

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК ПО ДАННЫМ ЛАЗЕРНОЙ ДОППЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ (ЛДФ)

**Гурьева А.Б.,
Алексеева В.А.,
Борисова Н.В.**

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный
федеральный университет
им. М.К. Аммосова» (677000, Республика
Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского,
д.58, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Гурьева Алла Борисовна
e-mail: guryevaab@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Метод лазерной доплеровской флоуметрии является одним из актуальных и информативных способов изучения состояния микроциркуляторного русла.

Целью работы явилось проведение сравнительной характеристики показателей микроциркуляторного русла юношей и девушек по данным лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ).

Материалы и методы исследования: В исследовании приняли участие 128 студентов второго курса Медицинского института Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Все обследованные были якутской национальности. Группа юношей состояла из 44 человек, группа девушек из 84 человек. Состояние микроциркуляции и функционирование ее регуляторных механизмов оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью двух одинаковых одноканальных портативных анализаторов «ЛАЗМА ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва). Измерение проведено на нижней трети правого и левого предплечий, запись велась в течение 5 минут.

Результаты. Установлены достоверные межгрупповые различия в показателях микроциркуляторного русла между обследованными юношами и девушками. Полученные результаты показали значимые половые различия в состоянии микроциркуляторного русла: у юношей зафиксированы более высокие значения шунтового кровотока ($1,71 \pm 0,13$) и большая амплитуда колебаний, обусловленных активностью эндотелия сосудов ($0,04 \pm 0,01$). У девушек же отмечались достоверно меньшие показатели шунтового кровотока ($1,34 \pm 0,07$) и активности эндотелия ($0,01 \pm 0,01$). При этом уровни нутритивного кровотока, а также активность нейрогенных и миогенных механизмов регуляции были сходны у представителей обоих полов. Среди обследуемых преобладала группа лиц с низким уровнем дыхательных колебаний кровотока (68,2 % юношей и 73,8 % девушек). А показатели сердечных колебаний кровотока находились в нормальном или сниженном уровне и также не зависели от пола.

Заключение. Исследование подчеркивает необходимость учитывать возрастные и половые особенности показателей микроциркуляторного русла при диагностике и мониторинге заболеваний сердечно-сосудистой системы, особенно у молодых людей, проживающих в экстремальных климатических условиях Якутии.

Ключевые слова: микроциркуляция, ЛДФ, юноши, девушки, Якутия

Статья поступила: 21.11.2025
Статья принята: 02.06.2026
Статья опубликована: 23.07.2026

Для цитирования: Гурьева А.Б., Алексеева В.А., Борисова Н.В. Характеристика показателей микроциркуляторного русла юношей и девушек по данным лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). *Acta biomedica scientifica*. 2026; 11(3): 64-71. doi: 10.29413/ABS.2026-11.3.8

CHARACTERISTICS OF MICROCIRCULATORY PARAMETERS OF BOYS AND GIRLS ACCORDING TO LASER DOPPLER FLOWMETRY (LDF)

**Guryeva A.B.,
Alekseeva V.A.,
Borisova N.V.**

North-Eastern Federal University named
after M.K. Ammosov (Belinsky str., 58,
Republic of Sakha (Yakutia) 677000,
Russian Federation)

Corresponding author:
Alla B. Guryeva
e-mail: guryevaab@mail.ru

ABSTRACT

The method of laser doppler flowmetry is one of the relevant and informative ways to study the state of the microcirculation.

The aim of the work was to conduct a comparative analysis of the microcirculatory system of boys and girls according to laser Doppler flowmetry (LDF).

Materials and methods. The study involved 128 second-year students of the Medical Institute of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov. All individuals were of Yakut nationality. The boys' group consisted of 44 people, the girls' group consisted of 84 people. The state of microcirculation and the functioning of its regulatory mechanisms were assessed by laser Doppler flowmetry (LDF) using two identical single-channel portable LASMA PF analyzers (OOO NPP LAZMA, Moscow). The measurement was carried out on the lower third of the right and left forearms for 5 minutes.

Results. Significant intergroup differences in microcirculatory parameters between the examined boys and girls were established. The results showed significant sex differences in the state of the microcirculatory system: the boys recorded higher values of shunt blood flow (1.71 ± 0.13) and a large amplitude of fluctuations due to vascular endothelial activity (0.04 ± 0.01). The girls had significantly lower shunt blood flow (1.34 ± 0.07) and endothelial activity (0.01 ± 0.01). At the same time, the levels of nutritional blood flow, as well as the activity of neurogenic and myogenic regulatory mechanisms, were similar in both sexes. A group of people with a low level of respiratory fluctuations in blood flow prevailed among the subjects (68.2 % of boys and 73.8 % of girls). And the indicators of cardiac fluctuations in blood flow were at a normal or reduced level and also did not depend on gender.

Conclusion. The study highlights the need to take into account the age and gender characteristics of the microcirculatory system in the diagnosis and monitoring of diseases of the cardiovascular system, especially in young people living in the extreme climatic conditions of Yakutia.

Keywords: microcirculation, LDF, boys, girls, Yakutia

Received: 21.11.2025
Accepted: 02.06.2026
Published: 23.07.2026

For citation: Guryeva A.B., Alekseeva V.A., Borisova N.V. Characteristics of microcirculatory parameters of boys and girls according to laser Doppler flowmetry (LDF). *Acta biomedica scientifica*. 2026; 11(3): 64-71. doi: 10.29413/ABS.2026-11.3.8

ВВЕДЕНИЕ

Одним из ключевых аспектов функционирования сердечно-сосудистой системы является микроциркуляция. Нарушения на уровне микроциркуляторного русла играют ключевую роль в патогенезе широкого спектра заболеваний — от артериальной гипертензии и сахарного диабета до хронической сердечной недостаточности и аутоиммунных васкулитов.

Одним из наиболее информативных и современных подходов к оценке микроциркуляции является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) [1–3]. Данный метод основан на регистрации интенсивности рассеяния света, отражаемого движущимися эритроцитами, что позволяет определить скорость и объем кровотока в мельчайших сосудах [4]. При проведении исследований с использованием ЛДФ регистрируются различные показатели, характеризующие кровообращение на уровне микроциркуляторного русла, такие как индекс микроциркуляции, индексы реактивности, скорости потока, вариабельность сигнала и др. [5, 6]. Получение объективных количественных данных позволяет детально изучить функциональное состояние микроциркуляции, оценить её реакцию на внешние раздражители и диагностировать возможные нарушения.

Интерпретация показателей микроциркуляции требует учёта ряда индивидуальных и популяционных факторов, в первую очередь — пола и возраста обследуемого, а также климатогеографических условий проживания [7–9]. Резко континентальный климат Якутии, характеризующийся длительным периодом низких температур, резкими перепадами атмосферного давления, особенностями светового режима, формируют специфические требования к функционированию сердечно-сосудистой системы, в частности к системе микроциркуляции. Установление половых различий в показателях микроциркуляции позволяет персонализировать подходы к ранней диагностике, профилактике и терапии сердечно-сосудистых заболеваний. В Республике Саха (Якутия) исследования микроциркуляторного русла методом ЛДФ у молодых людей ранее не проводились, что подтверждает актуальность и новизну данного исследования.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Провести сравнительную характеристику показателей микроциркуляторного русла юношей и девушек, полученных методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в Медицинском институте СВФУ им. М.К. Аммосова, в апреле–мае 2025 года. В научной работе приняли участие 128 студентов второго курса якутской национальности, а именно 44

юноши и 84 девушки. Все участники соответствовали установленным критериям включения: отсутствие хронических сердечно-сосудистых и аутоиммунных заболеваний, а также острых патологических состояний на момент обследования. Участие в исследовании было добровольным и осуществлялось после получения письменного информированного согласия. Научная работа проведена после получения положительного решения локального этического комитета медицинского института СВФУ им. М.К. Аммосова (протокол № 5 от 14.02.2024 г).

Состояние микроциркуляции и функционирование ее регуляторных механизмов оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью двух одинаковых одноканальных портативных анализаторов «ЛАЗМА ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва) (решение Росздравнадзора № 660/2018). Для исследования параметров микроциркуляции датчики закреплялись на нижней трети правого и левого предплечий. При регистрации перфузии крови испытуемые находились в положении сидя, в состоянии физического и психологического покоя. Руки находились на уровне сердца. Исследование проводилось не ранее чем через 2 часа после приёма пищи и физической активности. Длительность каждой записи составляла 5 минут. Температурный режим в исследовательском кабинете составлял 23 ± 2 °C.

Обработка полученных ЛДФ-сигналов осуществлялась с применением специализированного программного обеспечения. На основе полученных данных рассчитывались количественные показатели. Были получены следующие показатели: интегральный показатель перфузии (М, пф.ед.), и коэффициент вариации (KV, %), характеризующие вариабельность микроциркуляции. Компонентный уровень микроциркуляции определялся показателями нутритивного (Мнутр) и шунтового (Мшунт) кровотока. С помощью вейвлет-анализа оценивали амплитудно-частотный спектр колебаний микроциркуляции с расчетом амплитудных характеристик основных регуляторных ритмов микроциркуляции: эндотелиальных (Аэ), нейрогенных (Ан), миогенных (Ам), дыхательных (Ад) и сердечных (Ас). После завершения измерения программное обеспечение прибора автоматически формировало протокол исследования с указанием показателей перфузии, вариабельности и регуляции. В области предплечья нормальными признавались значения М от 3,5 до 9,5 пф.ед., Мшунт – от 2,0 до 6,0 пф.ед., Мнутр – от 1,5 до 3,5 пф.ед., KV – от 6,0 до 11,0 %, Аэ – от 0,1 до 0,2 пф.ед., Ан – от 0,12 до 0,35 пф.ед., Ам – от 0,2 до 0,35 пф.ед., Ад – от 0,15 до 0,25 пф.ед., Ас – от 0,15 до 0,35 пф.ед.

В ходе исследования аппарат «ЛАЗМА ПФ» также обеспечивал одновременную регистрацию локальной температуры кожи в области предплечья, что позволило учитывать термический компонент при интерпретации показателей микроциркуляции [10]. Полученные данные обеспечивают комплексную оценку как базового состояния микроциркуляторного русла, так и функциональной активности его

нейрогуморальных и метаболических регуляторных систем.

Статистический анализ проведен с использованием программного обеспечения SPSS-22. Были рассчитаны среднее значение показателей (M), стандартное отклонение (SD), медиана (Me), интерквартильный размах [Q₂₅;Q₇₅]. Нормальность распределения параметров определена с применением критерия Колмогорова – Смирнова. В зависимости от характера распределения для сравнения показателей использованы параметрический (t-критерий Стьюдента) и непараметрический (U-критерий Манна – Уитни) методы анализа. Значимость различий относительных показателей оценивалась по критерию Хи-квадрат (χ^2) Пирсона. Различия признавались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проанализированы результаты показателей микроциркуляторного русла юношей и девушек, полученных

методом ЛДФ. Показатели, полученные аппаратом ЛАЗМА-ПФ, представлены в таблице 1.

Установлено достоверное межгрупповое различие в значении шунтового кровотока. Средний показатель шунтового кровотока значимо выше у юношей ($p = 0,034$). Амплитуда колебаний кровотока, обусловленная эндотелиальным механизмом регуляции сосудистого тонуса, значимо больше у юношей ($p = 0,039$).

Анализ распределения уровней микроциркуляции показал, что у юношей нормальный уровень микроциркуляции регистрировался в 52,3 %, сниженный – в 47,7 % и достоверно не различались. У девушек наблюдалась аналогичная характеристика в распределении уровней показателя микроциркуляции: нормальный уровень – 42,9 %, сниженный – 57,1 %. Локальная температура кожи предплечья у юношей в среднем была равна $32,22 \pm 1,65^\circ\text{C}$, у девушек – $32,09 \pm 1,56^\circ\text{C}$.

Уровни нутритивного и шунтового кровотока представлены в таблице 2.

В таблице 3 представлены данные по амплитуде колебаний кровотока, обусловленных эндотелиальным,

ТАБЛИЦА 1
ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ
ПРЕДПЛЕЧЬЯ ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК ЯКУТСКОЙ
НАЦИОНАЛЬНОСТИ

Показатели	Юноши (n=44)		Девушки (n=84)		Достоверность
	M $\pm$ SD	Me [Q ₂₅ ;Q ₇₅]	M $\pm$ SD	Me [Q ₂₅ ;Q ₇₅]	
M, пф.ед.	3,67 $\pm$ 1,23	3,37 [2,86; 4,16]	3,73 $\pm$ 2,24	3,41 [2,79; 4,15]	$p=0,630$
Mнутр, пф.ед.	2,15 $\pm$ 1,12	1,80 [1,33; 2,50]	2,37 $\pm$ 2,91	1,87 [1,32; 2,68]	$p=0,972$
Mшунт, пф.ед.	1,68 $\pm$ 0,85	1,50 [1,02; 2,0]	1,41 $\pm$ 1,27	1,39 [0,91; 1,87]	$p=0,034$
Сигма	0,55 $\pm$ 0,39	0,41 [0,29; 0,69]	0,48 $\pm$ 0,33	0,38 [0,28; 0,55]	$p=0,298$
KV, %	14,72 $\pm$ 9,05	11,85 [9,51; 17,66]	12,92 $\pm$ 5,77	11,13 [9,19; 15,09]	$p=0,278$
Aэ, пф.ед	0,04 $\pm$ 0,07	0,02 [0,01; 0,36]	0,002 $\pm$ 0,04	0,001 [0,0; 0,30]	$p=0,039$
An, пф.ед	0,17 $\pm$ 0,16	0,12 [0,07; 0,22]	0,17 $\pm$ 0,15	0,13 [0,08; 0,20]	$p=0,819$
Am, пф.ед	0,23 $\pm$ 0,21	0,16 [0,11; 0,27]	0,21 $\pm$ 0,15	0,17 [0,11; 0,29]	$p=0,843$
Ad, пф.ед	0,17 $\pm$ 0,18	0,11 [0,08; 0,18]	0,13 $\pm$ 0,11	0,09 [0,07; 0,15]	$p=0,090$
Ac, пф.ед	0,20 $\pm$ 0,12	0,18 [0,12; 0,21]	0,18 $\pm$ 0,11	0,15 [0,11; 0,21]	$p=0,390$
T, C°	31,85 $\pm$ 1,65	32,14 [30,31; 33,23]	31,96 $\pm$ 1,56	31,86 [30,95; 33,10]	$p=0,580$

TABLE 1
INDICATORS OF MICROCIRCULATION OF THE
FOREARM OF BOYS AND GIRLS OF YAKUT
NATIONALITY

ТАБЛИЦА 2
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК
ПО УРОВНЯМ НУТРИТИВНОГО И ШУНТОВОГО
КРОВОТОКА

Показатель	Уровень	Юноши (n=44)	Девушки (n=84)
Нутритивный кровоток	нормальный	23 (52,3)	48 (57,1)
	повышенный	8 (18,2)	8 (9,6)
	сниженный	13 (29,5)	28 (33,3)
Шунтовый кровоток	нормальный	13 (29,5)	15 (17,9)
	сниженный	31 (70,5)	69 (82,1)

TABLE 2
DISTRIBUTION OF BOYS AND GIRLS BY LEVELS
OF NUTRITIONAL AND SHUNT BLOOD FLOW

нейрогенным и миогенным механизмами регуляции сосудистого тонуса у юношей и девушек.

В ходе исследования у юношей и девушек якутской национальности зафиксированы различия в амплитуде колебаний кровотока, обусловленные эндотелиальным, нейрогенным и миогенным механизмами регуляции сосудистого тонуса. Показатели уровней амплитуды дыхательных и сердечных колебаний кровотока для обеих групп приведены в таблице 4.

ОБСУЖДЕНИЕ

Уровень микроциркуляторного русла не имел половых различий. При сопоставлении полученных данных с результатами исследования Паршаковой В.Е. с соавт. (2024) [11] выявлено, что абсолютное значение показателя микроциркуляции (М) было ниже у обследованных нами групп ($3,67 \pm 1,23$ и $3,73 \pm 2,24$ пф.ед против $5,2 \pm 1,0$ пф.ед.). В обеих работах отсутствуют половые различия по данному показателю.

Анализ компонентов микроциркуляции выявил, что среднее значение шунтового кровотока достоверно

выше у юношей ($p = 0,034$) по сравнению с девушками. Кроме того, амплитуда эндотелий зависимых колебаний кровотока также была значимо выше у юношей ($p = 0,039$). Полученные результаты можно объяснить комплексом структурных и физиологических особенностей: юноши в среднем имеют более высокие антропометрические параметры (рост, вес, мышечная масса и т. д.), более высокий уровень метаболизма и как следствие расширенную сеть артерио-венозных анастомозов, что приводит к повышению шунтового кровотока. Известно, что снижение уровня тестостерона ассоциировано с ухудшением функции эндотелия сосудов [12].

Измерение кожной температуры осуществлялось интегрированным термодатчиком, входящим в состав измерительной головки флоуметра, и проводилось синхронно с записью ЛДФ-сигнала. Локальная температура кожи предплечья у юношей ($32,22 \pm 1,65^\circ\text{C}$) и девушек ($32,09 \pm 1,56^\circ\text{C}$) не имела достоверных половых различий. Синхронная регистрация температуры повышает достоверность полученных данных, поскольку локальная температура кожи напрямую влияет на тонус микроциркуляторных сосудов и, соответственно, на уровень перфузии. Даже

ТАБЛИЦА 3

УРОВНИ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ КРОВОТОКА, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ РАЗНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ РЕГУЛЯЦИИ СОСУДИСТОГО ТОНУСА У ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК

TABLE 3

AMPLITUDE LEVELS OF BLOOD FLOW FLUCTUATIONS CAUSED BY DIFFERENT MECHANISMS OF VASCULAR TONE REGULATION IN BOYS AND GIRLS

Амплитуда колебаний кровотока	Уровень	Юноши (n=44)	Девушки (n=84)	Критерий χ^2 Пирсона; p
Эндотелиальный механизм	Нормальный	-	1 (1,2)	$\chi^2=0,522$; $p=0,471$
	повышенный	6 (13,6)	1 (1,2)	$\chi^2=7,502$; $p=0,007$
	сниженный	38 (86,4)	82 (97,6)	$\chi^2=0,205$; $p=0,651$
Нейрогенный механизм	нормальный	19 (43,2)	35 (41,7)	$\chi^2=0,011$; $p=0,917$
	повышенный	7 (15,9)	12 (14,3)	$\chi^2=0,044$; $p=0,834$
	сниженный	18 (40,9)	37 (44,0)	$\chi^2=0,047$; $p=0,830$
Миогенный механизм	нормальный	9 (20,5)	23 (27,4)	$\chi^2=0,451$; $p=0,502$
	повышенный	9 (20,5)	14 (16,7)	$\chi^2=0,194$; $p=0,660$
	сниженный	26 (59,1)	47 (56,0)	$\chi^2=0,032$; $p=0,859$

ТАБЛИЦА 4

УРОВНИ АМПЛИТУДЫ ДЫХАТЕЛЬНЫХ И СЕРДЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ КРОВОТОКА У ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК

TABLE 4

AMPLITUDE LEVELS OF RESPIRATORY AND CARDIAC FLUCTUATIONS IN BLOOD FLOW IN BOYS AND GIRLS

Амплитуда колебаний кровотока	Уровень	Юноши (n=44)	Девушки (n=84)	Критерий χ^2 Пирсона; p
Дыхательные	Нормальный	8 (18,2 %)	11 (13,1 %)	$\chi^2=0,432$; $p=0,511$
	повышенный	6 (13,6 %)	11 (13,1 %)	$\chi^2=0,006$; $p=0,941$
	сниженный	30 (68,2 %)	62 (73,8 %)	$\chi^2=0,075$; $p=0,785$
Сердечные	нормальный	23 (52,3 %)	38 (45,2 %)	$\chi^2=0,200$; $p=0,655$
	повышенный	7 (15,9 %)	6 (7,1 %)	$\chi^2=1,938$; $p=0,164$
	сниженный	14 (31,8 %)	40 (47,6 %)	$\chi^2=1,249$; $p=0,264$

незначительные колебания температуры могут влиять на вазомоторную активность и искажать оценку регуляторных механизмов.

По уровням нутритивного кровотока наблюдается неоднородная картина. Значительная часть юношей и девушек (52,3 % и 57,1 % соответственно) имеют нормальный нутритивный кровоток ($\chi^2 = 5,454$, $p = 0,020$; $\chi^2 = 22,134$, $p < 0,001$), однако также имеются лица со сниженными и повышенными показателями нутритивного кровотока. Достоверно большая доля юношей ($\chi^2 = 5,002$, $p = 0,026$) и девушек ($\chi^2 = 24,257$, $p = 0,001$) имеют сниженный шунтовый кровоток (70,5 % и 82,1 % соответственно). Это объясняется особенностями строения кожи предплечья: артериоло-венулярные анастомозы в этой области встречаются редко и расположены в более глубоких слоях кожи, недоступных для лазерного зондирования. В связи с этим перфузия кожи в области предплечья преимущественно отражает нутритивный компонент микроциркуляции [13–15].

У юношей и у девушек наблюдается доминирование сниженных амплитуд колебаний кровотока, связанных с эндотелием (86,4 % и 97,6 % соответственно). Повышенный уровень амплитуды колебаний кровотока, обусловленный эндотелиальным механизмом регуляции сосудистого тонуса, достоверно чаще наблюдался у юношей ($\chi^2 = 7,502$; $p = 0,007$). Мы полагаем, что более высокая амплитуда эндотелий-зависимых колебаний кровотока у юношей обусловлена более высоким исходным базальным тонусом сосудов на фоне андрогенного влияния, что требует более мощного реактивного выброса оксида азота для достижения вазодилатации в ответ на стимул [16].

Оценка амплитуды колебаний кровотока, обусловленных нейрогенным механизмом регуляции сосудистого тонуса у юношей-якутов, определила примерно равное распределение между нормальным (43,2 %) и сниженным (40,9 %) уровнями. Аналогичное распределение наблюдалось и в группе обследованных девушек (41,7 % и 44,0% соответственно). Повышенный уровень выявлен в значимо меньшей доле как среди юношей ($\chi^2 = 4,323$; $p = 0,038$), так и среди девушек ($\chi^2 = 8,897$; $p = 0,003$). По распределению уровней нейрогенной регуляции не выявлено статистически значимых различий между изученными группами. Это свидетельствует о низком уровне участия симпатической нервной системы в регуляции микроциркуляции у юношей и девушек. Миогенный механизм также не демонстрирует выраженных половых различий. Сниженная активность отмечена у большинства юношей и девушек. Наше исследование выявило равноценное участие различных регуляторных механизмов, что может свидетельствовать о сбалансированной и адаптивной организации вазомоторной регуляции в изученной группе молодых лиц. Каждый механизм вносит сопоставимый и сбалансированный вклад в регуляцию микроциркуляции.

В обследованных группах юношей и девушек наблюдается доминирование пониженной амплитуды дыхательных колебаний кровотока (68,2 % и 73,8 %

соответственно). Амплитуда дыхательных колебаний кровотока является важным индикатором венозного оттока и общей вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы. Сердечные колебания кровотока отражают передачу пульсовой волны от крупных артерий к микроциркуляторному руслу и зависят от целого ряда факторов: артериального давления, жёсткости сосудистой стенки, периферического сосудистого сопротивления, а также состояния капиллярного русла и тканевого дренажа [17]. Анализ амплитуды сердечных колебаний кровотока выявил, что у большинства обследованных она находилась в нормальном или сниженном диапазоне и статистически не различалась между юношами и девушками ($p > 0,05$). Повышенный уровень наблюдался лишь у небольшой части обследованных лиц. Это означает, что, несмотря на известные физиологические различия между полами (например, более низкое артериальное давление и меньшая мышечная масса у девушек), передача пульсовой волны на уровень микроциркуляции у них сопоставима. С одной стороны, это может рассматриваться как признак сохранной эластичности сосудистой стенки и адекватного периферического сопротивления. С другой — сниженная амплитуда, особенно у почти половины девушек (47,6 %), может указывать на более эффективную амортизацию пульсовой волны в периферических сосудах, что часто связывают с вазодилатирующим действием эстрогенов. Для верификации данного предположения необходимо провести исследование с прямым измерением гормонального профиля.

Многочисленные исследования демонстрируют наличие достоверных половых различий в параметрах микроциркуляции: у женщин, как правило, отмечают более высокие значения перфузионного индекса и большая амплитуда нейрогенных колебаний, что связывают с влиянием эстрогенов на вазодилатацию, эндотелий-зависимую релаксацию и общую реактивность сосудистой стенки [18, 19]. В то же время, у мужчин чаще выявляются признаки снижения микроциркуляторного резерва уже в молодом возрасте, что может объяснять более раннюю манифестацию атеросклеротических и гипертензивных осложнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлены достоверные межгрупповые различия в показателях микроциркуляторного русла между обследованными юношами и девушками. Так, юноши характеризуются более высокими средними показателями шунтового кровотока и большей амплитудой колебаний кровотока, связанной с активностью эндотелия сосудов. Однако распределение уровней нутритивного кровотока, а также уровней нейрогенного и миогенного механизмов регуляции сосудистого тонуса не имело достоверных различий у обоих полов. Преобладающим состоянием микроциркуляции является снижение показателей дыхательного компонента как у юношей, так и у девушек.

А показатели сердечных колебаний кровотока находились в нормальном или сниженном уровне и также не зависели от пола.

Эти результаты свидетельствуют о важности учета возрастных и половых особенностей при оценке состояния сердечно-сосудистой системы и микроциркуляторного русла, особенно у молодых людей, проживающих в экстремальных климатических условиях Якутии.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Цапаева Н.Л., Цапаев В.Г. Микроциркуляция (часть 3 – методы исследования микроциркуляции). *Неотложная кардиология и сердечно-сосудистые риски*. 2024; 8(2): 2224-2236. [Capeeva NL, Capeev VG. Microcirculation (Part 3 – methods of microcirculation research). *Emergency cardiology and cardiovascular risks*. 2024; 8(2): 2224-2236. (In Russ.)]. doi: 10.51922/2616-633X.2024.8.2.2224
2. Sidorov VV, Rybakov YL, Gukasov VM, Evtushenko GS. A System of local analyzers for noninvasive diagnostics of the general state of the tissue microcirculation system of human skin. *Biomedical Engineering*. 2022; 55(6): 379-382. doi: 10.1007/s10527-022-10140-3
3. Козлов И.О., Жеребцов Е.А., Подмастерьев К.В., Дунаев А.В. Цифровая лазерная доплеровская флоуметрия: устройство, обработка сигнала и апробация в клинической практике. *Медицинская техника*. 2021; 1(325): 8-11. [Kozlov IO, Zherebcov EA, Podmaster'ev KV, Dunaev AV. Digital laser doppler flowmetry: device, signal processing and testing in clinical practice. *Medical Technology*. 2021; 1(325): 8-11. (In Russ.)].
4. Васильев А.П., Стрельцова Н.Н. Методологические аспекты и интерпретация результатов изолированного исследования микроциркуляции кожи у больных артериальной гипертензией методом лазерной доплеровской флоуметрии. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2015; 14(1): 41-45. [Vasil'ev AP, Strel'cova NN. Methodological aspects and interpretation of the results of an isolated study of skin microcirculation in patients with arterial hypertension using laser doppler flowmetry. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2015; 14(1): 41-45. (In Russ.)]. doi: 10.24884/1682-6655-2015-14-1-41-45
5. Михайлова М.А., Федорович А.А., Горшков А.Ю., Королев А.И., Дадаева В.А., Жарких Е.В. и др. Сравнительная оценка параметров лазерной доплеровской флоуметрии кожи здоровых лиц при использовании аппаратов различной модификации. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2023; 22-3(87): 41-50. [Mihajlova MA, Fedorovich AA, Gorshkov AYU, Korolev AI, Dadaeva VA, Zharkikh EV, et al. Comparative evaluation of the parameters of laser doppler flowmetry of the skin of healthy individuals using devices of various modifications. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2023; 22-3(87): 41-50. (In Russ.)]. doi: 10.24884/1682-6655-2023-22-3-41-50
6. Бочкарев М.С., Медведев А.С., Попова А.А., Федотенков Д.М. Метод лазерной доплеровской флоуметрии в оценке кожного окислительного метаболизма у пациентов с сердечно-сосудистыми и метаболическими рисками (обзор). *Смоленский медицинский альманах*. 2024; 2: 5-11. [Bochkarev MS, Medvedev AS, Popova AA, Fedotenko DM. The method of laser doppler flowmetry in assessing skin oxidative metabolism in patients with cardiovascular and metabolic risks (review). *Smolensk Medical Almanac*. 2024; 2: 5-11. (In Russ.)]. doi: 10.37903/SMA.2024.2.1
7. Дикарева Л.В., Гаджиева П.Х., Сувернева А.А., Уханова Ю.Ю., Власова Н.А. Применение лазерной доплеровской флоуметрии в гинекологической практике. *Астраханский медицинский журнал*. 2023; 18(3): 22-32. [Dikareva LV, Gadzhieva PH, Suverneva AA, Uhanova YuYu, Vlasova NA. Application of laser doppler flowmetry in gynecological practice. *Astrakhan Medical Journal*. 2023; 18(3): 22-32. (In Russ.)]. doi: 10.29039/1992-6499-2023-3-22-32
8. Аверьянова И.В., Вдовенко С.И. Морфофункциональные перестройки капиллярного кровотока у жителей-северян различных возрастных групп. *Успехи геронтологии*. 2023; 36(1): 29-35. [Aver'yanova IV, Vdovenko SI. Morphofunctional rearrangements of capillary blood flow in Northerners of various age groups. *The successes of gerontology*. 2023; 36(1): 29-35. (In Russ.)]. doi: 10.34922/AE.2023.36.1.003
9. Ахуба Л.О., Добаджян Н.В., Джинджолия В.Г., Миквабия З.Я. Возрастные особенности микроциркуляции и биохимических параметров у женщин, проживающих в Абхазии. *Клиническая геронтология*. 2024; 30(1-2): 28-33. [Ahuba LO, Dobadzhyan NV, Dzhindzholiya VG, Mikvabiya ZYA. Age features of microcirculation and biochemical parameters in women living in Abkhazia. *Clinical gerontology*. 2024; 30(1-2): 28-33. (In Russ.)]. doi: 10.26347/1607-2499202401-02028-033
10. Тихомирова И.А., Коршунова А.А., Лемехова В.А. Возможности портативных лазерных анализаторов в оценке состояния микроциркуляции и ее регуляторных механизмов. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2024; 23-4(92): 105-113. [Tihomirova IA, Korshunova AA, Lemekhova VA. Capabilities of portable laser analyzers in assessing the state of microcirculation and its regulatory mechanisms. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2024; 23-4(92): 105-113. (In Russ.)]. doi: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-105-113
11. Паршакова В.Е., Жарких Е.В., Локтионова Ю.И., Коськин А.В., Дунаев А.В. Исследование физиологического разброса параметров микроциркуляторно-тканевых систем организма человека с помощью мультимодальных портативных анализаторов. *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2024; 2(364): 165-176. [Parshakova VE, Zharkikh EV, Loktionova Yul, Koskin AV, Dunaev AV. Study of the phys-

ologic variability of microcirculatory-tissue systems parameters of human organism using multimodal portable analyzers. *Fundamental and applied problems of engineering and technology*. 2024; 2(364): 165-176. (In Russ.). doi: 10.33979/2073-7408-2024-364-2-165-176

12. Хрипун И.А., Воробьев С.В. Влияние тестостерона на функцию эндотелия у мужчин с сахарным диабетом 2 типа. *Южно-Российский журнал терапевтической практики*. 2021; 2(3): 78-85. [Hripun IA, Vorob'ev SV. The effect of testosterone on endothelial function in men with type 2 diabetes. *South Russian Journal of Therapeutic Practice*. 2021; 2(3): 78-85. (In Russ.). doi: 10.21886/2712-8156-2021-2-3-78-85]

13. Федорович А.А., Королев А.И., Ососков В.С., Саматова К.С., Драпкина О.М. Новые тренды развития направления по неинвазивному исследованию микроциркуляции в коже человека. Описательный обзор. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2025; 24(6): 94-104. [Fedorovich AA, Korolev AI, Ososkov VS, Samatova KS, Drapkina OM. New trends in non-invasive study of human skin microcirculation. A descriptive review. *Therapy and prevention of cardiovascular diseases*. 2025; 24(6): 94-104. (In Russ.). doi: 10.15829/1728-8800-2025-4412]

14. Пилюева Н.Г., Бурдули Н.М. Лазерная доплеровская флоуметрия в диагностике микроциркуляторных нарушений при внебольничных пневмониях и их коррекция. *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2016; 2(2-14). [Piliyeva NG, Burduli NM. Laser doppler flowmetry in the diagnosis of microcirculatory disorders at extrahospital pneumonia and their correction. *Bulletin of new Medical Technologies. Electronic edition*. 2016; 2(2-14): 179-186. (In Russ.). doi: 10.12737/19745]

15. Королев А.И., Федорович А.А., Горшков А.Ю., Дадаева В.А., Ким О.Т., Михайлова М.А. и др. Параметры микроциркуляторного кровотока в коже верхних конечностей у здоровых мужчин трудоспособного возраста. *Профилактическая медицина*. 2021; 24(7): 6069.

[Korolev AI, Fedorovich AA, Gorshkov AYU, Dadaeva VA, Kim OT, Mihajlova MA, et al. Upper limbs skin microvascular characteristics in healthy men of working age. *Preventive medicine*. 2021; 24(7): 60-69. (In Russ.). doi: 10.17116/profmed20212407160]

16. Иванов А.Н., Попыхова Э.Б., Терешкина Н.Е., Степанова Т.В., Злобина О.В., Норкин И.А. Вазомоторная функция эндотелия. *Успехи физиологических наук*. 2020; 51(4): 82-104. [Ivanov AN, Popykhova EB, Tereshkina NYe, Stepanova TV, Zlobina OV, Norkin IA. Vasomotor function of endothelium. *Advances in physiological sciences*. 2020; 51(4): 82-104. (In Russ.). doi: 10.31857/S0301179820030066]

17. Крупаткин А.И. Колебания кровотока – новый диагностический язык в исследовании микроциркуляции. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2014; 13(1): 83-99. [Krupatkin AI. Blood flow oscillations - new diagnostic language in microvascular research. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2014; 13(1): 83-99. (In Russ.). doi: 10.24884/1682-6655-2014-13-1-83-99]

18. Сметник В.П., Сметник А.А. Женские половые гормоны и сердечно-сосудистая система. *Медицинский совет*. 2011; 3(4): 40-45. [Smetnik VP, Smetnik AA. Female sex hormones and the cardiovascular system. *Medical advice*. 2011; 3(4): 40-45. (In Russ.).]

19. Тарасова М.А., Ярмолинская М.И., Соловьева О.А., Сахновская М.А. Влияние заместительной терапии 17β-эстрадиолом в сочетании с дроспиреноном на динамику артериального давления, эндотелий-зависимую и эндотелий-независимую вазодилатацию у женщин в постменопаузе. *Журнал акушерства и женских болезней*. 2007; 2. [Tarasova MA, Yarmolinskaya MI, Solov'eva OA, Sahnovskaya MA. The effect of replacement hormonal therapy with 17b-estradiol in combination with drospirenone, endothelium related and non-related vasodilatation in women in postmenopausal period. *Journal of Obstetrics and Women's Diseases*. 2007; 2. (In Russ.).]

Сведения об авторах

Гурьева Алла Борисовна – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры анатомии человека МИ ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»; e-mail: guryevaab@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2398-0542>

Алексеева Виллюйа Александровна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии МИ ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»; e-mail: viljen1974@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9425-3062>

Борисова Наталья Владимировна – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой «Нормальная и патологическая физиология» МИ ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»; e-mail: borinat@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9583-3424>

Information about the authors

Alla B. Guryeva – Dr. Sc. (Med.), associate professor, professor of the Department of human anatomy, North-Eastern federal University n. a. M.K. Ammosov; e-mail: guryevaab@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2398-0542>

Vilyuya A. Alekseeva – Cand. Sc. (Med.), associate professor of the Department of normal and pathological physiology, North-Eastern federal University n. a. M.K. Ammosov; e-mail: viljen1974@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9425-3062>

Natalia V. Borisova – Dr. Sc. (Med.), associate professor, head of the Department of normal and pathological physiology, North-Eastern federal University n. a. M.K. Ammosov, e-mail: borinat@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9583-3424>