

УДК 612.135

DOI: 10.18413/2409-0298-2017-3-2-23-31

Погребняк Т.А.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У СТУДЕНТОК, ИМЕЮЩИХ РАЗНЫЙ ТИП МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ РУК

Аннотация

Проведен анализ ЛДФ-грамм базального кровотока кожи 2-го пальца кисти у студенток правой и левой. ЛДФ-граммы зарегистрированы зонированием ткани лазерным излучением красного и инфракрасного диапазона. Установлено, что у правой постоянной составляющей базальной перфузии кожи и интенсивности кровотока достоверно выше по сравнению с левшами, временная изменчивость базальной перфузии – более выражена в поверхностном слое кожи и менее – в глубоком. У левой выше нейрогенный тонус микроциркуляторного русла кожи и наиболее высока неустойчивость базального кровотока в глубоком её слое. У леворуких студенток в обоих слоях кожи выше мышечный тонус и показатель шунтирования микрососудов. У правой наблюдается тенденция к повышению максимальной амплитуды эпителиальных, нейрогенных, миогенных, дыхательных и пульсовых колебаний базального кровотока, что свидетельствует о высокой активности механизмов регуляции перфузии в микроциркуляторном русле кожи 2-го пальца правой кисти.

Ключевые слова: метод ЛДФ; амплитудно-частотный анализ колебаний; перфузия; тонус микрососудов; механизмы контроля базального кровотока; моторная асимметрия рук.

UDC 612.135

Pogrebnyak T.A.

PECULIARITIES OF MICROCIRCULATION IN FEMALE STUDENTS WITH A DIFFERENT TYPE OF MOTOR HAND ASYMMETRY

Abstract

The analysis of LDF-basal blood flow of the skin of the 2nd finger of the hand in right-handed and left-handed female students was carried out. LDF-grams were recorded by zoning the tissue with laser radiation in the red and infrared range. It was established that in right-handers the constant component of basal perfusion of the skin and the intensity of blood flow are significantly inadequate compared to left-handed people, the temporal variability of basal perfusion is more pronounced in the surface layer of the skin and less in the deep one. In lefties, the neurogenic tone of the microcirculatory bed of the skin is higher and the instability of basal blood flow in the deep layer of the skin is highest. The left-handed female students in both layers of the skin have a higher muscle tone and a shunting index of microvessels. Right-handed people tend to increase the maximum amplitude of epithelial, neurogenic, myogenic, respiratory and pulse fluctuations of basal blood flow, which indicates a high activity of the mechanisms of perfusion regulation in the microcirculatory bed of the skin of the 2nd finger of the right hand.

Keywords: LDF; method of amplitude-frequency analysis of vibration; perfusion; tone microvessels; controls the basal blood flow; motor asymmetry of hands.

Анализ научной литературы показывает, что применяя амплитудно-частотный анализ колебаний кровотока микроциркуляторного русла с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) можно оценить тонус микрососудов любой части тела [4]. Однако в ней недостаточно представлены данные об особенностях микроциркуляции крови в сосудах ведущих и неведущих кистей рук у здоровых лиц. Это позволило нам предположить, что более активная часть тела должна не только

более интенсивно подвергаться перфузии, но и механизмы её регуляции должны функционально иметь отличия по сравнению с их реализацией в менее активной части тела [2]. Полагаем, исследование интенсивности перфузии кистей рук и её зависимости от характера проявления моторной асимметрии рук, является актуальным, так как в данном аспекте может расширить представления об особенностях и механизмах микроциркуляции крови в физиологических условиях. Цель работы: выявить

и сравнить показатели микроциркуляции крови у 17-18-летних студенток с разным типом моторной асимметрии кистей рук.

Материалы и методы исследования

В исследовании участвовали 18-20-летние студентки, имеющие I или II группу здоровья, без его нарушений на момент их диагностирования. Первоначально, используя унифицированные мануальные тесты, у студенток определяли моторную асимметрию рук [1, 6] и с её учетом сформировали две группы: 11 девушек с доминированием праворукости и 8 – леворукости. У студенток с помощью анализатора ЛАКК-02 (НПП «Лазма», Россия), действующего на основе ЛДФ, выполняли двухканальную запись ЛДФ-грамм базального кровотока в коже 2-го пальца кисти [5].

Используя световой зонд диаметром 3 мм, тестировали поверхностный слой участка кожи в красном (КР, длина волны 0,63 мкм, толщина зондирования до 1 мм) и более глубокий его слой в инфракрасном (ИК, длина волны 1,15 мкм, толщина зондирования до 1,8 мм) спектрах лазерного излучения. Все ЛДФ-граммы обработаны с применением программного компьютерного обеспечения – Вейвлет-преобразования [3]. Определяли характеристики микроциркуляции:

1) по параметрам, характеризующим индивидуальные проявления перфузии: величину среднего потока крови (М пф. ед.) в интервалах времени регистрации; показатель временной изменчивости перфузии (СКО, пф. ед.), который отражает среднюю модуляцию кровотока во всех частотных диапазонах; коэффициент вариации (K_v , %), как соотношение величин М и СКО. По значениям СКО анализировали колебания кровотока активного диапазона частот (эндотелиального, связанного с NO-активностью – 0,0095-0,02 Гц; нейрогенного симпатического – 0,02-0,046 Гц; сенсорного пептидергического – 0,047-0,069 Гц; собственно миогенного или вазомодий – 0,07-0,15 Гц) и пассивных частотных диапазонов (кардиального или сердечного – 0,8-1,6 Гц, и дыхательного – 0,2-0,4 Гц).

2) компоненты тонуса микрососудов на основе величин амплитуд колебаний микрокровотока по показателю шунтирования (ПШ), учитывая пространственную локализацию воздействий нейрогенного (мишенью являются

артериолы и артериальный участок шунта) и миогенного механизма (мишень – прекапилляры).

Полученные данные изучены на индивидуальном и групповом уровнях с оценкой средних величин (М), стандартных ошибок (m), стандартного отклонения (σ), выявленных на основе описательной статистики пакета компьютерных программ «Statistica-6».

Результаты исследования и их обсуждение

Выявленные у студенток в состоянии физиологического покоя, параметры микроциркуляции представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели перфузии кровотока в коже 2-го пальца правой кисти рук у студенток

Table 1

The perfusion of blood flow in the skin of the 2nd finger of the right hands of female students

Показатели	M±m	σ	Min	Max
Красный спектр				
ПМ, пф. ед	9,65±0,822	3,49	1,51	14,03
СКО, пф. ед	1,30± 0,200	0,83	0,43	3,11
K_v , %	16,44 ±3,320	14,06	3,00	54,0
Инфракрасный спектр				
ПМ, пф. ед	7,80±0,71	3,02	1,71	12,12
СКО, пф. ед	1,45±0,15	0,64	0,60	2,77
K_v , %	25,16±5,250	22,27	1,50	62,00

У студенток согласно средним величинам ПМ перфузия кровотока в коже пальца была на 24,0% менее выражена в глубоком слое против поверхностного (см. табл. 1, рис. 1). Индивидуальные колебания величин ПМ отмечены в большом диапазоне. Так, в поверхностном слое максимальное значение ПМ почти в 9 раз превышало минимальное, а в более глубоком – в 7 раз. Согласно этим данным на глубине в коже пальца происходит более выраженная модуляция микрокровотока и изменения величины сигмальных отклонений в спектре красного луча и колебания индивидуальных величин СКО выявлены в большем диапазоне. Полагаем, что в поверхностных слоях кожи интенсивность кровотока в меньшей степени подвержена влиянию механизмов активного контроля.

ПМ, пф. ед.

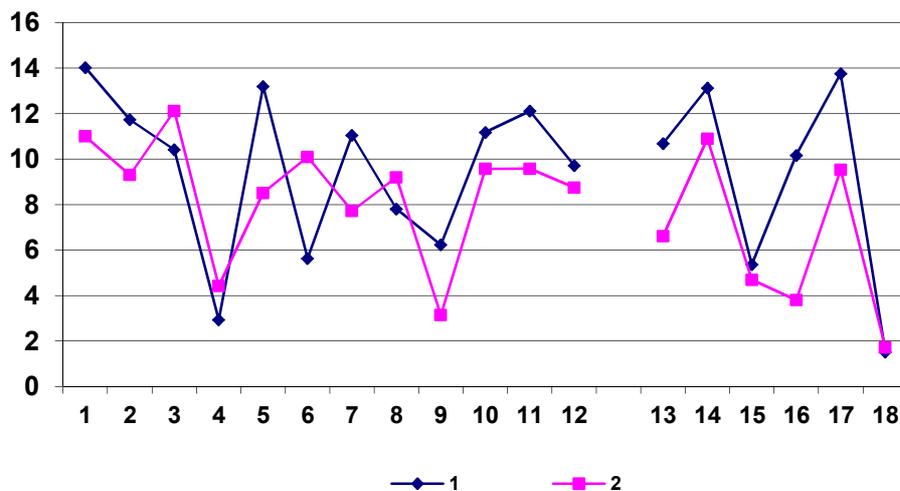


Рис. 1. Индивидуальные показатели ПМ базального кровотока в коже 2-го пальца правой кисти у студенток: I – Кр-канал, II – ИК-канал; 1-10 – правши, 12-18 – левши.

Fig. 1. PM individual indicators of basal blood flow in the skin of the 2nd finger of the right hand of female students: I – Cu-channel II – IR channel; 1-10 right – handed, left-handed – 12-18.

Усредненные значения K_v и показатели их вариабельности демонстрируют улучшенное состояние микроциркуляции у студенток в глубоком слое кожи на 35,0% против

поверхностного, соответственно и сдвиги индивидуальных величин K_v отмечены у них в более широком диапазоне (см. табл. 2; рис. 2).

K_v , пф. ед.

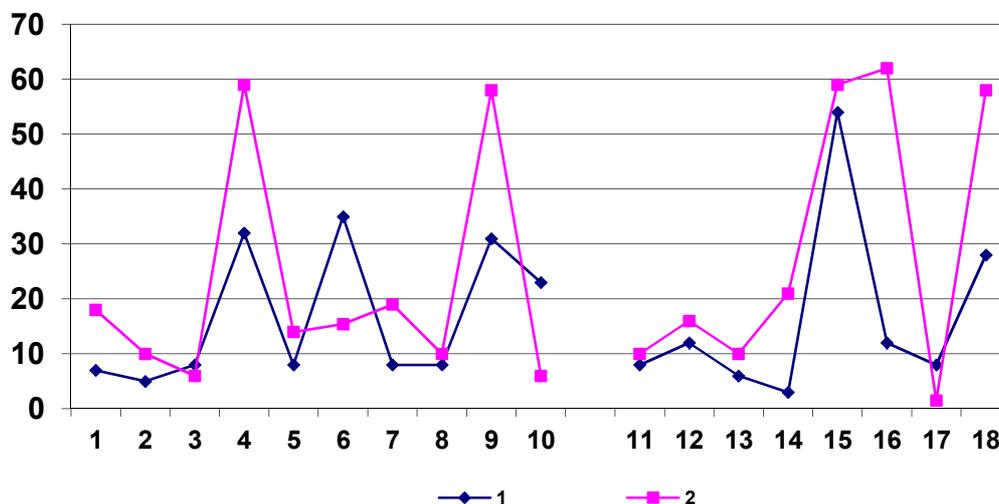


Рис. 2. Индивидуальные значения K_v кровотока в коже 2-го пальца правой кисти у студенток: I – КР-канал, II – ИК-канал; 1-10 – правши, 11-18 – левши.

Fig. 2. Individual KV values of the blood flow in the skin of the 2nd finger of the right hand from students: I – CU-channel II – IR channel; 1-10 right – handed, left-handed – 11-18.

Анализ выше отмеченных показателей перфузии у студенток с разным типом моторной асимметрии – праворуких и леворуких, не выявил у них достоверных отличий по её основным параметрам в тестируемом участке

кожи 2-го пальца, но позволил обнаружить ряд параметров, характеризующих особенности перфузии кровотока (табл. 2).

Таблица 2.

Особенности кровотока в коже 2-го пальца кисти студенток с разным типом моторной асимметрии рук

Table 2

Features of perfusion of blood flow in the skin of the 2nd finger of female students with a different type of motor asymmetry of hands

Показатели перфузии, ед.изм.	Правши, n=10		Левши, n=8	
	КР-канал	ИК-канал	КР-канал	ИК-канал
ПМ				
M±m, пф. ед.	9,72±0,98	8,49±0,88	9,55±1,47	6,95±1,16
σ	3,09	2,79	4,15	3,27
Min	5,63	3,14	1,51	1,71
Max	14,03	12,12	13,75	10,90
СКО				
M±m, пф. ед.	1,44±0,28	1,32±0,16	1,11±0,28	1,61±0,27
σ	0,89	0,51	0,78	0,78
Min	0,59	0,60	0,43	0,63
Max	3,11	5,00	2,88	2,77
K_v				
M±m, %	16,5±3,87	16,4±6,00	21,54±0,32	29,68±9,00
σ	12,23	16,97	20,0	25,46
Min	5,00	3,00	6,00	1,50
Max	35,00	54,00	59,00	62,00

В обоих слоях кожи базальный кровоток по усредненным величинам ПМ в правой руке был недостоверно выше у правшей. Его индивидуальные значения варьировали у правшей в более узком диапазоне, отмечая однородность проявления перфузии в физиологических условиях, при этом базальный кровоток у правшей был выше на 22,0% и наиболее выражен в более глубоком слое тестируемого участка.

У правшей усредненные значения переменной составляющей кровотока, как основного показателя средней модуляции кровотока во всех частотных диапазонах, были на 29,7% выше в поверхностном слое, а в более глубоком – на 22,1% ниже. Согласно этим данным, базальный поток крови у левшей в глубоком слое, а у правшей – в поверхностном, в большей степени подвержен контролю со

стороны активных и пассивных механизмов регуляции.

Полученные коэффициенты вариации K_v позволили отметить, что у праворуких студенток интенсивность кровотока одинакова в обоих слоях тестируемого участка кожи. У левшей в поверхностном слое кожи состояние микроциркуляции по сравнению с правшами оказалось более выраженным – на 27,4%, но в более глубоком слое кожи оно было более неустойчивым – показатель СКО и индивидуальные значения K_v проявлялись в большем диапазоне.

Анализ амплитудно-частотного спектра колебаний перфузии базального кровотока в конкретных диапазонах позволил оценить состояние механизмов её контроля у студенток с учетом моторной асимметрии рук и без неё (табл. 3).

Особенности эпителиальной, миогенной и нейрогенной активности у студенток с учетом и без учета мануальной асимметрии

Таблица 3

Features of epithelial, myogenic and neurogenic activity in students with and without manual asymmetry

Table 3

Показатели ед.изм.	Без учета рукости, n=19		Правши, n=11		Левши, n=8	
	КР-канал	КИ-канал	КР-канал	ИК-канал	КР-канал	ИК-канал
Эпителиальная активность M±m						
Fmax, Гц	0,018±0,0006	0,018±0,0006	0,018±0,001	0,019±0,001	0,018±0,001	0,017±0,001
Min	0,011	0,011	0,015	0,015	0,011	0,011
Max	0,02	0,02	0,020	0,020	0,020	0,020
Amax, пф.ед.	1,068±0,165	0,91±0,135	1,169±0,241	0,921±0,238	0,941±0,224	0,897±0,110
Min	0,17	0,15	0,490	0,150	0,170	0,360
Max	2,75	2,56	2,750	2,560	1,850	1,270
Миогенная активность M±m						
Fmax, Гц	0,070±0,002	0,073±0,005	0,071±0,004	0,078±0,010	0,069±0,003	0,068±0,003
Min	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Max	0,090	0,162	0,091	0,162	0,086	0,082
Amax, пф.ед.	0,835±0,087	0,668±0,071	0,910±0,115	0,664±0,128	0,753±0,135	0,674±0,062
Min	0,210	0,230	0,370	0,230	0,210	0,410
Max	1,470	1,400	1,410	1,400	1,470	0,920
Нейрогенная активность M±m						
Fmax, Гц	0,029±0,018	0,027±0,001	0,032±0,003	0,029±0,003	0,028±0,002	0,026±0,001
Min	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Max	0,049	0,049	0,049	0,049	0,038	0,032
Amax, пф.ед.	1,249±0,162	1,037±0,127	1,419±0,253	1,057±0,238	1,061±0,191	1,017±0,078
Min	0,280	0,230	0,510	0,230	0,280	0,480
Max	3,040	2,590	3,040	2,590	1,900	1,280

Усредненные значения Fmax эпителиальных колебаний кожи 2-го пальца правой кисти студенток соответствовали верхней границе указанного частотного диапазона по красному и инфракрасному каналам (см. табл. 3).

Индивидуальные показатели эпителиальных волн в поверхностном слое кожи отмечены в широком диапазоне – от 0,17 до 2,75 пф. ед., чем в глубоком слое – от 0,15 до 2,56 пф. ед. В поверхностном слое кожи усредненное значение Amax было на 27,8% выше, чем в глубоком слое, что указывало на выраженное влияние эпителиальной секреции на тонус микрососудов. У правшей показатели Amax по обоим спектральным каналам – КР и ИК, соответственно оказались выше на 29,6% и 4,9%, отмечая более значимое у них по сравнению с левшами влияние эпителиальной активности на мышечный тонус.

Выявленные у студенток усредненные значения Fmax миогенных колебаний микроциркуляторного русла в тестируемых слоях участка кожи соответствовали нижней норме диапазона колебаний, указывая на повышенное мышечное сокращение стенок микрососудов, определяющих величину сопротивления в

микроциркуляторном русле и снижение базального микрокровотока (см. табл. 3).

Известно, чем выше амплитуда вазомоторных колебаний, тем ниже периферическое сопротивление и лучше нутритивный кровоток.

Усредненное значение Amax миогенных волн в поверхностном слое коже против более глубокого было выше на 32,6%, указывая на ухудшение в нем кровотока. У правшей Amax миогенных колебаний была выше на 37,0% и 11,7%, соответственно в поверхностном и более глубоком слоях кожи (см. табл. 3). Эти показатели на фоне более высокого значения базальной перфузии – ПМ, указывали на проявление в микроциркуляторном русле правшей застойных явлений.

По данным обоих спектральных каналов у студенток усредненные значения Fmax нейрогенных волн были близки по значениям и соответствовали нормальной нейрогенной активности, отнесенной к активному фактору модуляции тока крови. Её определяли низкочастотные симпатические адренергические влияния, которые накладывались на миогенные колебания гладких мышц артериол и артериоларных участков артериовенулярных

анастомозов в микроциркуляторном русле (см. табл. 3).

На снижение сопротивления в микроциркуляторном русле поверхностного слоя кожи указывало усредненное значение A_{\max} его нейрогенной активности, которая на 25,3% превысила выраженность этого показателя в глубоком слое. У правой по обоим каналам A_{\max} была выше на 34,2% и 4,3% соответственно, свидетельствуя о более высокой у них перфузии. Полагаем, что усиление кровотока у правой идет за счет

артериовенулярных шунтов, так как у них повышен мышечный тонус микрососудов.

Дыхательные колебания, как пассивный фактор модуляции кровотока, обусловлены ритмичными изменениями венозного давления под влиянием присасывающего действия грудной клетки. У студенток усредненные показатели F_{\max} дыхательных колебаний, установленные в тестируемом участке кожи соответствовали по значению нижней границе нормы – диапазону от 0,02 до 0,06 Гц (табл. 4).

Таблица 4

Структура частот дыхательных и сердечных ритмов колебаний базального кровотока в микроциркуляторном русле студенток

Table 4

The structure of the frequency of respiratory and cardiac fluctuations of basal blood flow in the microvasculature of female students

Показатели ед.изм.	Без учета рукоисти, n=19		Правши, n=11		Левши, n=8	
	КР-канал	КИ-канал	КР-канал	ИК-канал	КР-канал	ИК-канал
Дыхательные ритмы $M \pm m$						
F_{\max} , Гц	0,207±0,0032	0,211±0,005	0,209±0,006	0,207±0,002	0,205±0,003	0,216±0,011
Min	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Max	0,258	0,300	0,258	0,223	0,228	0,300
A_{\max} , пф.ед.	0,332±0,054	0,210±0,026	0,344±0,067	0,226±0,049	0,319±0,092	0,192±0,015
Min	0,130	0,100	0,180	0,100	0,130	0,120
Max	1,010	0,590	0,900	0,590	1,010	0,280
Сердечные ритмы $M \pm m$						
F_{\max} , Гц	1,031±0,660	1,022±0,064	1,054±0,100	1,127±0,078	1,006±0,093	0,907±0,095
Min	0,600	0,600	0,600	0,629	0,607	0,600
Max	1,504	1,463	1,463	1,429	1,504	1,341
A_{\max} , пф.ед.	0,194±0,023	0,136±0,008	0,196±0,030	0,137±0,010	0,193±0,040	0,137±0,016
Min	0,100	0,09	0,100	0,090	0,100	0,090
Max	0,480	0,24	0,380	0,190	0,480	0,240

Низкие ритмы дыхательных колебаний сопровождали снижение в микроциркуляторном русле артериовенозного давления и ухудшение оттока крови. Значение их A_{\max} в верхнем слое кожи пальца на 58,1% было менее значимым, чем в нижнем слое. У правой значения A_{\max} по красному и инфракрасному спектру были на 7,8% и 17,7% выше соответственно против аналогичных показателей, установленных без учета рукоисти.

Пульсовые волны, как пассивные факторы, модуляции базального кровотока обусловлены частотой и амплитудой сердечных ритмов, поступающих к микроциркуляторному руслу со стороны артерий, и от амплитуды сердечных волн зависит тонус резистивных сосудов [4, 5].

В обоих слоях кожи пальца выявленные усредненные показатели F_{\max} пульсовых колебаний были одинаковы, но усредненное

значение A_{\max} в поверхностном слое было на 42,6% выше, свидетельствуя о повышенном притоке крови в его микрососуды. У правой A_{\max} пульсовых волн была выше на 44,8% и 40,8% в поверхностном и глубоком слоях кожи по сравнению с левшами (см. табл. 4).

Полагаем, сердечные колебания могут положительно коррелировать с амплитудами нейрогенного и миогенного колебаний микрокровотока за счет регуляции диаметра просвета артериол и артериовенулярных анастомозов.

Тонус микрососудов у студенток в состоянии относительного покоя оценивали по показателям амплитудно-частотного анализа колебаний микрокровотока [5]. Выявленные усредненные показатели мышечного и нейрогенного тонуса и вычисляемый на основе

их соотношения показатель шунтирования даны

на рисунках 3-5.

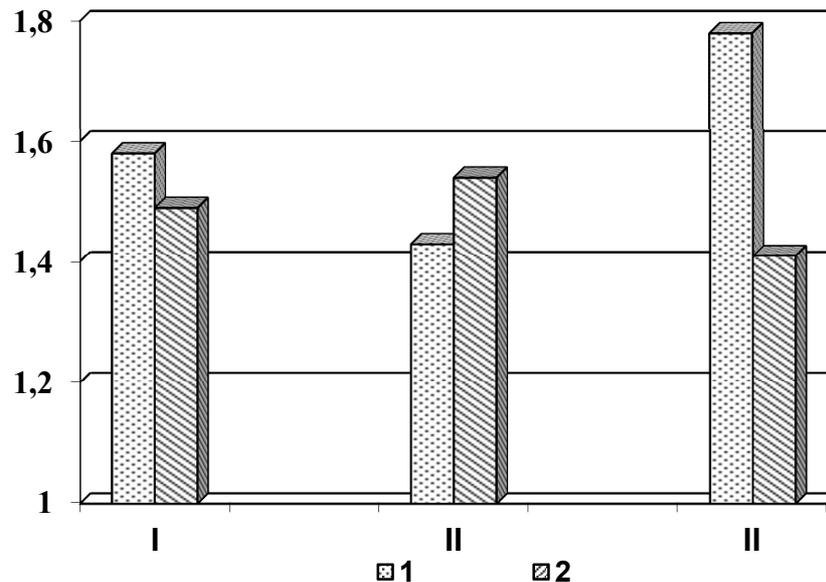


Рис. 3. Показатели нейрогенного микрососудистого тонуса у студенток: I – без учета моторной асимметрии, II – у правой, III – у левой; 1 – КР-канал, 2 – ИК-канал.

Fig. 3. Indicators of neurogenic vascular tone in female students: I – excluding motor asymmetry, II – right-handed III left-handers; 1 – CU-channel, 2 – IR channel.

Согласно рисунку 3, полученные у правой и левой показатели проявления нейрогенного тонуса в коже 2-го пальца кисти близки по значениям. Но у правой он был более выражен в глубоком слое тестируемого участка кожи, а у левой, как и в среднем по группе, – в её поверхностном слое.

На рисунке 4 представлены результаты сравнительного анализа показателей мышечного тонуса микроциркуляторного русла. Анализ усредненных показателей мышечного

микрососудистого тонуса у студенток-правой по сравнению с усредненным показателем по всей группе показал, что в области красного луча он снижен на 3,2%, но в области инфракрасного луча – на 4,9% выше.

Значительные отклонения величины мышечного тонуса от усредненных показателей, установленных для всей группы, отмечены у леворуких студенток – на 4,5% выше в зоне красного луча и на 8,3% ниже в зоне инфракрасного луча.

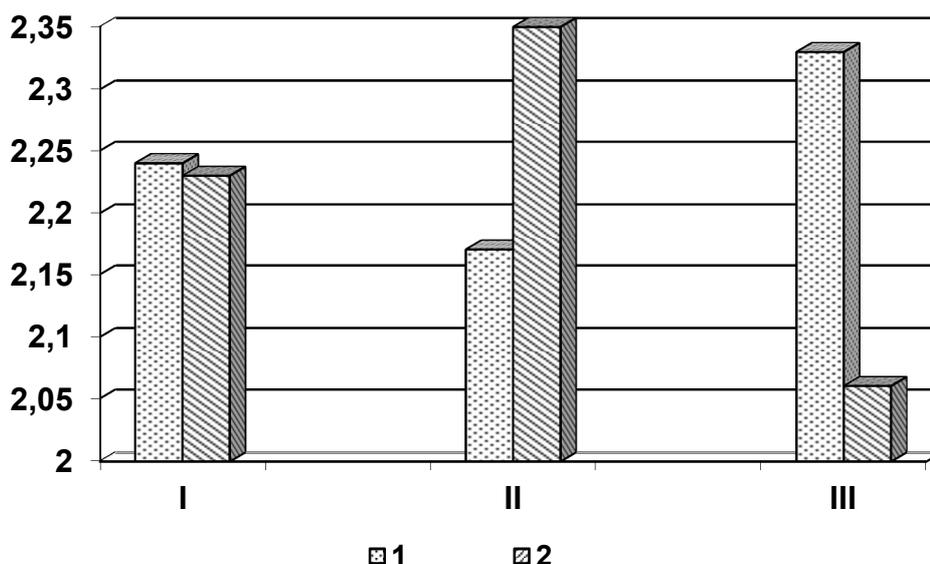


Рис. 4. Показатели мышечного микрососудистого тонуса у студенток: I – без учета моторной асимметрии, II – у правшей, III – у левшей; 1 – КР-канал, 2 – ИК-канал.

Fig. 4. Indicators of muscle microvascular tone in female students: I – excluding motor asymmetry, II – right-handed III left-handers; 1 – CU-channel, 2 – IR channel.

Показатели шунтирования микрососудов, выявленные для правшей практически соответствовали его усредненным значениям, установленным в КР-канале и ИК-канале, для

всех групп обследуемых студенток. Они были более высокими по значению по сравнению с их выраженностью у леворуких студенток (рис. 5).

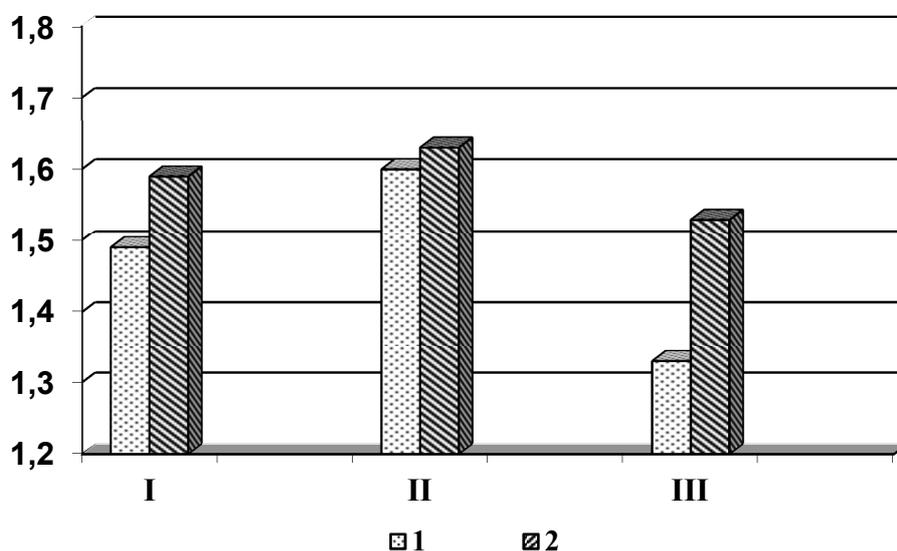


Рис. 5. Показатели шунтирования микрососудов у студенток: I – без учета моторной асимметрии, II – у правшей, III – у левшей; 1 – КР-канал, 2 – ИК-канал.

Fig. 5. Indicators of microvascular bypass surgery in female students: I – excluding motor asymmetry, II – right-handed III left-handers; 1 – CU-channel, 2 – IR channel.

Показатель шунтирования микрососудов, расположенных в поверхностном слое, был выше у праворуких студенток на 7,4% и снижен на 10,8% у леворуких (см. рис. 5). В тестируемом

более глубоком участке кожи показатель шунтирования был выше у правшей на 2,5% и ниже у левшей на 3,8% против усредненных показателей, установленных для всей группы.

Заключение

1. Постоянная составляющая базальной перфузии кожи у праворуких студенток выше против её значений у леворуких на 17,0% и 22,1% соответственно в поверхностном и глубоком слое кожи 2-го пальца правой кисти соответственно.

2. Временная изменчивость базальной перфузии кожи 2-го пальца правой кисти у студенток-правшей оказалась выше в поверхностном слое кожи на 29,1% и ниже в глубоком на 18,1% против их значений у леворуких.

3. У правшей интенсивность кровотока в поверхностном и глубоком слоях кожи 2-го пальца правой кисти была соответственно выше на 23,4% и 27,4%, чем у левшей. Неустойчивость базального кровотока кожи была наиболее высока в глубоком её слое у леворуких студенток.

4. Нейрогенный тонус микроциркуляторного русла у левшей выше против усредненных показателей, установленных для всей группы в поверхностном слое на 12,6% и на 9,5% в более глубоком.

5. Мышечный тонус микроциркуляторного русла у леворуких студенток был выше на 4,5% в поверхностном слое и на 8,3% в более глубоком против усредненных показателей, установленных для всей группы.

6. Показатель шунтирования микрососудов выше у левшей на 10,8% в поверхностном и на 3,8% в глубоком слоях кожи против усредненных показателей, установленных для всей группы студенток.

7. У правшей недостоверно выше Аmax эпителиальных, нейрогенных, миогенных, дыхательных и пульсовых колебаний базального кровотока, что свидетельствует о высокой активности механизмов регуляции перфузии в микроциркуляторном русле кожи 2-го пальца правой кисти.

Информация о конфликте интересов: авторы не имеют конфликта интересов для декларации.

Conflicts of Interest: authors have no conflict of interests to declare.

Список литературы

1. Брагина Н.Н. Доброхотова Т.А. Функциональная асимметрия человека. М.: 1988. 240 с.

2. Горная О.И., Станишевская Т.И. Индивидуальные типологические особенности микроциркуляции крови у студентов юношеского возраста // Реология и микроциркуляция (от функциональных механизмов в клинику); материалы международной научной конференции. Ярославль: Изд-во ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, 2009. 183 с.

3. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / Под ред. А.И. Крупаткина, В.В. Сидорова: Руководство для врачей. М.: ОАО Издательство «Медицина», 2005. 256 с.

4. Селезнев С.А., Назаренко Г.И., Зайцев В.С.. Клинические аспекты микрогемодикуляции. Л.: Медицина, 1986. 207 с.

5. Сидоров В.В., Ронкин М.А., Максименко И.М., Щербанина В.Ю., Уколов И.А. Физические основы метода лазерной доплеровской флоуметрии и его применение в неврологической практике // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. №12. С. 26-35.

6. Сиротюк А.Л. Психофизиологические основы обучения школьников: Учебное пособие. М.: ТЦ Сфера, 2007. 224 с.

References

1. Bragina N. N. Dobrokhotova T. A. Functional asymmetry of man. M.: 1988. 240 p. *Russian*.

2. Gornaya O. I. Stanishevskaya T. I. Individual typological peculiarities of microcirculation in students in early adolescence // Rheology and microcirculation (functional mechanisms in the clinic); the materials of the international scientific conference. Yaroslavl: Publishing house of yspu. K.D. Ushinsky, 2009. 183 p. *Russian*.

3. Laser Doppler flowmetry of blood microcirculation / Ed. by A.I. Krupatkina, V.V. Sidorova: a guide for physicians. M.: JSC "Publishing house "Medicine", 2005. 256 p. *Russian*.

4. Seleznev S.A., Nazarenko G.I., Zaitsev V.S. Clinical aspects of the microcirculation. L.: Medicine, 1986. 207 p. *Russian*.

5. Sidorov V.V., Ronkin M.A., Maksimenko I.M., Scherbanina V.Yu., Ukolov I.A. Physical basis of the method of laser Doppler flowmetry and its application in neurological practice // Biomedical technologies and Radioelectronics, 2003. No. 12. Pp. 26-35. *Russian*.

6. Sirotiuk A.L. Physiological bases of training of students: a tutorial. M.: shopping center Sfera, 2007. 224 p. *Russian*.

Погребняк Татьяна Алексеевна, доцент кафедры биологии, кандидат биологических наук

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,

Ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия

E-mail: pgrebnyak@bsu.edu.ru

Pogrebnyak Tatiana Alekseevna, PhD in Biology, Associate Professor,

The Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod State National Research University»,

85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: pgrebnyak@bsu.edu.ru