inner shell secreting endothelial factors

* <http://lit.i-docx.ru/37tehnicheskie/121468-1-glava-33-issledovanie-mikrocirkulyatorno-tkanevih-sistem-331-mikrocirkulyatorno-tkanevaya-sistema-mik.php>. – с. 4.

Рисунок 1.
Схема микроциркуляторного русла. А – артериола, В – вена, АВА – артерио-венулярный анастомоз, М – метартериола, ПС – прекапиллярный сфинктер, Л – лимфатический капилляр*

Figure 1.
Diagram of the microcirculatory bed. А – arteriole, В – venules, АВА – arterio-venular anastomosis, М – metarteriol, ПС – precapillary sphincter, Л – lymphatic capillary*

Рисунок 2.
Регуляция сосудистого тонуса*

Figure 2.
Regulation of vasculartone*

Таблица 1. Физиологическая регуляция тонуса сосудов микроциркуляторного русла

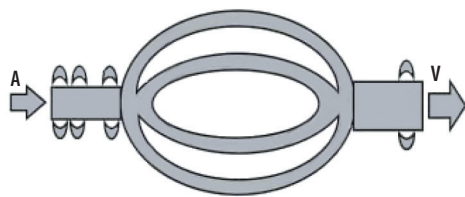
Сосуды	Симпатическая регуляция	Эндотелий-зависимая вазодилатация	Миогенная (1), Метаболическая (2) регуляция
Мелкая артерия	++/+	++ (NO)	+
Артериола	++	++ (EDHF, NO?)	++ (1)
Прекапиллярная артериола	+	++ (EDHF, NO?)	++ (2)
Прекапиллярный сфинктер	–	++ (EDHF, NO?)	+++ (2)
Капилляр	–	–	–
Прекапиллярная вена	–	–	–
Вена	+	+/-	+/-
Артерио-венулярный анастомоз	+++	+(NO)	–

П р и м е ч а н и я: NO – оксид азота, EDHF – эндотелиальный гиперполяризующий фактор «+» – степень выраженности регуляции, (1) и (2) – доминирующие виды регуляции

Table 1. Physiological regulation of vascular tone of the microcirculatory bed

Vessels	Sympathetic regulation	Endothelial-derived vasodilatation	Myogenic (1), Metabolic (2) regulation
Small artery	++/+	++ (NO)	+
Arteriole	++	++ (EDHF, NO?)	++ (1)
Precapillary arteriole	+	++ (EDHF, NO?)	++ (2)
Precapillary sphincter	-	++ (EDHF, NO?)	+++ (2)
Capillary	-	-	-
Precapillary venule	-	-	-
Venula	+	+/-	+/-
Arteriolo-venular anastomosis	+++	+(NO)	-

Note: NO – nitric oxide, EDHF – endothelial hyperpolarizing factor
«+» – degree of regulation, (1) and (2) – dominant types of regulation



<p>Активный механизм модуляции: Включает низко частотные составляющие</p> <ul style="list-style-type: none"> • вазомотици • метаболические влияния на СТ • нейрогенные влияния на СТ 	<p>Пассивный механизм модуляции: Включает высоко частотные составляющие</p> <ul style="list-style-type: none"> • респираторные флуктуации • пульсовые флуктуации кровотока
<p>Active modulation mechanism: Comprises low-frequency components</p> <ul style="list-style-type: none"> • vasomotions • metabolic effect on vT • neurogenic effect on vT 	<p>Passive modulation mechanism: Comprises high-frequency components</p> <ul style="list-style-type: none"> • respiratory fluctuations • cardio fluctuations

Рисунок 3. Механизмы модуляции тканевого кровотока [13]

Figure 3. Mechanisms of tissue blood flow modulation [13]

Таблица 2. Классификация методов диагностики состояния микроциркуляторного русла

Современные методы диагностики состояния микроциркуляторного русла			
Инвазивные	Прямые		Непрямые
	Инвазивные	Неинвазивные	
• сцинтиграфия	• количественная капилляроскопия		• реография
• биопсия	• компьютерная капилляроскопия		• фотоплетизмография
• радиоизотопные исследования	• однофотонная эмиссионная компьютерная томография		• ультразвуковая доплерография
• ангиография	• позитронно-эмиссионная томография		• лазерная доплеровская флоуметрия
• интракоронарная доплерография			

Table 2. Classification of methods for the study of the microcirculatory bed

Current methods of diagnostics of the state of the microcirculatory bed			
Invasive	Direct		Indirect Non-invasive
	Invasive	Non-invasive	
• scintigraphy	• quantitative capillaroscopy		• rheography
• biopsy	• computer capillaroscopy		• photoplethysmography
• radioisotope studies	• single-photon emission computed tomography		• ultrasound dopplerography
• angiography	• positron emission tomography		• laser Doppler flowmetry
• Intracoronary dopplerography			

из которых является кардиореспираторная синхронизация на биоэффективной частоте 0,1 Гц (волна Трайбе-Майера-Геринга), которая соответствует диапазону вазомотий (ритмичное сокращение стенки сосудов) и является синхронизирующей для сердечного и дыхательного ритма [4, 5].

Основная задача МЦР – это сохранение гомеостаза внутренней среды. Транспортная функция реализуется посредством капилляров, которые обеспечивают газовый, водно-солевой обмен и метаболизм клеток посредством фильтрации-абсорбции, диффузии и микропиноцитоза. При многих патологических состояниях нарушается нормальная работа МЦР, в то же время нарушения регуляции МЦР могут приводить к патологическим состояниям либо значительно ухудшать уже существующие. Причины изменения функциональной регуляции МЦР можно разделить на расстройства центрального и регионального кровообращения, изменения объема крови и лимфы, изменения вязкости крови и лимфы и повреждение стенок микрососудов. Их разделяют на чресстеночные, внутри- и внесосудистые нарушения [6].

В настоящее время для прогнозирования течения заболеваний и подбора оптимальной тактики лечения оценку состояния МЦР стали применять в кардиологии, диабетологии, онкологии, дерматовенерологии, стоматологии, хирургии, нефрологии, урологии, реаниматологии и других направлениях медицины, причем список постоянно расширяется [7, 8, 9, 10]. Отдельно стоит упомянуть необходимость включения оценки параметров микроциркуляции для подбора оптимальной лекарственной терапии у пациентов с COVID-19, особенно с тяжелым течением [11].

Для изучения показателей МЦР существует много методов исследования. Классификация существующих методов исследования МЦР представлена в Таблице 2 [12].

Самый распространенный метод для изучения состояния МЦР – это метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), который основан на оптическом неинвазивном зондировании тканей лазерным излучением и последующем анализе рассеянного и отраженного от движущихся в тканях эритроцитов излучения (рисунок 4). Глубина исследования составляет объем кожи (в основном область пальцев кисти) около 1 мм³, переменная составляющая определяется концентрацией и скоростью эритроцитов в исследуемом объеме ткани. Объективной характеристикой уровня жизнедеятельности ткани является изменчивость микроциркуляции, которая проявляется в спонтанных колебаниях кровотока. Эти гармонические колебания, различающиеся по амплитуде и частоте, выявляются при помощи матема-

тического анализа, основанного на преобразованиях Фурье [13, 14, 15].

На основании данных, полученных при исследовании МЦР методом ЛДФ, можно выделить следующие формы расстройств микроциркуляции: гиперемическая, спастическая, спастико-атоническая, застойная и стазическая (рисунок 5). Совокупность изменений, наблюдаемых при гиперемической форме нарушения микроциркуляции, характеризуется повышением числа и увеличением извитости функционирующих капилляров, расширением сосудов МЦР, увеличением проницаемости сосудистой стенки и, как следствие, увеличенным притоком крови. Такие изменения характерны для воспалительных реакций. При спастической форме приток крови в МЦР снижается за счет спазма артериол, что приводит к сокращению количества функционирующих капилляров, замедлению кровотока и увеличению агрегации эритроцитов. Такой комплекс изменений характерен для стенозированных сосудов. Для спастико-атонической формы типично как уменьшение притока, так и затруднение оттока крови в МЦР, извитость и расширение венул, дисбаланс артериоло-венулярных соотношений диаметров сосудов. Совокупность нарушений микроциркуляции при застойной форме зависит от степени выра-

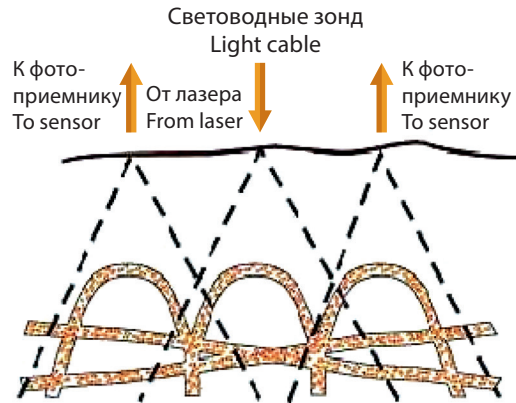


Рисунок 4. Принцип работы метода лазерной доплеровской флоуметрии [13]

Figure 4. The working principle of the laser Doppler flowmetry method [13]

женности процесса и вызвана резким сокращением кровотока в МЦР, нарушениями барьерной функции и проницаемости микрососудов, значительными нарушениями реологических свойств крови. При стазической форме происходит резкое понижение кровотока в капиллярах и увеличение агрегации эритроцитов, что в итоге приводит к повышению внутрисосудистого сопротивления [7, 14].

Заболевания сердечно-сосудистой системы, по данным Всемирной Организации Здравоохранения, занимают лидирующее место среди причин смертности, несмотря на все достижения современной медицины,

Формы расстройств Form of Disorder	Гемодинамическая характеристика Hemodynamic pattern	Показатели ЛДФ LDF Readings			
		ПМ MI	СКО SD	ИФМ FI	СТ vT
Норма Normal		N	N	N	N
Гиперемическая форма Hyperemic		↑	↓	↓	↓
Спастическая форма Spastic		↓	↓	↓	↑↑
Спастико-атоническая форма Spastic-atic		↓↓	↓↓	↓	↑↓
Застойная форма Congestive		↑	↓↓	↑	↓↓
Стазическая форма Stasis		↑	↓↓↓	↓↓	↓↓↓

Рисунок 5. Изменение показателей лазерной доплеровской флоуметрии при различных формах расстройств микроциркуляции [7]

Figure 5. Changes in laser Doppler flowmetry readings in various forms of microcirculatory disorders [7]

Рисунок 6.
Аппарат усиленной
наружной
контрпульсации*

Figure 6.
The device
of the enhanced external
counterpulsation*



* http://www.vasomedical.com/eecp_therapy_overview.php

и составляют 17,5 миллионов случаев в год. С учетом неуклонного роста заболеваний сердечно-сосудистой системы научно-практический интерес в изучении МКЦ возник и в кардиологии [16, 17, 18]. Новым направлением является дополнение существующих теорий атерогенеза процессами, происходящими на уровне МЦР, которые смогли бы объяснить некоторые клинические состояния. Например, феномен *no-reflow* после успешной ангиопластики или сохранение приступов стенокардии после успешного аортокоронарного шунтирования [19]. Также включение в алгоритм диагностики острого коронарного синдрома у пациентов с малой фракцией выброса показателей МЦР для прогнозирования вероятности развития кардиогенного шока и полиорганной недостаточности [20].

При исследовании пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями изменения, протекающие на уровне МЦР, различаются в зависимости от стадии заболевания. У пациентов со стабильной стенокардией распределение нарушений микроциркуляции происходит в зависимости от функционального класса (ФК) стенокардии (согласно Канадской классификации). У пациентов с ФК II в 65% случаев встречается спастическая форма нарушения микроциркуляции, а в 25% случаев – застойная; с ФК III в 50% застойная, а спастико-атоническая в 30% случаев; с ФК IV в 60% стазическая, в 25% спастико-атоническая. У пациентов с артериальной гипертензией преобладают спастическая и спастико-атоническая формы нарушения микроциркуляции, в зависимости от стадии гипертонической болезни (I-II ст. в основном спастическая, II-III ст. – спастико-атоническая). У пациентов с облитерирующими заболеваниями нижних конечностей, в зависимости от стадии выраженности ишемического синдрома (классификация Покровского), нарушения регуляции микроциркуляции распределяются следующим образом: I-IIA ст. – преимущественно спастическая форма; IIB-III – спастико-атоническая; IV – стазическая [7].

Улучшая показатели МЦР можно добиться большего клинического эффекта, даже на фоне стандартного лечения. Из неинвазивных методик, улучшающих показатели микроциркуляторного русла, в Республике Беларусь представлены: усиленная наружная контрпульсация и стол инверсионный для лечебного воздействия на пациента.

Усиленная наружная контрпульсация – это метод лечения пациентов с ишемической болезнью сердца (рисунок 6). Принцип действия заключается в повышении диастолического давления в аорте, за счет чего происходит увеличение коронарного кровотока в среднем на 30–40%. При этом гемодинамический эффект достигается как при выполнении внутриаортальной баллонной контрпульсации. В процессе терапевтического воздействия происходит раскрытие резервных капилляров, улучшается эндотелиальная функция, провоцируется ангиогенез [21, 22, 23].

Эффективность УНКП была доказана многочисленными исследованиями: MUST-EECP (1999), PEESH (2006), Levenson (2006), Art. Net-2 Trial (2009), Gloekler (2010), Braith (2010), Casey (2011) [24]. По результатам самого крупного из них MUST-EECP (Multicenter Study of Enhanced External Counterpulsation), которое проводилось на базе 7 университетских центров, было доказано, что после курсового (35 часов) применения метода УНКП у пациентов достоверно уменьшалось количество приступов стенокардии, снижалось потребление нитроглицерина в сутки, улучшалась переносимость физических нагрузок и качество их жизни. Достигнутые результаты сохранялись и через 12 месяцев после курса УНКП [25].

Крупное рандомизированное исследование PEESH изучало влияние УНКП на переносимость физических нагрузок и максимальное потребление кислорода у пожилых пациентов с хронической сердечной недостаточностью. У исследуемых пациентов в возрасте свыше 65 лет через 6 месяцев после проведения курса УНКП отмечалось увеличение максимального потребления кислорода и переносимости физической нагрузки по сравнению с контрольной группой [26].

В исследовании Levenson изучалось влияние краткосрочного (1 час) сеанса УНКП на концентрацию циклического гуанозинмонофосфата (цГМФ) в плазме крови и тромбоцитах для оценки влияния активации метаболических путей, которые зависят от оксида азота при изменении концентрации цГМФ в тромбоцитах. Результаты исследования показали, что применение краткосрочного сеанса УНКП достоверно увеличивало концентрацию цГМФ в плазме крови в два раза по сравнению с контрольной группой; повышало концентрацию цГМФ в тромбоцитах за счет активации синтеза оксида азота

и, как следствие, активация метаболических путей, зависимых от NO [27].

Исследования Art. Net-2 Trial и Gloekler были посвящены изучению влияния УНКП на ангиогенез. По результатам курсовое применение УНКП доказало свою эффективность в стимулировании роста коллатеральных сосудов и улучшения системной эндотелиальной функции [28].

В последнее время появляется все больше данных о значительном вкладе функции эндотелия в формировании сердечно-сосудистых заболеваний. Регуляция сосудистого тонуса осуществляется за счет освобождения эндотелием сосудорасширяющих и сосудосуживающих факторов. К вазодилататорам относятся: оксид азота (NO), монооксид углерода, натрийуретический пептид С, эндотелиальный гиперполярирующий фактор, простагландины, адреномедуллин, кинины. К вазоконстрикторам: эндотелин-1, ангиотензин-II, простагландин H2, тромбоксан A2. Рандомизированное плацебо-контролируемое исследование Braith изучало влияние терапевтического воздействия УНКП на показатели поток-зависимой дилатации периферических артерий, функцию эндотелия и клинические исходы. После курса УНКП в объеме 35 часов у исследуемых пациентов отмечалась положительная динамика в виде улучшения поток-зависимой дилатации плечевой и бедренной артерии, улучшения эндотелиальной функции и, как следствие, ослабление симптомов стенокардии. Во время проведения процедуры УНКП отмечалось положительное влияние на эндотелиальную функцию (увеличивалась концентрация NO на 36% и 6-кето-простагландина F1a на 71%, снижалась концентрация эндотелина-1 на 25%), на маркеры воспалительных реакций (снижалась концентрация фактора некроза опухоли альфа на 16 %, С-реактивного белка на 32 %, моноцитарного хемоаттрактантного протеина-1 на 13 %, растворимой молекулы адгезии сосудов на 6%) и на маркеры перекисного окисления липидов (снижалась концентрация 8-изопростана-F2a на 21 %, асимметричного диметиларгинина на 28 %). Значимое увеличение уровня NO в плазме крови отмечалось у пациентов и через месяц после курса УНКП. Достоверно, после курса УНКП у исследуемых пациентов улучшилось качество жизни, переносимость физических нагрузок, снизилось количество приступов стенокардии [24, 29, 30].

Рандомизированное плацебо-контролируемое исследование Casey изучало влияние УНКП на артериальную ригидность и потребность миокарда в кислороде у пациентов со стенокардией. Целью исследования было проверить гипотезу, что снижение артериальной ригидности и отражения пульсовой волны от аорты является терапевтической мишенью у пациентов с хронической сер-

дечной недостаточностью. По результатам курс УНКП привел к снижению ригидности центральных и периферических артерий, улучшилась переносимость физических нагрузок, снизилось максимальное потребление кислорода [31].

Области применения УНКП в настоящее время расширяются. Есть данные о применении этой методики для комплексного лечения пациентов с артериальной гипертензией, сахарным диабетом 2 типа, облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей, эректильной дисфункцией сосудистого генеза, идиопатической глухотой, ишемическими заболеваниями глаз, цереброваскулярными ишемическими заболеваниями, почечной недостаточностью [32, 33, 34].

Свое применение методика УНКП нашла и в спортивной медицине. Использование в стандартной методике (программное 35-часовое) позволяет повысить функциональные резервы сердечно-сосудистой системы спортсменов, их выносливость и сократить время восстановления после интенсивных физических нагрузок. Другой вариант – применение 30-минутных сеансов после интенсивной физической тренировки. За счет положительных эффектов в виде увеличения скорости кровотока, повышения оксигенации крови и ускорения выведения метаболитов (достоверного снижения уровня молочной и фосфорной кислоты в крови) возможно проведение повторной физической тренировки, что в конечном итоге способствует повышению физической работоспособности и выносливости спортсменов [35, 36].

Стол инверсионный для лечебного воздействия на пациента – метод гравитационного воздействия (рисунок 7), который представляет из себя роботизированную кровать, совершающую возвратно-поступательные движения в пределах двух плоскостей в течение двадцати минут. Курс лечения составляет 10 процедур, которые можно повторять через две-четыре недели. В процессе терапевтического воздействия происходят ритмические колебания с фиксированной частотой 0,1 Гц. Данная частота (волна Трайбе-Майера-Геринга) лежит в диапазоне вазомоций и является синхронизирующей для сердечного и дыхательного ритма, а также для периферического сосудистого сопротивления – то есть является биоэффективной. Существует множество гипотез происхождения данной частоты, но основные из них это барорефлекторная, центральная и миогенная. При терапевтическом воздействии медицинским изделием «Стол инверсионный для лечебного воздействия на пациента» общее действие со стороны сердечно-сосудистой системы проявляется в виде увеличения частоты сердечных сокращений, снижения артериального давления; со сторо-

Рисунок 7.
Стол инверсионный
для лечебного
воздействия
на пациента*

Figure 7.
Inversion table
for therapeutic effect
on the patient*



* http://belmedinn.by/stol_inverzioniy

ны дыхательной системы – повышением потребности в кислороде, учащением дыхания; со стороны центральной и вегетативной нервной системы – увеличением парасимпатического влияния. За счет того, что колебания непрерывные и плавные, не происходит компенсаторного вазоспазма, а наблюдается снижение периферического сопротивления сосудов. При аппаратном применении происходит перераспределение крови и жидких сред в организме человека, изменяется функциональное состояние баро- и гравирецепторов, наблюдается снижение периферического сопротивления сосудов, повышается объемная скорость микрокровотока, снижается параваскулярный отек, уменьшается венозный застой, улучшается эпителизация трофических язв [37, 38, 39, 40].

REFERENCES

- Krupatkin A.I., Sidorov V.V. Funkcionalnaja diagnostika sostojanija mikroциркуляторно-тканевых систем [electronic resource] [Functional diagnostics of the state of microcirculatory-tissue systems]. *Funkcionalnaja diagnostika sostojanija mikroциркуляторно-тканевых систем. Kolebanija, informacija, nelinejnost. Rukovodstvo dlja vrachej*. Moskva, 2013. S. 1-33. Available at: <http://lit.i-docx.ru/37tehnicheskie/121468-1-glava-33-issledovanie-mikroциркуляторно-тканевых-sistem-331-mikroциркуляторно-тканевaya-sistema-mik.php>. (accessed 2020). (in Russian).
- Safonova T.N., Kintyukhina N.P., Sidorov V.V., Gladkova O.V., Reyn E.S. Issledovanie mikroциркуляцiи кровотока i лимфотокa в коже век методом лазерной доплеровской флоуметрии [Microcirculatory blood and lymph flow examination in eyelid skin by laser doppler flowmetry]. *Vestnik oftalmologii*, 2017, vol. 133, no. 3, pp. 16-21. (in Russian).
- Moroz V.V., Ryzhkov I. A. Acute blood loss: regional blood flow and microcirculation (review, part I). *Obshhaja reanimatologija*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 66-89. (in Russian).
- Bezruchko B.P., Gridnev V.I., Karavaev A.S., Kiselev A.R., Ponomarenko V.I., Prokhorov M.D., Ruban E.I. Metodika issledovanija sinhronizacii kolebatelnyh processov s chastotoj 0,1 Gc v serdechno-sosudistoj sisteme cheloveka [Technique of investigation of synchronization between oscillatory processes with the frequency of 0.1 Hz in the human cardiovascular system]. *Izvestija vysshih uczebnyh zavedenij. Prikladnaja nelinejnaja dinamika*, 2009, vol. 17, no. 6, pp. 44-56. (in Russian).
- Birulya A.A. Primenenie gravitacionnoj terapii v medicinskoj praktike [Application of gravity therapy in medical practice]. *Voennaja medicina*, 2020, no. 3(56), pp. 78-83. (in Russian).
- Troitskaya N.I., Shapovalov K.G. Izmenenija sostojanija mikroциркуляцiи pri sindrome diabeticheskoj stopy [Changes in the state of microcirculation in syndrome of diabetic foot]. *Sibirskij medicinskij zhurnal (Irkutsk)*, 2016, vol. 146, no. 7, pp. 5-7. (in Russian).
- Kozlov V.I. et al., eds. *Lazernaja dopplerovskaja флоуметрия в оценке sostojanija i rasstrojstv mikroциркуляцiи крови* [Laser Doppler flowmetry in the assessment of the state and disorders of blood microcirculation]. Uchebno-metodicheskoe posobie dlja vrachej. Moskva, 2012, pp. 3. (in Russian).
- Makarjan B.S., Polushina A.S., Bozhko A. N. Sravnitel'naja ocenka funkcionalnogo sostojanija sistemy mikroциркуляцiи tkanej parodontal'nyh pacientov s zabolevanijami pochek i bez nih [Comparative assessment of the functional state of the microcirculation system of periodontal tissues in patients with and without kidney disease]. *Nauchnyj almanah*, 2016, no. 12-2(26), pp. 302-305. (in Russian).
- Rybka M. M. Narusheniya mikroциркуляцiи i disfunkcija pečeni [Microcirculation disorders and liver dysfunction]. *Byulleten' NZSSCh im. A. N. Bakuleva RAMN. Serdechno-sosudistye zabolevanija*, 2017, no. 18(1), pp. 6-12. (in Russian).
- Soboleva G.N., Boyko V.V., Fedorovich A.A. Vliyanie vospaleniya na pokazateli mikroциркуляцiи u bolnyh s ishemičnoj boleznju serdca [Influence of inflammation on microcirculation indices in patients with coronary heart disease]. *Kardiologija 2017: lechit ne bolezn, a bolnogo: tez. Vseros. nauch.-prakt. konf. 31 maya-1 iyunya 2017 g.* Moskva. M, 2017, pp. 45. (in Russian).
- Ladozhskaya-Gapeenko E.E., Khrapov K.N., Polushin Yu. S., Shlyk I.V., Vartanova I.V., Fionic A.M., Danilova D.M. Ocenka sostojanija mikroциркуляцiи u bol'nyh s tjazhelym techeniem COVID-19 методом капиллярскопии ногтевого ложа [Evaluation of microcirculation disorders in patients with severe covid-19 by nail bed capillaroscopy]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*, 2021, vol. 18, no. 1, pp. 27-36. (in Russian).
- Pidtabachnij A.I., Klochko T.R. Interovana sistema viznachennja porushen' mikroциркуляцiи крови. *Visnik NTUU «KPI». Serija Priladobuduvannja*, 2016, no. 51(1), pp. 145-151. (in Ukrainian).
- Chujan E.N., Tribat N.S. Metodicheskie aspekty primeneniya metoda lazernoj dopplerovskoj флоуметрии [Methodological aspects of the application of the method of laser Doppler flowmetry]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo universiteta im. Vernadskogo. Serija Biologija, himija*, 2008, vol. 21(60), no. 2, pp. 156-171.
- Kozlov V.I. *Razvitie sistemy mikroциркуляцiи* [Development of the microcirculation system]. Moskva, 2012. 313 s. (in Russian).
- Sidorov V.V., Ronkin M.A., Maksimenko I.M. Fizicheskie osnovy metoda lazernoj dopplerovskoj флоуметрии i ego primenenie v nevrologicheskoj praktike [Physical

Заклучение

Активное изучение состояния микроциркуляторного русла расширит понимание патогенеза ряда заболеваний. С учетом простоты и достаточной информативности методов диагностики состояния микроциркуляторного русла, включение его в алгоритмы диагностики и прогнозирования развития осложнений существенно расширит потенциал возможностей практикующего врача. Понимание физиологических процессов, происходящих на уровне микроциркуляции, дополнит пробелы в теоретических познаниях и сможет объяснить некоторые особенности патогенеза ряда клинических состояний. Из неинвазивных методик, улучшающих показатели микроциркуляторного русла, в Республике Беларусь представлены усиленная наружная контрпульсация и гравитационная терапия. Широкое использование методик коррекции состояния микроциркуляторного русла в кардиологии, диабетологии, онкологии, дерматовенерологии, стоматологии, хирургии, нефрологии, урологии, пульмонологии как в условиях стационаров, так и на амбулаторном этапе позволит добиться лучших результатов в лечении и профилактике осложнений.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

- foundations of the laser Doppler flowmetry method and its application in neurological practice]. *Biomedicinskie tehnologii i radioelektronika*, 2003, no. 12, pp. 26-35. (in Russian).
16. Hamidov N.H., Hursanov N.M., Lolaev A.N. Kognitivnye narusheniya u bolnyh arterial'noj gipertenzii [Cognitive impairments in patients with arterial hypertension]. *Vestnik Avicenny*, 2019, vol. 21, no. 2, pp. 321. (in Russian).
 17. Sultonov K.S., Sharipova K.Y., Negmatova G.M., Sherbadalov A.A., Abdulloev F.N., Nurulloev O.S. Lechenie hronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti u muzhchin srednego vozrasta s depressiej [Treatment of chronic heart failure in middle-aged men with depression]. *Vestnik Avicenny*, 2019, vol. 21, no. 1, pp. 48-54. (in Russian).
 18. Demkina A.E., Bojcov S.A. Zhiry ili uglevody ukorachivajut nashi zhizni? Chto gorit issledovanie PURE? [Do fats or carbohydrates shorten our lives? What does the pure study reveal?]. *Rossiyskij kardiologicheskij zhurnal*, 2018, vol. 23, no. 6, pp. 202-206.
 19. Boiko V.V., Soboleva G.N., Fedorovich A.A., Kirdjaschkina T.A. Ateroskleroz i mikrocirkuljacija. Rezultaty pilotnogo issledovaniya mikrocirkuljacji u pacientov s ishemicheskoy boleznju serdca. *Kardiologicheskij vestnik*, 2016, vol.11, no. 2, pp. 48-55. (in Russian).
 20. Krutitsky S.S., Plotnikov G.P., Sizova I.N., Galimzyanov D.M., Shukevich D.L., Grigoriev E.V. Ocenka rasstrojstv mikrocirkuljacji u pacientov s ostrym koronarnym sindromom [Microcirculatory disorders in patients with acute coronary syndrome] *Fundamentalnaja i klinicheskaja medicina*, 2016, vol. 1, no. 3, pp. 24-32. (in Russian).
 21. Ryabov V.V., Antipova M.A., Yudina N.V., Kulagina I.V., Markov V.A.1, Karpov R.S. Vlijanie naruzhnoj kontrpulsacii na vazoregulirujushuju i atrombogennuju funkciu sosedistogo jendotelija u bolnyh stenokardiej naprjazhenija [Effects of external counterpulsation on vasoregulating function and antitrombogenic activity of vascular endothelium in patients with effort angina]. *Sibirskij medicinskij zhurnal (g. Tomsk)*, 2013, vol. 28, no. 1, pp. 11-17. (in Russian).
 22. Birulya A.A., Gromada S.N. Usilennaja naruzhnaja kontrpulsacija – jeffektivnaja metodika dlja lechenija pacientov s ishemicheskoy boleznju serdca na ambulatornom jetape [Enhanced external counter-pulsation is an effective technique for treating patients with ischemic heart disease at the outpatient stage]. *Medicinskie novosti*, 2017, no. 7, pp. 75-77. (in Russian).
 23. Birulya A.A. Nekotorye nemedikamentoznye metody lechenija arterial'noj gipertenzii [Some non-pharmacological methods of treatment of hypertension]. *Neotlazhnaja kardiologija i kardiovaskuljarnye riski*, 2018, vol. 2, no. 1, pp. 244-251. (in Russian).
 24. EECPC® Rezultaty klinicheskich issledovanij i dannye reestrov [electronic resource] [EECP® Clinical Trials Results and Registry Data]. Vasomedical, 2012, pp. 8-41. Available at: <http://alimpex.ru/system/photos/7/original-eeccp-clinical-reference-guide-fin.pdf>. (in Russian).
 25. Rezvan V.V., Vinogradov D.L., Shklyarov A.M. Novye perspektivy metoda kardiosinchronizirovannoy pnevmokompressii dlya lecheniya serdechno-sosudistych zabolevanij [New perspectives of the method of cardiosynchronized pneumocompression for the treatment of cardiovascular diseases]. *Archiv vnutrennej mediciny*, 2015, no. 1(21), pp. 64-68. (in Russian).
 26. Beck D.T., Martin J.S., Casey D.P., Avery J.C., Sardina P.D., Braith R.W. Endothelial function and exercise capacity in patients with ischemic left ventricular dysfunction. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 2014, vol. 41, no. 9, pp. 628-636. doi: 10.1111/1440-1681.12263.
 27. Levenson G., Pernollet M.G., Iliou M.C., Devynck M.A., Simon A. Cyclic GMP release by acute enhanced external counterpulsation. *Am J Hypertens*, 2006, vol. 19, no. 8, pp. 867-872. doi: 10.1016/j.amjhyper.2006.01.003.
 28. Kozlova E.V., Starostin I.V., Bulkina O.S., Lopuchova V.V., Karpov Yu.A. Klinicheskoe znachenie kollateralnogo koronarnogo krovotoka u pazientov s ishemicheskoy boleznju serdca [Clinical Significance of Collateral Coronary Blood Flow in Patients with Ischemic Heart Disease]. *Doktor.Ru*, 2016, no. 11(128), pp. 17-22. (in Russian).
 29. Mamieva Z.A., Lishuta A.S., Belenkov Yu.N., Privalova E.V., Yusupova A.O., Rykova S.M. Vozmozhnosti primeneniya usilennoy naruzhnoj kontrpulsacii v klinicheskoy praktike [Possibilities of enhanced external counterpulsation using in clinical practice]. *Razionalnaja farmakoterapija v kardiologii*, 2017, no. 13(2), pp. 238-246. (in Russian).
 30. Shakouri S. K., Razavi Z., Eslamian F., Sadeghi-Bazargani H., Ghaffari S., Babaei-Ghazani A. Effect of enhanced external counterpulsation and cardiac rehabilitation on quality of life, plasma nitric oxide, endothelin 1 and high sensitive CRP in patients with coronary artery disease: a pilot study. *Ann Rehabil Med*, 2015, vol. 39, no. 2, pp. 191-198. doi: 10.5535/arm.2015.39.2.191.
 31. Casey D.P., Beck D.T., Nichols W.W., Conti C.R., Choi C.Y., Khuddus M.A., Braith R.W. Effects of enhanced external counterpulsation on arterial stiffness and myocardial oxygen demand in patients with chronic angina pectoris. *Am J Cardiol*, 2011, vol. 107, no. 10, pp. 1466-1472. doi: 10.1016/j.amjcard.2011.01.021.
 32. Nagy C.S., Sparks K., Kullman E., Wajda D., Williams S. Effects of Intermittent Pneumatic Compression (IPC) on Glucose Regulation and Inflammation in Type 2 Diabetes. *Am J Biomed Sci Res*, 2019, vol. 5, no. 6, pp. 445-451. doi: 10.34297/AJBSR.2019.05.000963.
 33. Atkov O.U., Zudin A.M., Shugushev Z.H., Orlova M.A., Sudarev A.M., Korotich E.V., Maximkin D.A., Patrikeev A.V. Neposredstvennye rezultaty primeneniya kardiosinchronizirovannoy posledovatel'noy antegradnoy pnevmokompressii u bolnyh multifokalnym aterosklerozom [Short-term results of cardiosynchronized consequential antegrade pneumocompression in patients with multifocal atherosclerosis]. *Rossiyskij kardiologicheskij zhurnal [Rus J Cardiol]*, 2015, vol. 20, no. 3, pp. 82-88. doi: 10.15829/1560-4071-2015-03-82-88. (in Russian).
 34. Kuzmina I.M., Shklyarov A.M. Vozmozhnosti primeneniya usilennoy naruzhnoj kontrpulsacii pri lechenii bolnyh s zabolevanijami serdca i sosudov [Applicability of enhanced external counterpulsation in treatment of patients with heart and vascular diseases]. *Neotlazhnaya medicinskaja pomoshch. Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo*, 2015, no. 2, pp. 27-31. (in Russian).
 35. Nikiforov D.A., Ryzhenkov S.P., Chistov S.D., Sudarev A.M. Naruzhnaja kontrpulsacija kak metod uskorenogo vosstanovleniya sportsmenov posle dinamicheskoy fizicheskoy nagruzki [External counterpulsation as a method of acceleration of athletes' recovery after dynamic physical activity]. *Lechebnaya fizkultura i sportivnaya medicina*, 2012, no. 12(108), pp. 22-28. (in Russian).
 36. Fudin N.A., Chadarzev A.A., Buziashvili Yu.I., Chernyshev S.V. Naruzhnaja kontrpulsacija kak sredstvo vosstanovleniya i povysheniya sportivnoy rabotosposobnosti [External counterpulsation as a means of restoring and increasing sports performance]. *Akademicheskij zhurnal Zapadnoj Sibiri*, 2015, vol. 11, no. 3(58), pp. 71-72. (in Russian).
 37. Volotovskaya A.V., Suschenya E.A., Yakovleva N.V., Voychenko N.V. *Gravitacionnaja terapija. Uchebno-metodicheskoe posobie dlja vrachej* [Gravitational therapy: study guide. manual for doctors]. Minsk, 2018, pp. 4-9. (in Russian).
 38. Chernomorets N.V., Chur N.N., Yaroshevich N.A., Shcoda M.V. Gravitacionnaja terapija v kompleksnom lechenii pacientov s saharnym diabetom i ego oslozhenijami [Gravitational therapy in the complex treatment of patients with diabetes mellitus and its complications]. *Medicinskie novosti*, 2019, no. 1(292), pp. 69-71 (in Russian).
 39. Prystrom A.M., Oliferko N.P., Volkova E.V., Levockaya I.V., Seregin S.V. Opyt klinicheskogo ispol'zovaniya medizinskogo izdelija «stol inversionnyy dlya lechebnogo vozdeystviya na pazienta» u pazientov s arterial'noj gipertenziej i hronicheskoy serdechnoy nedostatochnostyu [Clinical experience with the medical device "inversion table for therapeutic treatment of a patient" in patients with arterial hypertension and chronic heart failure]. *Medizinskie novosti*, 2019, no. 11(302), pp. 52-55. (in Russian).
 40. Ladozhskaja-Gapeenko E., Fionik O., Kandratsenka H., Vasilevich A., Shkoda M. Primenenie dinamicheskogo gravitacionnogo stola dlya lecheniya hronicheskoy limfovenoznoj nedostatochnosti nizhnich konechnosty [Use of dynamic gravity table for treatment of chronic lymphovenous insufficiency of the lower extremities]. *Chirurgija. Vostochnaya Evropa*, 2017, vol. 6, no. 2, pp. 188-197. (in Russian).
 41. Chernomorets N.V., Chur N.N., Yaroshevich N.A., Shcoda M.V. Gravitacionnaja terapija v kompleksnom lechenii pazientov s sacharnym diabetom i ego oslozhenijami [Gravitational therapy in the complex treatment of patients with diabetes mellitus and its complications]. *Medizinskie novosti*, 2019, no. 1(292), pp. 69-71. (in Russian).

Посмynуна 13.05.2021