

УДК 616-005; 616.1

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-39-45

Е. Е. ЛАДОЖСКАЯ-ГАПЕЕНКО, К. Н. ХРАПОВ

Возможности лазерной доплеровской флоуметрии с использованием ортостатической пробы в оценке функционального состояния микроциркуляции

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8
E-mail: ulfkote@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29.05.20; принята к печати 24.07.20

Резюме

Цель. При помощи лазерной доплеровской флоуметрии, с одновременной регистрацией микрокровотока в пяти точках и с применением ортостатической пробы выявить паттерны амплитудно-частотного спектра, характерные для всех относительно здоровых индивидов. **Материалы и методы.** В исследование включены 114 человек (69 женщин, 45 мужчин), средний возраст – 26 ± 6 лет. Критерии включения: добровольцы от 18 до 40 лет, считающие себя здоровыми, ведущие активный образ жизни, хорошо переносящие физическую нагрузку. Всем пациентам выполнялась лазерная доплеровская флоуметрия при помощи мобильных флоуметров «ЛАЗМА-ПФ» (Россия) с применением ортостатической пробы. Регистрация измерений проводилась одновременно в пяти точках (медиальные надлодыжечные области, внутренняя поверхность предплечий, надбровная область). **Результаты.** Выявлены характерные паттерны амплитудно-частотного спектра (АЧС) в области двух крупных бассейнов – дуги аорты и верхней поллой вены, а также нисходящей аорты и нижней поллой вены. Данные изменения происходят в ответ на изменения положения в пространстве. В положении клиностаза в паттернах амплитудно-частотного спектра сигнала, полученного с области верхних конечностей и надбровной области, преобладала гармоника миогенного диапазона (0,047–0,145 Гц), а гармоника нейрогенного диапазона (0,02–0,046 Гц) была менее выражена. В паттерне амплитудно-частотного спектра сигнала с нижних конечностей преобладала гармоника нейрогенного диапазона (0,02–0,046 Гц), гармоника миогенного диапазона (0,047–0,145 Гц) была менее выражена. В положении ортостаза определялись следующие изменения: в области верхних конечностей и надбровья амплитуда гармоники нейрогенного диапазона увеличивалась относительно амплитуды миогенного спектра, а в области нижних конечностей амплитуда гармоники миогенного диапазона увеличивалась относительно амплитуды нейрогенного диапазона. **Выводы.** Одновременное использование нескольких датчиков в области нижней и верхней частей тела повышает диагностическую значимость метода лазерной доплеровской флоуметрии. У относительно здоровых испытуемых выявлены характерные паттерны медленноволновой части АЧС в области верхней и нижней частей тела, в ортостазе и клиностазе. При перемене положения тела паттерны верхней и нижней частей тела изменяются противоположно. Выполнение поструральной пробы позволяет оценивать сохранность механизмов регуляции вазомоторной функции микроциркуляторного русла. Использованный метод и полученные результаты нуждаются в дальнейшем исследовании с целью определения возможности объективного выявления функциональных и патологических изменений, а также компенсаторных возможностей микроциркуляции в норме и при патологии.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, системная микроциркуляция, поструральная проба, паттерн амплитудно-частотного спектра

Для цитирования: Ладожская-Гапеев Е. Е., Храпов К. Н. Возможности лазерной доплеровской флоуметрии с использованием ортостатической пробы в оценке функционального состояния микроциркуляции. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2020;19(3):39–45. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-39-45.

UDC 616-005; 616.1

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-39-45

Е. Е. LADOZHSKAYA-GAPEENKO, K. N. KHRAPOV

Possibilities of Laser-Doppler Flowmetry in assessment of functional state of microcirculation

Pavlov University, Saint Petersburg, Russia
6-8 L'va Tolstogo street, Saint Petersburg, Russia, 197022
E-mail: ulfkote@mail.ru

Received 29.05.20; accepted 24.07.20

Summary

Aim. In the present study we evaluate the amplitude-frequency spectrum patterns of the relatively healthy individuals using the laser Doppler flowmetry with simultaneous registration of micro-flow in five points and application of orthostatic sample. **Materials and methods.** 144 healthy volunteers (69 women, 45 men) from 18 to 40 years old (the average age

is 26 ± 6) in a good physical condition were included in the exploration. The mobile flowmeters LAZMA-PF (Russia) was used to record blood flow. All patients were carried out by laser Doppler flowmetry with the use of orthostatic test. Measurements were recorded at the same time in five points (medial overhead areas, inner surface of forearms, overhead area). **Results.** We observed typical patterns of amplitude-frequency spectrum in the regions of arcs of aorta and upper hollow vein, as well as descending aorta and lower hollow vein. The changes are due to the body position alteration. By the monitoring blood flow in the upper extremity and the supercilium regions the spectral harmonic of the myogenic range (0.047–0.145 Hz) dominated in the clinostatic position and the harmonic of the neurogenic range (0.02–0.046 Hz) was less noticed. In the signal spectrum obtained from the lower limbs the harmonic of the neurogenic range (0.02–0.046 Hz) dominated and the harmonic of the myogenic range (0.047–0.145 Hz) was less noticed. In the orthostatic position in the region of upper extremities and supercilium, the harmonic amplitude of the neurogenic range increased regarding to the amplitude of the myogenic spectrum, and in the region of lower extremities, the harmonic amplitude of the myogenic range increased regarding to the amplitude of the neurogenic range. **Conclusions.** Using of the several sensors in the different body parts by the same time is improving the technique relevance. The healthy volunteers showed the typical patterns of slow wave part of ACS in the upper and lower parts of the body in clinostatic and orthostatic positions. The body position changing is reversing the patterns in the upper and lower body parts. Getting the postural test allows to assess the integrity of regulation mechanisms of microcirculation. The method used and the results need further investigation to determine the possibility to detect the functional and pathological changes, as well as compensatory possibilities of microcirculation in normal and in pathology.

Keywords: Laser Doppler flowmetry, systemic microcirculation, orthostatic sample, amplitude-frequency spectrum pattern

For citation: Ladozhskaya-Gapeenko E. E., Khrapov K. N. Possibilities of Laser-Doppler Flowmetry in assessment of functional state of microcirculation. *Regional hemodynamics and microcirculation*. 2020;19(3):39–45. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-3-39-45.

Введение

В последние годы проблеме микроциркуляции в научных исследованиях и практической медицине уделяется все больше внимания, появилось различное оборудование для прижизненной визуализации и функциональной оценки состояния сосудов микроциркуляторного русла: электронные капилляроскопы, лазерные флоуметры, ультразвуковые доплерографы, позитронно-эмиссионные томографы. Лабораторное определение маркеров эндотелиальной дисфункции также позволяет получить важную информацию о состоянии микроциркуляции. Однако в мировой клинической практике до сих пор не существует единого протокола оценки состояния системной микроциркуляции. Многие диагностические методы используются ограничено. Оценка функционального состояния микроциркуляции чрезвычайно важна для клиницистов, так как микроциркуляторное русло является местом конечной реализации насосной функции сердца и обеспечивает необходимый тканевой гомеостаз, кроме того, оно обладает высокой степенью защиты в виде совершенной многоуровневой системы регуляции, позволяющей адаптироваться к различным экзогенным и эндогенным факторам, влияющим на кровоток и метаболизм [1]. Объективный анализ функционального состояния микроциркуляторного русла в целом может быть мощным инструментом не только для выявления этиологии нарушений регуляции, но и для оценки резервных возможностей организма. Наиболее информативным неинвазивным способом изучения состояния функционального состояния микроциркуляции считается метод лазерной доплеровской флоуметрии, разработанный R. Bonner в 1980 г. и широко применяющийся за рубежом с середины 80-х гг. [2]. При этом исследовании определяется средний показатель микроциркуляции, прямо пропорциональный произведению скорости движения эритроцитов на их число в зондируемом объеме ткани. Кроме того, при помощи амплитудно-частотного преобразования

полученного сигнала оценивается вклад флуктуаций различных частотных диапазонов [3]. В исследованиях используют различные функциональные пробы, провоцирующие направленные изменения тканевого кровотока для оценки регуляторных механизмов, одной из них является ортостатическая проба [4–6]. Функциональные пробы позволяют оценить как резервы системы, так и реактивность микрососудов и степень вовлечения их в реакции [7]. Как правило, для регистрации микрокровотока используют 1–2 точки.

Стоит отметить, что определяемый показатель микроциркуляции (ПМ) зависит от множества факторов: пола, возраста, наличия заболеваний, психологического статуса, температуры окружающей среды, питания, положения тела в пространстве, волеми, места крепления датчика, приема лекарственных препаратов и т. д. Показатели амплитудно-частотного спектра (АЧС), так называемые активные и пассивные флаксомии, оцениваются в числовых значениях, в виде нормированных по показателю микроциркуляции амплитуд, однако пока еще не определены референтные значения, позволяющие различать допустимые функциональные и патологические изменения микроциркуляции крови.

В итоге, на сегодняшний день единый алгоритм оценки функционального состояния микроциркуляторного русла, который мог бы быть использован для диагностики в условиях клиники, в том числе и для скрининга, пока не разработан. При этом стоит отметить, что в последнее время растет число исследовательских работ с применением лазерной доплеровской флоуметрии, но важной опорой для клиницистов метод так и не стал, несмотря на неинвазивность, простоту использования и высокую чувствительность.

Цель – при помощи лазерной доплеровской флоуметрии, с одновременной регистрацией микрокровотока в пяти точках и применением ортостатической пробы выявить паттерны амплитудно-частотного

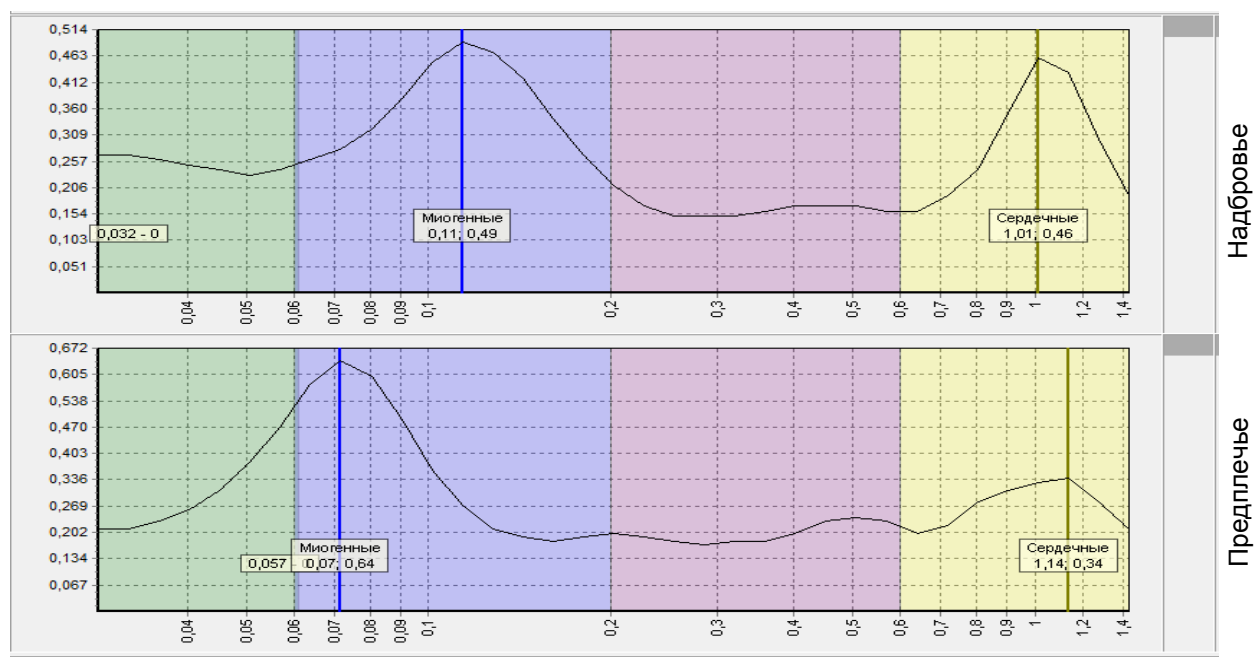


Рис. 1. Вейвлет-преобразование сигнала, зарегистрированного в положении клиностаза

Fig. 1. Wavelet transform of the signal recorded in the clinostasis position

спектра, характерные для всех относительно здоровых индивидов.

Материалы и методы исследования

В исследование включены 114 человек (69 женщин, 45 мужчин), средний возраст – 26 ± 6 лет. Критерии включения: добровольцы от 18 до 40 лет, считающие себя здоровыми, ведущие активный образ жизни, хорошо переносящие физическую нагрузку. Критерии исключения: наличие постоянной электрокардиостимуляции, протезов конечностей. Всем пациентам выполнялась лазерная доплеровская флоуметрия при помощи мобильных флоуметров «ЛАЗМА-ПФ» (Россия) с применением ортостатической пробы. Накожные датчики фиксировались в пяти точках (в области надбровья, предплечий и голени). После 5-минутной стабилизации кровотока в положении лежа выполнялась 3-минутная регистрация сигнала. Далее пациент самостоятельно переходил в положение ортостаза, при этом положение датчиков не изменялось. После стабилизации кровотока выполнялось повторное измерение. Полученные сигналы подвергались вейвлет-преобразованию. Далее проводился качественный анализ амплитудно-частотного спектра (АЧС) сигналов, полученных с вышеуказанных регионов, сопоставление и сравнение паттернов медленноволновой части (области активных вазомоций) в диапазоне от 0,02 до 0,145 Гц. Были проанализированы гармоники нейрогенного (0,02–0,046 Гц) и миогенного (0,047–0,145 Гц) спектров. Статистический анализ результатов (после проверки на нормальность распределения, тест Колмогорова – Смирнова) проводили с использованием параметрических методов: для сравнения средних амплитуд гармоник нейрогенного и миогенного спектров применяли t-критерий Стьюдента для независимых выборок, для сравнения соотношения амплитуд гармоник нейрогенного и миогенного спектров

использовали t-критерий Стьюдента для зависимых выборок. Обработку данных проводили при помощи программы «SPSS 13».

Результаты исследования и их обсуждение

Качественный анализ медленноволновой части (0,02–0,145 Гц) амплитудно-частотного спектра позволил выявить феномен, ранее не описанный ни в отечественной, ни в зарубежной литературе. В положении клиностаза паттерны медленноволнового диапазона АЧС сигналов, полученных с области верхних конечностей и надбровной области, были идентичны, представлены четкой гармоникой миогенного диапазона (0,047–0,145 Гц), гармоника нейрогенного диапазона (0,02–0,046 Гц) не выражена (рис. 1).

Паттерн медленноволнового диапазона АЧС сигналов, полученного с нижних конечностей в положении клиностаза, представлял собой отчетливую гармонику нейрогенного диапазона (0,02–0,046 Гц) и менее выраженный зубец в миогенном диапазоне (0,047–0,145 Гц) и представлял собой практически зеркальное отражение паттерна амплитудно-частотного спектра сигнала надбровья (рис. 2).

В положении ортостаза определялись следующие изменения: медленноволновой диапазон АЧС сигналов, полученных с области верхней части тела, был представлен гармоникой нейрогенного диапазона и менее выраженной гармоникой миогенного диапазона, а сигналов, полученных с голени, – гармоникой миогенного диапазона и менее выраженной гармоникой нейрогенного диапазона (рис. 3).

Примечательно, что у 83 (72,8 %) паттерны медленноволнового диапазона АЧС, полученные с верхней и нижней частей туловища, имели зеркальное строение относительно друг друга, как в положении ортостаза, так и в положении клиностаза (частота максимальной амплитуды гармоник АЧС сигнала с верхней конечности и надбровной области

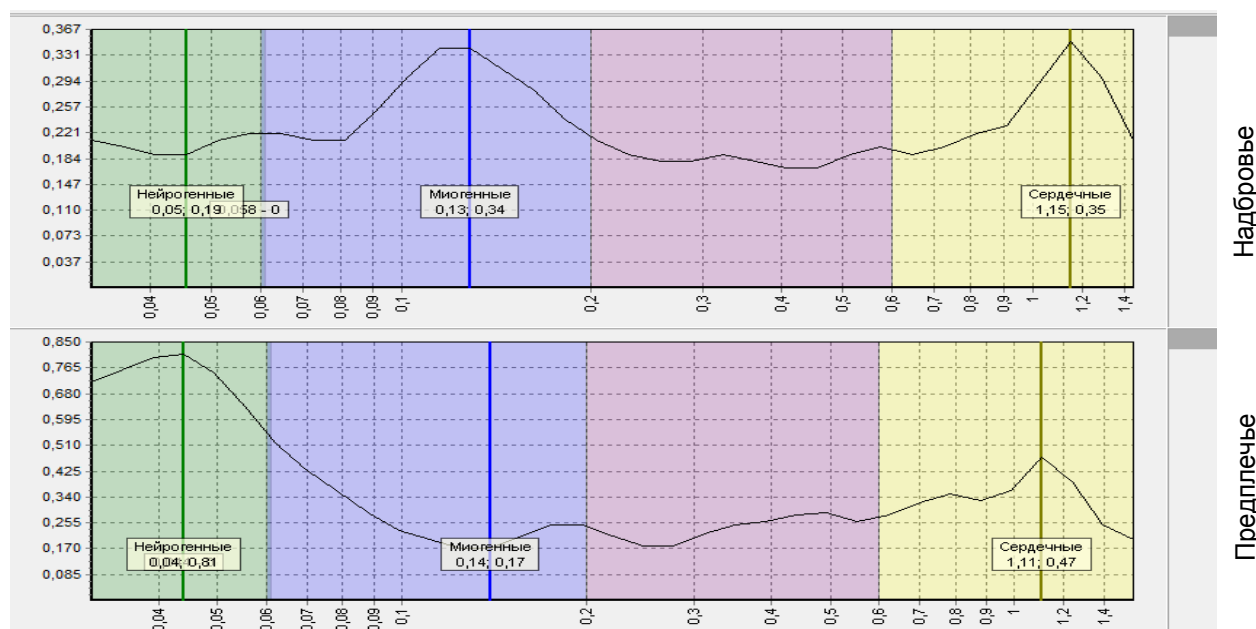


Рис. 2. Вейвлет-преобразование сигналов, зарегистрированных в положении клиностаза

Fig. 2. Wavelet transform of the signal recorded in the clinostasis position

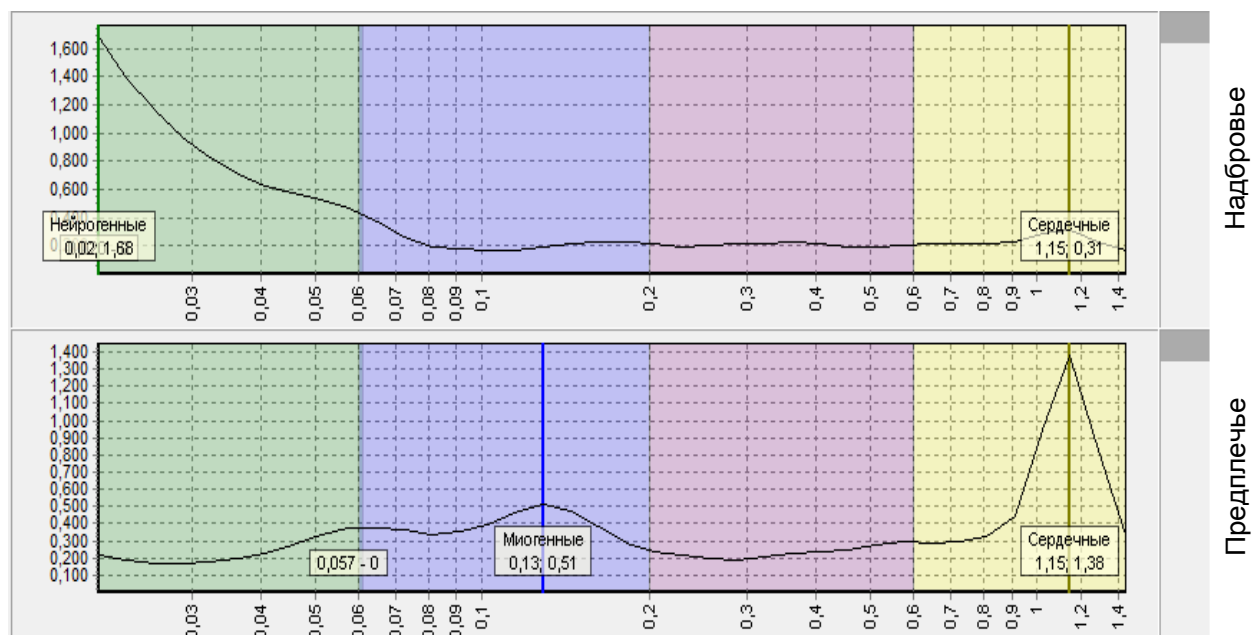


Рис. 3. Вейвлет-преобразование сигналов, зарегистрированных в положении ортостаза

Fig. 3. Wavelet transform of signals recorded in the orthostasis position

Таблица 1

Средние значения амплитуд нейрогенной и миогенной гармоник

Table 1

Average values of the amplitudes of the neurogenic and myogenic harmonics

Амплитуда гармоники		Клиностаз			Ортостаз			P
		надбровье	предплечье	голень	надбровье	предплечье	голень	
Нейрогенный диапазон	Mean	0,4049	0,4601	0,3971	0,5965	0,7769	0,2714	<0,01*
	SD	0,24498	0,23879	0,23666	0,27949	0,24249	0,22503	<0,01*
Миогенный диапазон	Mean	0,7069	0,7749	0,2344	0,3724	0,4638	0,2344	<0,01*
	SD	0,35356	0,32727	0,18090	0,22996	0,18477	0,20769	<0,01*

* – при сравнении средних амплитуд нейрогенного и миогенного спектров в области одной локализации.

Таблица 2

Средние значения амплитуд нейрогенной и миогенной гармоник, нормированные по среднеквадратичному отклонению ($A/3\sigma$)

Table 2

Average values of the amplitudes of neurogenic and myogenic harmonics, normalized by the standard deviation ($A/3\sigma$)

Диапазон		Клиностаз			Ортостаз			P
		надбровье	предплечье	голень	надбровье	предплечье	голень	
Нейрогенный	Mean	9,15438	8,38275	10,24225	16,31933	16,87152	12,50566	<0,01*
	SD	4,46272	4,26139	5,167000	8,13578	8,69256	6,22741	<0,01*
Миогенный	Mean	7,01612	6,98951	9,54250	21,14125	20,93240	10,51200	<0,01*
	SD	3,62171	3,78992	4,82577	10,02948	9,46453	4,78564	<0,01*

* – при сравнении нормированных амплитуд нейрогенного и миогенного спектров в области одной локализации

Таблица 3

Средние значения коэффициента соотношения амплитуд нейрогенной и миогенной гармоник (A_n/A_m)

Table 3

Average values of the ratio of the amplitudes of neurogenic and myogenic harmonics (A_n/A_m)

Локализация		Клиностаз	Ортостаз	P
Надбровье	Mean	0,5706	1,7790	<0,01*
	SD	0,1501	0,4199	<0,01*
Предплечье	Mean	0,5848	1,7780	<0,01*
	SD	0,0122	0,0443	<0,01*
Голень	Mean	1,9461	1,3033	<0,01*
	SD	0,0692	0,01109	<0,01*

Примечание: здесь и далее * – при сравнении средних значений коэффициентов соотношения амплитуд нейрогенной и миогенной гармоник в области одной локализации в положении клиностаза и ортостаза.

соответствует минимальному значению амплитуды гармоники АЧС с нижней конечности). У 31 (27,19 %) был отмечен сдвиг частот противофазных гармоник на 0,02–0,04 Гц (рис. 3).

Выявленные характерные паттерны АЧС в медленноволновом диапазоне для верхней и нижней частей тела, а также их противоположные изменения в ортостазе и клиностазе позволяют сделать предположение, что эти изменения отражают механизмы регуляции системной микроциркуляции при изменении гидростатического давления в верхней и нижней полых венах, в нисходящей части и дуге аорты.

Анатомическое строение кровеносных сосудов, расположенных выше и ниже уровня сердца, имеет определенные различия, кроме того, эти два больших бассейна постоянно находятся в условиях противоположного воздействия силы гравитации, исключение составляет только нахождение в условиях невесомости [8]. Известно, что перфузионное давление в капилляре определяется градиентом давления между артериальной и венозной его частями. Отток венозной крови из микрососудов происходит по градиенту давления между дистальной и проксимальной частями венозной системы (с увеличением диаметра венозного сосуда уменьшается давление).

В результате влияния силы гравитации в положении ортостаза давление в дистальной части нижней

полой вены возрастает до 22 мм рт. ст., а в венах голени – до 90 мм рт. ст., артериальное давление в сосудах голени нижних конечностей возрастает в среднем на 90 мм рт. ст. и составляет около 210 мм рт. ст. [9, 10]. Выявленные особенности вазомоторной активности микроциркуляторного русла в области голени в положении ортостаза (высокоамплитудная гармоника миогенного диапазона и отсутствие гармоники нейрогенного диапазона) можно объяснить компенсаторным включением вазоконстрикторного механизма в области артериол (рефлекс Остроумова – Бэйлиса) на фоне повышения артериального давления в положении стоя. При этом происходит демпфирование пульсовой волны (механизм защиты стенки капилляров). Увеличение венозного давления компенсируется повышением перфузионного давления в капиллярах за счет снижения тонуса прекапиллярных сфинктеров, и, как следствие, происходит ускорение веноулярного оттока (в спектре – ярко выраженная гармоника миогенного диапазона).

В то же время в бассейне верхней полой вены и дуги аорты паттерн медленноволновой части АЧС (выраженная гармоника нейрогенного спектра и отсутствие гармоники миогенного диапазона) можно объяснить как компенсаторную реакцию в виде расширения артериального русла в ответ на увеличение влияния силы гравитации (снижение перфузионно-

Средние значения коэффициента соотношения нормированных по СКО амплитуд нейрогенной и миогенной гармоник ($A_n/3\sigma$)/($A_m/3\sigma$)

Table 4

Average values of the coefficient of the ratio of the amplitudes of neurogenic and myogenic harmonics normalized by RMS ($A_n/3\sigma$)/($A_m/3\sigma$)

Локализация		Клиностаз	Ортостаз	P
Надбровье	Mean	1,3047	0,7719	<0,01*
	SD	0,0418	0,0274	<0,01*
Предплечье	Mean	1,1993	0,8060	<0,01*
	SD	0,0625	0,0182	<0,01*
Голень	Mean	1,0733	1,1896	<0,01*
	SD	0,0346	0,0136	<0,01*

го давления). Увеличение тонуса прекапиллярных сфинктеров, проявляющееся значительным снижением гармоник миогенного диапазона, влечет за собой уменьшение числа функционирующих капилляров, что способствует сохранению оптимального перфузионного давления в условиях снижения артериального притока и ускорения венозного оттока. В положении клиностаза возрастает давление в верхней полой вене и уменьшается в нижней, артериальное давление выравнивается, а вазомоторная активность микроциркуляторного русла претерпевает изменения, обратные тем, что происходят в ортостазе.

Полученные результаты позволяют предположить, что положительная гармоника нейрогенного диапазона в АЧС появляется в ответ на снижение артериального перфузионного давления. Положительная гармоника миогенного спектра наблюдается при увеличении перфузионного давления вследствие возрастания проксимального венозного давления. Вероятно, эти механизмы являются достаточно защищенными, мало изменяющимися в ответ на большинство экзогенных и эндогенных влияний.

Интересно, что абсолютно зеркальная синхронизация паттернов АЧС противоположных регионов тела отмечена у 72,8 % пациентов, у остальных отмечался незначительный сдвиг частот. Учитывая, что дальнейшему обследованию добровольцы не подвергались, остается лишь предположить, что у большинства отсутствуют функциональные нарушения системной микроциркуляции, а остальные, возможно, имеют функциональные нарушения, которые еще не проявляются клинически, но являются предикторами патологических состояний и снижения компенсаторных возможностей организма.

Выводы

1. Одновременное использование более двух датчиков в области нижней и верхней частей тела повышает диагностическую значимость метода лазерной доплеровской флоуметрии.

2. У относительно здоровых испытуемых выявлены характерные паттерны медленноволновой

части АЧС в области верхней и нижней частей тела, в ортостазе и клиностазе. При перемене положения тела паттерны верхней и нижней частей тела изменяются зеркально. Выполнение постральной пробы позволяет оценивать сохранность механизмов регуляции вазомоторной функции микроциркуляторного русла.

3. Использованный метод и полученные результаты нуждаются в дальнейшем исследовании с целью определения возможности объективного выявления функциональных и патологических изменений, а также компенсаторных возможностей микроциркуляции в норме и при патологии.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Литература / References

1. Jepsen H, Gaehtgens P. Postural Vascular Response vs. Sympathetic Vasoconstriction in Human Skin During Orthostasis. *Am J Physiol.* 1995;269(1):H53–61. Doi: 10.1152/ajpheart.1995.269.1.H53.
2. Gniadecki R, Gniadecka M, Kotowski T, Serup J. Alterations of Skin Microcirculatory Rhythmic Oscillations in Different Positions of the Lower Extremity. *Acta Derm Venereol.* 1992;72(4):259–260.
3. Крупаткин А. И., Сидоров В. В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: рук. для врачей. – М.: ЛИБРОКОМ, 2013. – 496 с. [Krupatkin AI, Sidorov VV. Functional diagnostics of the state of microcirculatory and tissue systems: vibrations, information, non-linearity: a guide for doctors. Moscow, LIBROCOM, 2013:496. (In Russ.)].
4. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови / В. И. Козлов, Г. А. Азизов, О. А. Гурова, Ф. Б. Литвин. – М.: РУДН, 2012. – 31 с. [Kozlov VI, Azizov GA, Gurova OA, Litvin FB. Laser Doppler flowmetry in assessing the state and disorders of blood microcirculation. Moscow, RUDN, 2012:31. (In Russ.)].
5. Klabunde RE. *Cardiovascular Physiology Concepts*. Lippincott Williams & Wilkins, 2011:257.
6. Камкин А. Г., Каменский А. А. Фундаментальная и клиническая физиология. – М.: Academia, 2004. – 1080 с.

[Kamkin AG, Kamensky AA. *Fundamental and clinical physiology*. Moscow, Academia, 2004:1080. (In Russ.)].

7. Павлов В. Н., Казихинов А. А., Крупин В. Н. и др. Изменения ультраструктуры и микроциркуляции стенки мочевого пузыря у пациентов с неинвазивными формами рака // Онкоурология. – 2008. – № 4. – С. 57–60. [Pavlov VN, Kazimirov AA, Krupin VN et al. Changes in the ultrastructure and microcirculation of the bladder wall in patients with non-invasive forms of cancer. *Oncourology*. 2008;4:57–60. (In Russ.)].

8. Смирнов В. М. Физиология человека. – 1-е изд. – М.: Медицина, 2002. – 608 с. [Smirnov VM. *Human Physiology*. 1st edition. Moscow, Meditsina, 2002:608. (In Russ.)].

9. Allaqaband H, Gutterman DD, Kadlec AO. Physiological consequences of coronary arteriolar dysfunction and its influence on cardiovascular disease. *Physiology*. 2018; 33(5):338–347. Doi: 10.1152/physiol.00019.2018.

10. Husmann MJ, Barton M, Jacomella V et al. Long-term Effects of Endovascular Angioplasty on Orthostatic Vasotaneous Autoregulation in Patients With Peripheral Atherosclerosis. *J Vasc Surg*. 2006;44(5):993–997. Doi: 10.1016/j.jvs.2006.06.038.

Сведения об авторах

Ладожская-Гапеенко Екатерина Евгеньевна – врач – анестезиолог-реаниматолог, младший научный сотрудник научно-клинического центра анестезиологии и реаниматологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, e-mail: ulfkote@mail.ru.

Храпов Кирилл Николаевич – д-р мед. наук, руководитель отдела анестезиологии научно-клинического центра анестезиологии, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: khrapov.kirill@mail.ru.

Information about authors

Ladozhskaya-Gapeenko Ekaterina E. – anesthesiologist, Junior Researcher, Scientific and Clinical Center of Anesthesiology and Reanimatology, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: ulfkote@mail.ru.

Khrapov Kirill N. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Anesthesiology and Reanimatology, Head of the Anesthesiology Department, Scientific and Clinical Center, Pavlov University, Saint Petersburg, e-mail: khrapov.kirill@mail.ru.