

И.Н. НОВИКОВА, А.В. ДУНАЕВ, А.И. КРУПАТКИН

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХОЛОДОВОЙ ПРЕССОРНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОБЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВЫХ СИСТЕМ

В данной работе представлены результаты оценки изменений параметров микроциркуляторно-тканевых систем (МТС) организма человека при проведении холодовой прессорной функциональной пробы. Описана методика проведения экспериментов, приведены результаты измерений и расчётов комплексных параметров тканевого дыхания условно-здоровых добровольцев. В статье проведён анализ полученных данных, позволяющий их использовать для оценки резервных возможностей МТС организма при лечении ряда заболеваний с нарушением системы микроциркуляции крови.

Ключевые слова: *неинвазивная диагностика, лазерная доплеровская флоуметрия, оптическая тканевая оксиметрия, пульсоксиметрия, микроциркуляторно-тканевые системы, холодовая прессорная проба, тканевое дыхание.*

Актуальной проблемой в медицинской практике при диагностике различных заболеваний является исследование микроциркуляторно-тканевых систем (МТС) организма человека, их основных параметров, функций и процессов, протекающих в них. МТС являются структурно-функциональной единицей всех органов, основная функция которых заключается в обеспечении тканевого дыхания, которое включает в себя газообмен кислорода с кровью и совокупность окислительно-восстановительных реакций с цитохромной системой митохондрий для образования АТФ. Основными параметрами, характеризующими тканевое дыхание, являются экстракция и скорость потребления кислорода [1].

Для комплексной диагностики микроциркуляторно-тканевых систем организма человека в настоящее время применяют различные неинвазивные оптические технологии, такие как [2]: лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) [3], оптическая тканевая оксиметрия (ОТО) [4] и пульсоксиметрия [5]. Метод ЛДФ основан на оптическом зондировании ткани и анализе отраженного и рассеянного излучения от движущихся эритроцитов. Важной особенностью данного метода является возможность получения *in vivo* всего спектра ритмических процессов в микрососудах от пульсовых ритмов до циркадных, которые играют большую роль в функционировании системы микроциркуляции крови. Метод ОТО, основанный на спектрофотометрическом анализе различных фракций гемоглобина, позволяет *in vivo* оценивать динамику транспорта и величину сатурации крови кислородом в микрососудах. Метод пульсоксиметрии основан на способности гемоглобина, связанного (HbO_2) и не связанного с кислородом (Hb), абсорбировать свет различной длины волны и позволяет *in vivo* определить процентное содержание (сатурацию) оксигемоглобина в артериальной крови. Совместное применение данных методов позволяет комплексно оценить параметры микроциркуляторно-тканевых систем организма человека [6].

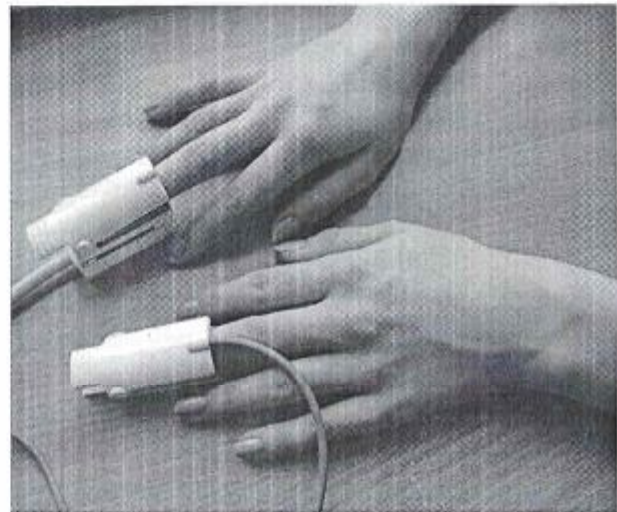
Для выявления скрытых нарушений гемодинамики и оценки возможных реакций МТС на внешнее воздействие широкое применение получили различные функциональные пробы такие, как окклюзионная проба, оценивающая величину кровотока в отсутствие артериального притока и резервные возможности микроциркуляторного русла по приросту кровотока во время реактивной постокклюзионной гиперемии [7, 8], дыхательная, позволяющая оценить реактивность сосудистой стенки вследствие активации симпатического звена автономной нервной системы, которая приводит к спазму приносящих микрососудов и временному снижению кровотока [9], постуральная, оценивающая веноартериолярную реакцию в микроциркуляторном русле [10], тепловая [11] и др. Особый интерес при исследовании микроциркуляторно-тканевых систем представляет холодовая прессорная проба (ХПП), осуществляемая в форме полного погружения кистей в ёмкость с холодной водой [3]. ХПП создаёт условия для выявления особенностей микроциркуляции крови и её нарушений уже на

ранних этапах. Таким образом, целью данной статьи явилась оценка влияния холодной прессорной пробы на изменение параметров микроциркуляторно-тканевых систем организма человека.

Экспериментальные исследования выполнялись с использованием лазерного анализатора микроциркуляции крови для врача общей практики «ЛАКК-ОП» (ООО НПП «ЛАЗМА», г. Москва), представленного на рисунке 1а. Лазерный анализатор предназначен для исследования состояния биологической ткани путём одновременного использования методов лазерной доплеровской флоуметрии с лазером на длину волны 1064 нм, оптической тканевой оксиметрии с лазерами на длины волн 530 нм и 630 нм и пульсоксиметрии. Расположение оптических датчиков во время проведения исследований представлено на рисунке 1б. Для частотного анализа ритмов (эндотелиальные, нейрогенные, миогенные, дыхательные и сердечные [12]) ЛДФ- и ОТО-грамм применялась программа LDF3 (версия 3.0.2.388).



а)



б)

Рисунок 1 – Внешний вид лазерного анализатора микроциркуляции крови для врача общей практики «ЛАКК-ОП» (а) и расположение оптических датчиков на пальцах рук добровольца во время проведения исследований (б)

В один день проводился только один эксперимент с ХПП, который включал в себя регистрацию 6-ти базовых (фоновых) тестов (БТ) длительностью по 5 мин каждый: 2 БТ регистрировались до начала проведения ХПП, а 4 БТ – после её окончания [13]. Время экспозиции (охлаждения рук) составляло 5 мин. Для получения достоверной диагностической информации запись БТ выполнялась через каждые 5 мин. Температура воды при проведении ХПП составляла порядка $14,8 \pm 0,2$ °С. Для контроля температуры воды и кожи добровольцев использовался бесконтактный электронный термометр «Sensitec NB-401» («Sensitec», Нидерланды).

Выполнены серии тестовых экспериментов ($n=18$), в которых приняли участие 3 условно здоровых добровольца женского пола (средний возраст – $21,3 \pm 0,5$ года). Измерения проводились на коже с артерио-венозными анастомозами (АВА) ладонная поверхность дистальной фаланги 3-го пальца кисти правой руки в одно и то же время, чтобы исключить циркадные ритмы кровотока, в условиях физического и психического покоя через 2 часа после приема пищи с предварительной адаптацией испытуемых к температуре помещения 20-23 °С в положении сидя, правое предплечье на столе на уровне сердца. Таким образом, всего было зарегистрировано 108 БТ по 5 мин каждый.

В процессе проведения экспериментальных исследований производилась регистрация основных параметров микроциркуляторно-тканевых систем, а именно, показателя микроциркуляции крови (I_m), тканевой сатурации (S_tO_2), уровня объёмного кровенаполнения ткани (V_b), сатурации артериальной крови (S_aO_2).

На рисунке 2 представлены примеры регистрации ЛДФ- и ОТО-грамм и их амплитудно-частотные спектры до и после проведения холодовой прессорной пробы и, как видно, данный функциональный тест вызывает значительное изменение основных измеряемых параметров МТС.

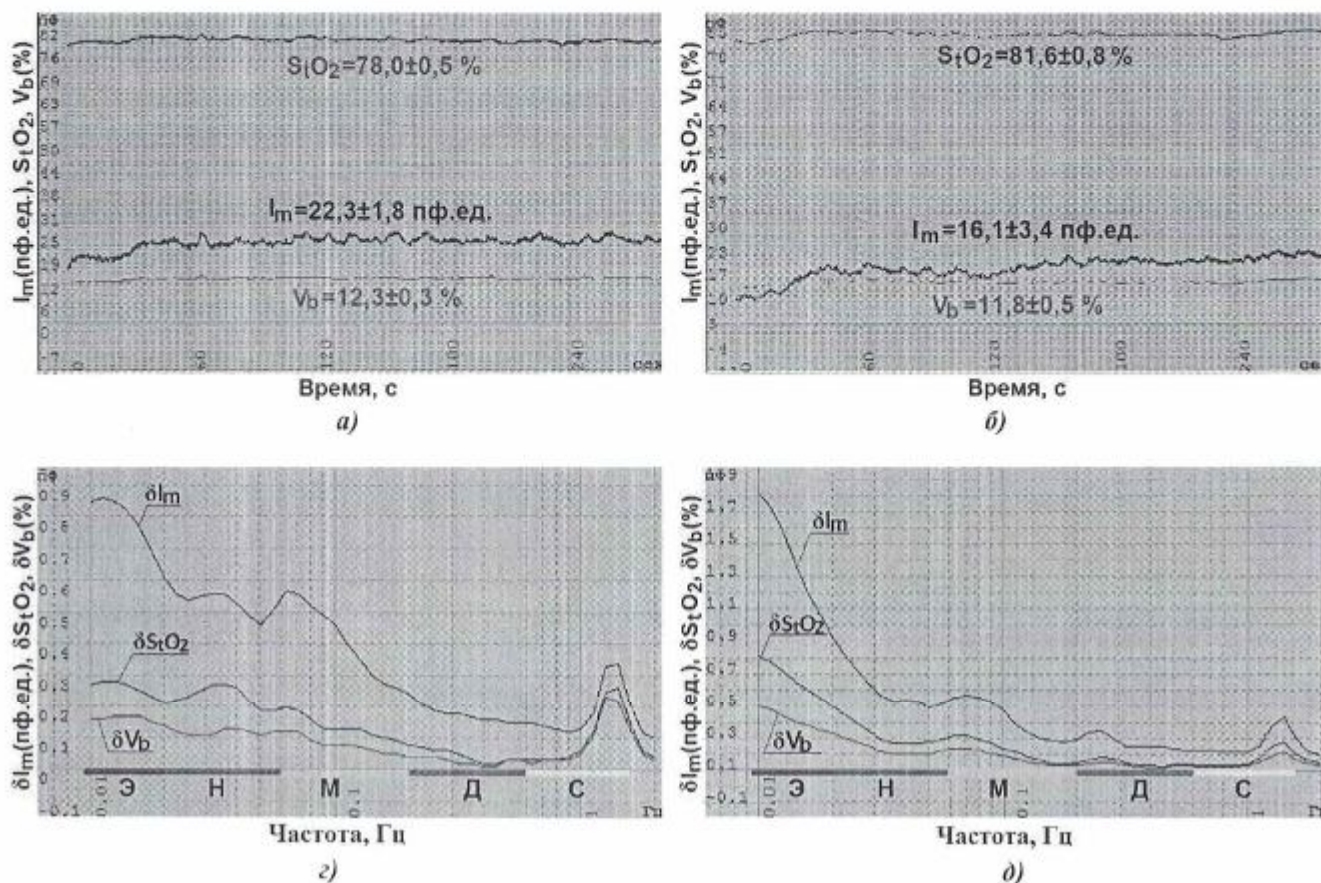


Рисунок 2 – Примеры регистрации ЛДФ- и ОТО-грамм и их амплитудно-частотные спектры до (а, г) и после (б, д) проведения ХПП

Э – эндотелиальные, Н – нейрогенные, М – миогенные, Д – дыхательные, С – сердечные ритмы

По методике [1, 14], основанной на анализе амплитуд колебаний S_tO_2 -грамм, определялся показатель экстракции кислорода (OE):

$$OE = (S_aO_2 - S_vO_2) / S_aO_2, \quad (1)$$

где S_vO_2 – сатурация венозной крови.

В большинстве случаев для области с АВА сатурация венозной крови рассчитывается следующим образом:

$$S_vO_2 = SO_2 / (A_c / A_b), \quad (2)$$

где A_c , A_b – максимальные амплитуды колебаний сердечных и дыхательных ритмов ($A_c / A_b > 1$).

Для области с АВА, $A_c / A_b \leq 1$ при этом $S_vO_2 = SO_2$.

В случае резонансных колебаний в активных диапазонах частот осцилляции эндотелиального и симпатического генеза для исследуемой области $S_vO_2 = 0$, тогда показатель извлечения кислорода:

$$OE = S_aO_2 / S_aO_2 = 1. \quad (3)$$

В случае резонанса осцилляций в общем миогенном или дыхательном диапазонах для области с АВА:

$$S_vO_2 = SO_2 / BI_{AVA}, \quad (4)$$

где BI_{AVA} – показатель шунтирования:

$$BI_{AVA} = 1 + (A_n / A_m), \quad (5)$$

где A_n, A_m – амплитуды колебаний микрокровотока в нейрогенном и миогенном диапазонах.

В случае доминирования осцилляций эндотелиального ритма при расчете показателя шунтирования амплитуда нейрогенного ритма (A_n) заменялась на амплитуду эндотелиального ритма (A_e) [3].

Скорость потребления кислорода (OC), рассчитывалась на основании анализа колебаний I_m -грамм и рассчитанного ранее значения венозной сатурации [1]:

$$OC = NB \times (S_a O_2 - S_v O_2), \quad (6)$$

где NB – доля нутритивного кровотока в общем микрокровотоке [1]:

$$NB = M / BI, \quad (7)$$

где M – среднее значение перфузии;

BI – показатель шунтирования, рассчитываемый в свою очередь по формуле:

$$BI = BI1 + BI2. \quad (8)$$

Составляющая $BI1$ для области кожи с АВА:

$$BI1 = BI_{AVA}. \quad (9)$$

$BI2$ рассчитывается по следующей формуле:

$$BI2 = A_{pass} / A_m, \quad (10)$$

где A_{pass} – максимальная амплитуда колебаний в пассивном диапазоне частот (сердечные или дыхательные ритмы).

Коэффициент $BI2$ учитывается, если $BI2 \geq 1$ [1].

Для оценки микрососудистого тонуса определены величины эндотелиального (ET), нейрогенного (NT) и миогенного (MT) тонуса [3].

$$ET = \sigma / A_e, \quad (11)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение показателя микроциркуляции крови (I_m);

A_e – наибольшее значение амплитуды колебаний перфузии в эндотелиальном диапазоне.

$$NT = \sigma / A_n, \quad (12)$$

где A_n – наибольшее значение амплитуды колебаний перфузии в нейрогенном диапазоне.

$$MT = \sigma / A_m, \quad (13)$$

где A_m – наибольшее значение амплитуды колебаний перфузии в миогенном диапазоне.

На основании измеренных параметров производился расчет комплексных параметров МТС организма человека. Индекс относительной перфузионной сатурации кислорода в микрокровотоке рассчитывается следующим образом [15]:

$$S_m = S_t O_2 / I_m. \quad (14)$$

Индексы удельного потребления кислорода в ткани согласно двум различным подходам рассчитываются следующим образом [16]:

$$U_1 = S_a O_2 / S_t O_2, \quad (15)$$

$$U_2 = (S_a O_2 - S_t O_2) / V_b. \quad (16)$$

Индекс удельного потребления кислорода в ткани (с учётом нутритивного кровотока) определяется следующим образом [6]:

$$I = (S_aO_2 / S_tO_2) \times NB. \quad (17)$$

Примеры типовых зависимостей индивидуальных параметров МТС добровольцев в процессе проведения ХПП представлены на рисунке 3.

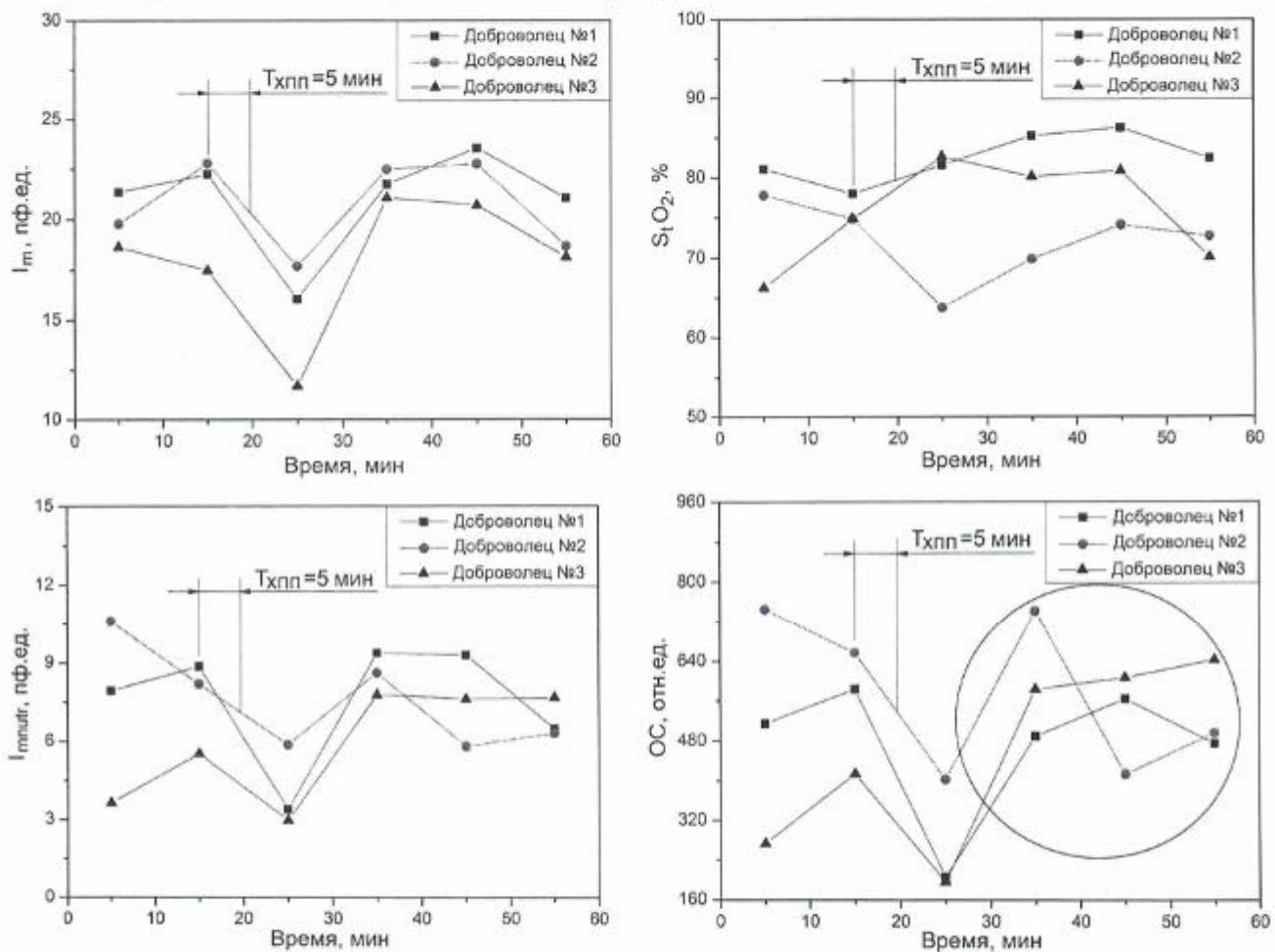


Рисунок 3 – Примеры типовых зависимостей индивидуальных параметров МТС добровольцев в процессе проведения ХПП

Анализ представленных зависимостей показывает, что отклик параметров микроциркуляторно-тканевых систем на ХПП у добровольцев различен. Так, у добровольца №3 после проведения ХПП восстановление скорости потребления кислорода происходит достаточно быстро, причем через 5 минут значение данного показателя почти в 2 раза превосходит исходный уровень, в то время как у добровольцев №1 и №2 данный процесс занимает более длительное время, а величина скорости потребления кислорода не превосходит исходных значений. После ХПП у добровольца №2 наблюдается возрастание, а затем значительное понижение скорости потребления кислорода, что может свидетельствовать о колебательном характере переходного процесса у данного добровольца, анализ которого является важным при оценке резервных возможностей микроциркуляторно-тканевых систем.

Результаты статистической обработки всех полученных экспериментальных данных представлены в таблице 1. При помощи критерия Манна-Уитни [17] оценено различие значений анализируемых параметров до и сразу после проведения ХПП.

Таблица 1 – Итоговая таблица результатов экспериментов

№ п/п	Параметр	№ БТ					
		До ХПП		После ХПП			
		1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$T_r, ^\circ\text{C}$	32,9±4,1	34,5±3,1	16,8±1,2*	25,6±4,3	28,8±3,7	31,8±3,3
2	$I_m, \text{пф.ед.}$	19,9±3,4	21,7±2,6	15,4±3,0*	18,9±3,3	18,2±2,7	18,3±3,5
3	$StO_2, \%$	76,8±7,3	76,6±7,1	75,0±7,7	77,6±7,1	80,1±8,8	76,1±8,8
4	$Vb, \%$	9,0±1,8	9,0±1,7	8,4±1,8	8,2±1,5	8,4±1,5	8,2±1,5
5	$SaO_2, \%$	98,8±3	98,9±0,3	98,9±0,2	98,9±0,2	98,9±0,3	99,0
6	$BI, \text{отн.ед.}$	2,9±1,0	2,7±0,5	5,0±1,8*	3,3±0,9	3,7±1,7	3,9±1,9
7	$SvO_2, \%$	29,0±14,7	25,8±12,1	35,4±12,3*	28,1±12,5	27,0±10,1	24,0±8,8
8	$ET, \text{отн.ед.}$	2,0±0,8	2,1±0,5	2,3±0,8	2,0±0,5	1,9±0,6	2,1±0,8
9	$NT, \text{отн.ед.}$	2,1±0,6	2,6±1,4	4,6±3,0*	2,9±1,3	2,7±1,2	2,1±0,5
10	$MT, \text{отн.ед.}$	2,8±0,7	3,2±1,4	7,0±2,7*	4,1±1,5	4,2±2,6	4,5±2,6
11	$Immutr, \text{пф.ед.}$	7,6±2,7	8,5±2,2	3,4±1,2*	6,3±2,2	5,8±2,3	5,6±2,4
12	$Sm, \text{отн.ед.}$	4,0±0,7	3,6±0,5	5,0±1,0*	4,2±0,9	4,5±0,7	4,4±1,3
13	$U1, \text{отн.ед.}$	1,30±0,12	1,30±0,11	1,33±0,14	1,29±0,12	1,25±0,15	1,32±0,16
14	$U2, \text{отн.ед.}$	2,6±1,0	2,6±0,9	3,1±1,6	2,7±1,7	2,3±1,2	3,0±1,5
15	$I, \text{пф.ед.}$	9,9±3,5	11,1±1,8	4,6±1,8*	8,1±3,1	7,3±2,9	7,3±3,0
16	$OE, \text{отн.ед.}$	0,71±0,15	0,74±0,13	0,64±0,19	0,72±0,13	0,73±0,10	0,76±0,07
17	$OC, \text{отн.ед.}$	532,9± 206,0	620,4± 165,4	219,5± 90,0*	456,4± 200,5	429,4± 201,7	430,0± 207,3

Анализ полученных данных показывает, что при проведении ХПП происходит уменьшение температуры в области исследования, вследствие чего происходит констрикция мышечно содержащих сосудов (артерий, артериол) [3], что приводит к снижению величины общей перфузии (21,7±2,6 пф.ед. и 15,4±3,0 пф.ед.). Данная функциональная проба вызывает раздражение холодовых рецепторов ткани, в результате чего активируются колебания кровотока симпатического диапазона. вследствие реакции холодовой вазодилатации, вызванной охлаждением рук, эндотелий ткани начинает выделять оксид азота, что приводит к росту амплитуды колебаний эндотелиальных ритмов [18]. Увеличение амплитуд низкочастотных колебаний приводит к увеличению показателя шунтирования (2,7±0,5 отн.ед. и 5,0±1,8 отн.ед.) и уровня венозной сатурации (25,8±12,1 % и 35,4±12,3 %). Уменьшение вазомоций приводило к росту миогенного тонуса (3,2±1,4 отн.ед. и 7,0±2,7 отн.ед.). Таким образом, большая часть кровотока движется по шунтам, что приводит к уменьшению нутритивного кровотока (8,5±2,2 пф.ед. и 3,4±1,2 пф.ед.). В результате ХПП происходит изменение и комплексных параметров, таких как индекс относительной перфузионной сатурации кислорода в микрокровотоке (3,6±0,5 отн.ед. и 5,0±1,0 отн.ед.) и индекс удельного потребления кислорода в ткани для области с АВА с учётом нутритивного кровотока (11,1±1,8 пф.ед. и 4,6±1,8 пф.ед.). Таким образом, уменьшение кровотока в нутритивном русле приводит к уменьшению скорости потребления кислорода (620,4±165,4 отн.ед. и 219,5±90,0 отн.ед.), в тоже время значимых изменений экстракции кислорода (количества фракций кислорода, удаляемых из артериальной крови путем диффузии в ткань) не происходит (0,74±0,13 отн.ед. и 0,64±0,19 отн.ед.).

На рисунке 4 представлены зависимости изменений параметров микроциркуляторно-тканевых систем исследованных добровольцев в процессе проведения ХПП.

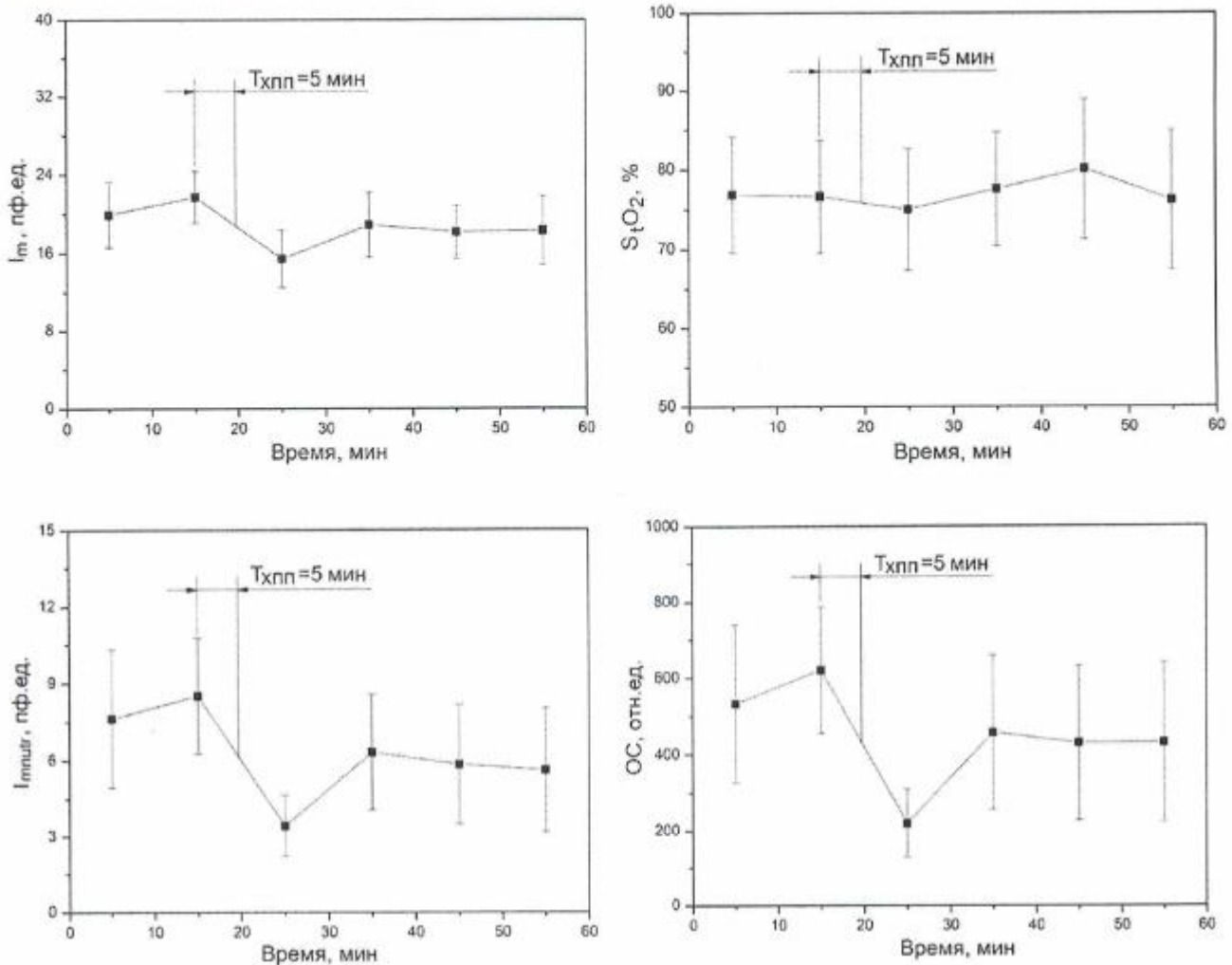


Рисунок 4 – Зависимости изменений параметров МТС исследованных добровольцев в процессе проведения ХПП

Как видно из представленных зависимостей, через 20-30 мин после проведения ХПП (БТ №5) колебания кровотока нормализуются, миогенный тонус прекапилляров уменьшается, амплитуды колебаний кровотока симпатического диапазона понижаются, происходит активация капиллярной перфузии ($18,2 \pm 2,7$ пф.ед.), в результате чего происходит уменьшение показателя шунтирования ($3,7 \pm 1,7$ отн.ед.), увеличение величины нутритивного кровотока ($5,8 \pm 2,3$ пф.ед.) и, как следствие – возрастание скорости потребления кислорода ($429,4 \pm 201,7$ отн.ед.).

Таким образом, охлаждение рук и массивное раздражение терморцепторов при выполнении ХПП вызывают мощную симпатическую активацию, что приводит к констрикции (сужению) мышечно-содержащих сосудов, к которым относятся артерии, артериолы АВА. После окончания проведения ХПП происходит увеличение локальной температуры кожи и дилатация (расширение) сосудов, так называемая реакция холодовой вазодилатации, в результате которой происходит потеря способности сокращаться, сосуды расширяются и превращаются в пассивное сосудистое ложе [3]. Кровь начинает поступать в большом объеме, а это приводит к тому, что стенки сосудов нагреваются и их способность к сокращению восстанавливается (реакция вазоконстрикции). Таким образом, циклическое возрастание кровотока сменяется последующим снижением, а затем вновь происходит повышение кровотока и т.д., продолжительность полного цикла колебаний кровотока обычно составляет 15-30 мин [19].

Анализ полученных данных показал, что при выполнении холодовой прессорной пробы происходит изменение основных параметров микроциркуляторно-тканевых систем, которые оказывают влияние на обеспечение тканевого дыхания. Таким образом, предлагаемая методика проведения ХПП является информативной при исследовании основных компонентов МТС, их резервных и адаптивных возможностей при оценке патогенеза различных забо-

леваний, связанных с развитием трофических нарушений (сахарный диабет, атеросклероз, синдром Рейно, вибрационная болезнь, склеродермия). Этот факт позволяет сделать вывод о возможности и целесообразности её дальнейшей апробации на пациентах с нарушением системы микроциркуляции крови в условиях клиники.

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки №2014/264 ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК» с использованием оборудования регионального центра коллективного пользования контрольно-измерительным оборудованием ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупаткин, А.И. Неинвазивная оценка тканевого дыхания у человека с использованием вейвлет-анализа колебаний сатурации крови кислородом и кровотока в микрососудах кожи // Физиология человека, 2012. – Т. 38. – №4. – с. 67 – 73.
2. Тучин, В.В. Оптическая медицинская диагностика: в 2 т. – М.: Физматлит, 2007. Т. 1. 559 с.
3. Крупаткин, А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: руководство для врачей / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 496 с.
4. Рогаткин, Д.А. Физические основы оптической оксиметрии. Лекция // Медицинская физика, №2, 2012. – с. 97-114.
5. Шурьгин, И.А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. – СПб.: «Невский Диалект»; М.: «Издательство БИНОМ», 2000. – 301 с.
6. Дунаев, А.В. Анализ физиологического разброса параметров микроциркуляторно-тканевых систем / А.В. Дунаев, И.Н. Новикова, А.И. Жеребцова и др. // Биотехносфера, 2013. – №5. – С.44-53.
7. Пат. 2474379 Российская Федерация, МПК А61В5/01, А61В8/06. Способ диагностики функционального состояния системы микроциркуляции крови при вибрационной болезни / А.В. Дунаев, Е.А. Жеребцов, А.И. Егорова и др., заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО "Государственный университет - УНПК". – 2011118035/14. заявл. 04.05.11, Оpubл. 10.02.13, Бюл. № 4. – 10 с. :ил.
8. Усанов, Д.А. Оценка функционального состояния кровеносных сосудов по анализу температурно реакции на окклюзионную пробу/ Д.А. Усанов, А.В. Скрипаль, А.А. Протопопов // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – Т.5, №4. – С.554-558.
9. Станкевич, А.В. Функциональные пробы в оценке резервных возможностей кровотока у спортсменов / А.В. Станкевич, А.А. Ахапкина, И.А. Тихомирова // Ярославский педагогический вестник. – 2013. - №4. – Т.III. – С.190-194.
10. Азизов, Г.А. Функциональные пробы в оценке степени нарушений микроциркуляции при заболеваниях сосудов нижних конечностей // Региональное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. - № 1(17). – С. 37-43.
11. Прокофьева, Т.В. Тепловая проба у больных стабильной стенокардией напряжения III функционального класса в процессе стационарного лечения при ЛДФ-тестировании / Т.В. Прокофьева, М.К. Яценко, Л.П. Воронина, Е.А. Полунина // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 12 – С. 91-92
12. Stefanovska, A. Wavelet Analysis of Oscillations in Peripheral Blood Circulation Measured by Doppler Technique / A. Stefanovska, M. Bracic, H.D. Kvernmo // IEEE Trans. Biomed. Eng., № 10, vol. 46, 1999, pp. 1230-1239.
13. Новикова, И.Н. Исследование тканевого дыхания при холодовой прессорной физиологической пробе // Труды III Всероссийского конгресса молодых ученых. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – С. 235-237.
14. Dunaev, A.V. Investigating tissue respiration and skin microhaemocirculation under adaptive changes and the synchronization of blood flow and oxygen saturation rhythms / A.V. Dunaev, V.V. Sidorov, A.I. Krupatkin, et al. // Physiological Measurement, № 35(4), 2014, pp. 607-621.
15. Крупаткин, А.И. Клинико-диагностические показатели при комплексном исследовании микрогемодинамики и транспорта кислорода в системе микроциркуляции / А.И. Крупаткин, Д.А. Рогаткин, В.В. Сидоров // Материалы VI Межд. Конф. «Гемореология и микроциркуляция» – Ярославль, ЯГПУ им. Ушинского, 2007. – С.106.
16. Dunaev, A.V. Laser reflectance oximetry and Doppler flowmetry in assessment of complex physiological parameters of cutaneous blood microcirculation / A.V. Dunaev, V.V. Sidorov, N.A. Stewart, et al. // Proc. SPIE, vol. 8572, 2013, 857205 XI.
17. Юнкеров, В.И. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований / В.И. Юнкеров, С.Г. Григорьев. – СПб.: ВМедА, 2002. – 266 с.
18. Звездин, М.С. Ответная реакция сосудов кожи на дистантное холодовое воздействие / М.С. Звездин, В.В. Ачкасова // Региональное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5, №3 (19). – С. 63-67.
19. Холодовая вазодилатация. Сохранение тепла подкожной жировой клетчаткой. – Режим доступа: <http://meduniver.com/Medical/Physiology/1706.html>

Новикова Ирина Николаевна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел, Россия

Аспирант кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», инженер-исследователь научно-образовательного центра «Биомедицинская инженерия»

E-mail: i.n_novikova@mail.ru

Тел.: +7-961-627-87-27

Дунаев Андрей Валерьевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орёл, Россия

Ведущий научный сотрудник научно-образовательного центра «Биомедицинская инженерия», кандидат технических наук, доцент кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»

E-mail: dunaev@bmccenter.ru

Тел.: +7-4862-41-98-76

Крупаткин Александр Ильич

ФГУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова», г. Москва, Россия

Ведущий научный сотрудник отделения функциональной диагностики, доктор медицинских наук, профессор

E-mail: aikrup@mail.ru

I.N. NOVIKOVA, A.V. DUNAEV, A.I. KRUPATKIN

ESTIMATING THE INFLUENCE OF THE COLD PRESSOR FUNCTIONAL TEST ON THE CHANGE OF PARAMETERS OF MICROCIRCULATORY-TISSUE SYSTEMS

This paper presents evaluation results of the parameter changes of microcirculatory-tissue systems (MTS) of the human body during cold pressor functional tests. Described is the methodology for conducting experiments, alongside results of measurements and calculations of complex parameters of tissue respiration on healthy volunteers. The article analyzes the data, allowing it to be used to assess the reserve capacity of organism MTS in treating a number of diseases with impaired microcirculation of blood.

Keywords: *non-invasive diagnostics, laser Doppler flowmetry, tissue reflectance oximetry, microcirculatory-tissue system, cold pressor test, pulse oximetry, tissue respiration*

BIBLIOGRAPHY

1. Krupatkin, A.I. Neinvazivnaja ocenka tkanevogo dyhanija u cheloveka s ispol'zovaniem vejrlet-analiza kolebanij saturacii krovi kislorodom i krovotoka v mikrosodudah kozhi // Fiziologija cheloveka, 2012. – Т. 38. – №4. – с. 67 – 73.
2. Tuchin, V.V. Opticheskaja medicinskaja diagnostika: v 2 t. – М.: Fizmatlit, 2007. Т. 1. 559 с.
3. Krupatkin, A.I. Funkcional'naja diagnostika sostojanija mikrocirkuljatorno-tkanevyh sistem: ko-lebanija, informacija, nelinejnost': rukovodstvo dlja vrachej / A.I. Krupatkin, V.V. Sidorov. – М.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2013. – 496 с.
4. Rogatkin, D.A. Fizicheskie osnovy opticheskoy oksimetrii. Lekcija // Medicinskaja fizika, №2, 2012. – с. 97-114.
5. Shurygin, I.A. Monitoring dyhanija: pul'soksimetrija, kapnografija, oksimetrija. – SPb.: «Nevskij Dialekt»; М.: «Izdatel'stvo BINOM», 2000. – 301 с.
6. Dunaev, A.V. Analiz fiziologicheskogo razbrosa parametrov mikrocirkuljatorno-tkanevyh sistem / A.V. Dunaev, I.N. Novikova, A.I. Zherebcova i dr. // Biotehnosfera, 2013. – №5. – С.44-53.
7. Pat. 2474379 Rossijskaja Federacija, MPK A61B5/01, A61B8/06. Sposob diagnostiki funkcional'nogo sostojanija sistemy mikrocirkuljatsii krovi pri vibracionnoj bolezni / A.V. Dunaev, E.A. Zherebcov, A.I. Egorova i dr., zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO "Gosuniversitet - UNPK". – 2011118035/14. zajavl. 04.05.11, Opubl. 10.02.13, Bjul. № 4. – 10 с. :il.
8. Usanov, D.A. Ocenka funkcional'nogo sostojanija krovenosnyh sudov po analizu temperaturno re-akcii na okkljuzionnuju probu/ D.A. Usanov, A.V. Skripal', A.A. Protopopov // Saratovskij nauchno-meditsinskij zhurnal. – 2009. – Т.5, №4. – С.554-558.
9. Stankevich, A.V. Funkcional'nye proby v ocenke rezervnyh vozmozhnostej krovotoka u sportsmenov / A.V. Stankevich, A.A. Ahapkina, I.A. Tihomirova // Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik. – 2013. - №4. – Т.III. – С.190-194.

10. Azizov, G.A. Funkcional'nye proby v ocenke stepeni narushenij mikrocirkuljacii pri zaboлева-nijah sosudov nizhnih konechnostej // Regional'noe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija. – 2006. - № 1(17). – S. 37-43.
11. Prokof'eva, T.V. Teplovaja proba u bol'nyh stabil'noj stenokardiej naprjazhenija III funkcio-nal'nogo klassa v processe stacionarnogo lechenija pri LDF-testirovanii / T.V. Prokof'eva, M.K. Jacenko, L.P. Voronina, E.A. Polunina // Fundamental'nye issledovanija. – 2007. – № 12 – S. 91-92
12. Stefanovska, A. Wavelet Analysis of Oscillations in Peripheral Blood Circulation Measured by Doppler Technique / A. Stefanovska, M. Bracic, H.D. Kvernmo // IEEE Trans. Biomed. Eng., № 10, vol. 46, 1999, pp. 1230-1239.
13. Novikova, I.N. Issledovanie tkanevogo dyhanija pri holodovoj pressornoj fiziologicheskoj pro-be // Trudy III Vserossijskogo kongressa molodyh uchenyh. – SPb: Universitet ITMO, 2014. – S. 235-237.
14. Dunaev, A.V. Investigating tissue respiration and skin microhaemocirculation under adaptive changes and the synchronization of blood flow and oxygen saturation rhythms / A.V. Dunaev, V.V. Sidorov, A.I. Krupatkin, et al. // Physiological Measurement, № 35(4), 2014, pp. 607-621.
15. Krupatkin, A.I. Kliniko-diagnosticheskie pokazateli pri kompleksnom issledovanii mikrogemodinamiki i transporta kisloroda v sisteme mikrocirkuljacii / A.I. Krupatkin, D.A. Rogatkin, V.V. Sidorov // Materialy VI Mezhd. Konf. «Gemoreologija i mikrocirkuljacija» – Jaroslavl', JaGPU im. Ushinskogo, 2007. – С.106.
16. Dunaev, A.V. Laser reflectance oximetry and Doppler flowmetry in assessment of complex physiological parameters of cutaneous blood microcirculation / A.V. Dunaev, V.V. Sidorov, N.A.Stewart, et al. // Proc. SPIE, vol. 8572, 2013, 857205 XI.
17. Junkerov, V.I. Matematiko-statisticheskaja obrabotka dannyh medicinskih issledovanij / V.I. Junkerov, S.G. Grigor'ev. – SPb.: VMedA, 2002. – 266 s.
18. Zvezdin, M.S. Otvetnaja reakcija sosudov kozhi na distantnoe holodovoe vozdejstvie / M.S. Zvezdin, V.V. Achkasova // Regionarnoe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija. – 2006. – T. 5, №3 (19). – S. 63-67.
19. Holodovaja vazodilatacija. Sohranenie tepla podkozhnoj zhirovoj kletchatkoj. – Rezhim dostupa: <http://meduniver.com/Medical/Physiology/1706.html>

Novikova Irina Nikolaevna

FSEI HPE "state University - unpk", , Orel, Russia

Postgraduate student of the Department "Instrument making, Metrology and certification", engineer-researcher of the scientific-educational center "Biomedical engineering"

E-mail: i.n_novikova@mail.ru

Phone: +7-961-627-87-27

Dunaev Andrey Valer'evich

FSEI HPE "state University-unpk", , Orel, Russia

Leading research worker of the scientific-educational centre "bioengineering", candidate of technical Sciences, Professor of the Department of Instrumentation, Metrology and certification"

E-mail: dunaev@bmecenter.ru

Phone: +7-4862-41-98-76

Krupatkin Alexander Ilyich

The Federal state institution "Central Institute of traumatology it. N.N. Priorov", , Moscow, Russia

Leading researcher of the Department of functional diagnostics, MD, Professor

E-mail: aikrup@mail.ru