



Научная статья
УДК 612.15
DOI: 10.37482/2687-1491-Z223

Особенности регионарного кровообращения у иностранных студентов на фоне локального холодового воздействия

Лаура Андреевна Товмасын* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3571-9694>
Галина Александровна Севрюкова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7933-3523>

*Волгоградский государственный медицинский университет
(Волгоград, Россия)

Аннотация. Физиологическая адаптация к резко континентальному климату Волгоградской области обуславливает успешную социокультурную адаптацию иностранных студентов. Первой в реакцию адаптации включается система кровообращения, определяя терморегуляцию и гомеостаз. **Цель** работы – оценка показателей регионарного кровообращения на участке «предплечье–кисть» у иностранных студентов на фоне локального холодового воздействия с помощью реовазографии верхних конечностей. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие индийские студенты Волгоградского государственного медицинского университета в возрасте 19–21 года ($n = 36$; средний возраст – $20,1 \pm 1,3$ года). Реограммы верхних конечностей регистрировались на приборе «Рео-Спектр 2» («Нейрософт», г. Иваново, Россия) в состоянии покоя, на фоне локального холодового воздействия на кисть левой руки и в период восстановления (1, 3, 5-я минуты). **Результаты.** Выявленная асимметрия кровообращения характеризуется снижением тонуса крупных артерий справа и преобладающим влиянием сосудистого компонента на компенсаторное повышение венозного тонуса. Сосудистая реактивность на фоне локального холодового воздействия может варьировать за счет несовершенности защитно-компенсаторных реакций. Холодовой сосудосуживающий эффект в большей степени реализовывался через активацию центральным контуром сердечной деятельности (констрикторная сосудистая реакция в сегменте «предплечье»), тогда как вазодилатация сосудов в сегменте «кисть» достигалась через срочную адаптивную реакцию сосудистого гладкомышечного компонента. В сегменте «кисть» кратковременное снижение тонуса сосудистой стенки прекапилляров в ответ на холодовое воздействие сменялось приспособительными реакциями кровотока в 1-ю минуту восстановления, что свидетельствует о возможном поступлении крови из артерий в вены через артериоло-венозные анастомозы, минуя капиллярную сеть. Облегчение венозного оттока из региона к 5-й минуте восстановления отмечалось только справа, тогда как слева не обнаружено значимой дилатации сосудов, соотношенной с резервом сосудистого сопротивления холодовому воздействию. Авторами предложен индекс реактивности сосудов и определены показатели реовазографии, которые можно использовать как информативные критерии индивидуально-типологических различий адаптивной реакции организма иностранных студентов на холодовое воздействие.

© Товмасын Л.А., Севрюкова Г.А., 2025

Ответственный за переписку: Галина Александровна Севрюкова, *адрес:* 400131, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, д. 1; *e-mail:* sevryukova2012@yandex.ru

Ключевые слова: реовазография верхних конечностей, регионарное кровообращение, сегмент «предплечье–кисть», холодовая проба, адаптация иностранных студентов

Для цитирования: Товмасын, Л. А. Особенности регионарного кровообращения у иностранных студентов на фоне локального холодового воздействия / Л. А. Товмасын, Г. А. Севрюкова // Журнал медико-биологических исследований. – 2025. – Т. 13, № 1. – С. 17-25. – DOI 10.37482/2687-1491-Z223.

Original article

Specific Features of Regional Blood Flow During Local Exposure to Cold in Foreign Students

Laura A. Tovmasyan* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3571-9694>
Galina A. Sevriukova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7933-3523>

*Volgograd State Medical University
(Volgograd, Russia)

Abstract. Physiological adaptation to the distinctly continental climate of the Volgograd Region underlies successful sociocultural adaptation of foreign students. The first to be activated in an adaptative response is the circulatory system, determining thermoregulation and homeostasis. The **purpose** of this research was to study the parameters of regional blood flow in the forearm–hand segment in foreign students in response to local cold stress using rheovasography of the upper limbs. **Materials and methods.** The study involved 36 Indian students of Volgograd State Medical University aged 19–21 years (mean age 20.1 ± 1.3 years). Rheograms of the upper limbs were recorded at rest, during local cold exposure of the left hand, and during the recovery period (1st, 3rd and 5th minutes) using Reo-Spektr 2 complex (Neurosoft, Ivanovo, Russia). **Results.** The identified blood flow asymmetry is characterized by a decreased tone of large arteries on the right and a predominant influence of the vascular component on the compensatory increase in the venous tone. Vascular reactivity at local cold exposure can vary due to the imperfection of protective and compensatory reactions. Cold-induced vasoconstriction was mostly realized through the activation of cardiac activity by the central circuit (vasoconstrictor response in the forearm segment), while vasodilation in the hand segment was achieved through an adaptive reaction of the vascular smooth muscle component. In the hand segment, a short-term decrease in the tone of the vascular wall of the precapillaries during local exposure to cold was followed by adaptive reactions of the blood flow in the 1st minute of recovery, indicating a possible flow of blood from the arteries into the veins through arteriovenous anastomoses, bypassing the capillary network. Improved venous outflow from the region by the 5th minute of recovery was recorded only on the right, while no significant vascular dilatation was detected on the left. The authors proposed a vascular reactivity index and determined rheovasography parameters that can be used as informative criteria for individual typological differences in the body's adaptive response to cold exposure in foreign students.

Keywords: *rheovasography of the upper extremities, regional blood flow, forearm–hand segment, cold test, adaptation of foreign students*

Corresponding author: Galina Sevriukova, address: pl. Pavshikh Bortsov 1, Volgograd, 400131, Russia; e-mail: sevryukova2012@yandex.ru

For citation: Tovmasyan L.A., Sevriukova G.A. Specific Features of Regional Blood Flow During Local Exposure to Cold in Foreign Students. *Journal of Medical and Biological Research*, 2025, vol. 13, no. 1, pp. 17–25. DOI: 10.37482/2687-1491-Z223

Доля экспорта образовательных услуг российских высших учебных заведений растет от года к году¹. На данный момент достаточное внимание уделяется вопросам успешной долговременной социокультурной адаптации иностранных студентов, приезжающих в Россию для обучения, однако не учитывается, что ей предшествует срочная акклиматизация к климатогеографическим условиям региона проживания, эффективность которой зависит от физиологической адаптации жизнеобеспечивающих систем [1–4].

Волгоградская область характеризуется резко континентальным климатом, сезонным температурным перепадом от $-20,0 \pm 15,2$ °С зимой до $35,0 \pm 15,7$ °С летом. Суточные колебания температуры в осенне-весенний период могут достигать 8–12 °С и являются нежелательными для организма [5–7], особенно для иностранных студентов [8], приезжающих из стран с теплым климатом. Известно, что одной из первых в реакцию адаптации целостного организма включается система кровообращения, которая обеспечивает метаболические запросы организма, участвует в кислород-транспортном каскаде, реализует температурный гомеостаз [9, 10].

В связи с этим целью исследования явилась оценка показателей регионарного кровообращения на участке «предплечье–кисть» у иностранных студентов на фоне локального холодового воздействия с помощью реовазографии (РВГ) верхних конечностей.

Материалы и методы. В эксперименте участвовали юноши, прибывшие из Индии и ставшие студентами Волгоградского государственного медицинского университета ($n = 36$; средний возраст – $20,1 \pm 1,3$ года). Все они дали

добровольное информированное согласие. Исследование соответствовало стандартам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2013 года) и было одобрено локальным этическим комитетом Волгоградского государственного медицинского университета (протокол № 2022/154 от 03.11.2022). Эксперимент проводился в осенний период в помещении с комфортной температурой (19–22 °С) в первой половине дня. При проведении РВГ («Рео-Спектр 2», «Нейрософт», г. Иваново, Россия) применялась технология продольного наложения ленточных электродов из электропроводящей ткани, смоченных физиологическим раствором. Проксимальный электрод накладывался в области локтевой ямки, «общий» электрод – на лучезапястный сустав, дистальный электрод – в области основания пальцев кисти левой руки вокруг тыльно-ладонной поверхности.

Регистрация показателей РВГ на участке «предплечье–кисть» выполнялась трижды: до локального холодового воздействия (фон), во время него, на 1, 3 и 5-й минутах восстановительного периода (ВП). Обследуемые находились в положении сидя, в состоянии спокойного бодрствования. Локальное холодовое воздействие достигалось путем погружения кисти левой руки в холодную воду (4 °С) на 4 мин [5].

Анализ реовазограммы включал левостороннее и правостороннее сопоставление показателей в динамике, а также симметричное сравнение – сопоставление степени отклонения показателей с использованием предложенного нами индекса реактивности сосудов (у. е.): $ИРС = \ln (B/ХП)$, где B – показатели РВГ, полученные на 1, 3 и 5-й минутах ВП (B_1, B_3, B_5 соответственно); $ХП$ – показатель РВГ, полученный

¹Минобрнауки России разрабатывает механизмы по увеличению численности иностранных студентов в России // М-во науки и высш. образования Рос. Федерации: [офиц. сайт]. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/mezhdunarodnoe-sotrudnichestvo/84114/> (дата обращения: 02.12.2024).

во время холодовой пробы; знаки «→» и «+» показывают направленность изменений – уменьшение или увеличение исследуемого параметра кровотока).

Исследовались амплитудно-частотный показатель (у. е.): $АПЧ = RI/T_{кардио}$ (RI – реографический индекс, у. е.; $T_{кардио}$ – длительность кардиоцикла, с); модуль упругости (%): $МУ = \alpha/T_{кардио}$ (α – время восходящей части волны, с); индекс быстрого наполнения, характеризующий тонус крупных артерий (%): $ИБН = A_{сист}/A_{арт}$ ($A_{арт}$ – амплитуда артериальной составляющей волны, Ом; $A_{сист}$ – амплитуда волны, соответствующая наиболее выраженному пику первой производной, Ом); дикротический индекс (%): $ДИК = A_{инц}/A_{арт}$ ($A_{инц}$ – амплитуда реограммы на уровне инцизуры, Ом); соотношение «притока-оттока» (у. е.): $П-О = \alpha/T_{кат}$ ($T_{кат}$ – длительность катакроды, с); показатель венозного оттока (ПВО, %). ИРС рассчитывался по АПЧ, ИБН, ДИК, ПВО с определением разницы показателей (dX, у. е.).

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программного пакета IBM SPSS, v. 26.0. В большинстве случаев распределение признаков не подчинялось закону нормального распределения, в связи с этим в работе для сравнения двух связанных выборок применялся непараметрический критерий Вилкоксона (медиана, первый и третий квартили – $Me [Q_1; Q_3]$), для сравнения множества связанных выборок – ранговый дисперсионный анализ Фрийдмана с поправкой Бонферрони, т. к. исследование включало 5 этапов. Статистически значимыми считались различия при $p \leq 0,05$.

Результаты. Фоновые показатели РВГ на участке «предплечье–кисть» у индийских студентов находились в пределах физиологической нормы. Сравнительный анализ фоновых данных справа и слева позволил выявить значимые различия тонуса и эластичности сосудов в сегменте «предплечье», а именно сниженный тонус артериального русла и повышенный венозный тонус справа по показателям МУ (слева – 11,09 [10,3; 13,5] %; справа – 11,00 [7,23; 11,3] %; $p = 0,005$),

ИБН (слева – 40,5 [35,4 43,8] %; справа – 50,0 [38,5; 52,2] %; $p = 0,009$), П-О (слева – 0,123 [0,11; 0,154] у. е.; справа – 0,116 [0,079; 0,133] у. е.; $p = 0,009$). Данный факт не противоречит асимметричности функционирования парных органов и участков организма [11] и определяется преобладающей регуляцией сосудистого тонуса одним из отделов вегетативной нервной системы (симпатическим, парасимпатическим). По нашему мнению, полученные результаты, с одной стороны, требуют проведения дальнейших исследований, с другой – возможно, характеризуют функциональную асимметрию кровоснабжения верхних конечностей, обусловленную доминирующим участием одной из рук в повседневной жизни.

При локальном холодовом воздействии на кисть левой руки отмечалось изменение показателей кровотока на участке «предплечье–кисть» как слева, так и справа. По АЧП, характеризующему интенсивность артериального кровотока, установлены однонаправленные реакции к 5-й минуте ВП. В сегменте «предплечье» справа отмечалось повышение АЧП_{Б5} (1,486 [0,775; 1,756] у. е.) относительно АЧП_{ХП} (1,243 [1,204; 2,129] у. е.; $p = 0,043$), АЧП_{Б3} (1,324 [1,095; 1,69] у. е.; $p = 0,002$) и слева – аналогичное изменение показателей на уровне тенденции ($p = 0,052$); в сегменте «кисть» также фиксировалось повышение АПЧ к 5-й минуте ВП после локальной холодовой стимуляции: справа АПЧ_{Б5} (1,502 [1,171; 2,265] у. е.) был больше АЧП_{ХП} (1,204 [0,645; 1,929] у. е.; $p = 0,0001$), АЧП_{Б1} (1,175 [1,043; 2,097] у. е.; $p = 0,0001$) и слева АЧП_{Б5} (1,068 [0,904; 1,449] у. е.) превышал АЧП_{Б1} (0,971 [0,736; 1,061] у. е.; $p = 0,001$), АЧП_{Б3} (1,054 [0,936; 1,33] у. е.; $p = 0,043$).

Интересными для понимания функциональных возможностей системы кровообращения оказались результаты сравнения ИРС, рассчитанных по сегменту «кисть». При локальном холодовом воздействии на кисть левой руки выявлены адекватные зональные сосудистые ответы (относительно фоновых показателей РВГ), а именно справа – отсутствие реакции (АПЧ в среднем изменился с 1,319 у. е. (АПЧ_{фон}) до 1,31 у. е. (АПЧ_{ХП})) и

слева – снижение АЧП в среднем с 1,159 у. е. ($АЧП_{фон}$) до 1,04 у. е. ($АЧП_{ХП}$) за счет уменьшения длительности кардиоциклов и повышения частоты сердечных сокращений.

При симметричном сравнении ИРС, рассчитанных по АЧП ($ИРС_{АЧП}$), установлена следующая динамика реактивности сосудов слева В1–В3–В5 относительно ХП: $-0,197$; $+0,1032$; $+0,0021$ у. е., свидетельствующая о продолжающейся констрикторной реакции в 1-ю минуту ВП и реакции вазодилатации к 3–5-й минутам. Отсутствие непосредственного холодового воздействия на кисть правой руки позволило установить сопряженную нарастающую реакцию вазодилатации сосудов справа к 5-й минуте ВП: $+0,216$; $+0,408$; $+0,371$ у. е. (рис. 1). Следует обратить особое внимание на то, что различия

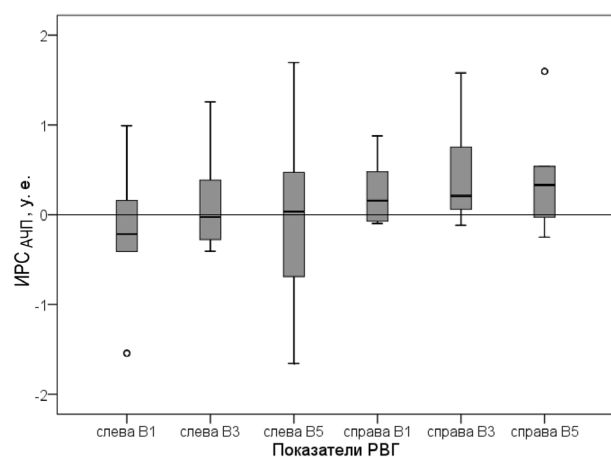


Рис. 1. Сосудистая реактивность по интенсивности артериального кровотока на разных минутах ВП после холодового воздействия у индийских студентов (столбец с чертой – медиана и квартили, усики – минимальное и максимальное значения, точки – выбросы)

Fig. 1. Vascular reactivity in Indian students according to the intensity of arterial blood flow in different minutes of the recovery period after cold exposure (column with a line – median and quartiles, whiskers – minimum and maximum values, dots – outliers)

$ИРС_{АЧП}$ (dX) на 3-й минуте ВП по отношению к 1-й и на 5-й минуте ВП по отношению к 1-й как слева ($АЧП_{В3-В1} = 0,300$ у. е.; $АЧП_{В5-В1} = 0,194$ у. е.), так и справа ($АЧП_{В3-В1} = 0,192$ у. е.; $АЧП_{В5-В1} = 0,154$ у. е.) не имеют значимых раз-

личий ($p_{В3-В1} = 0,37$; $p_{В5-В1} = 0,5$), что свидетельствует о внутригрупповой неоднородности сосудистых реакций на холодовое воздействие в сегменте «кисть» (широкий межквартильный диапазон: справа $dX_{В3-В1} - [0,036; 0,272]$ у. е.; $dX_{В5-В1} - [0,029; 0,479]$ у. е.; слева $dX_{В3-В1} - [0,034; 0,275]$ у. е.; $dX_{В5-В1} - [0,114; 0,439]$ у. е.) и возможности использования вариабельности АЧП для определения информативных критериев индивидуально-типологических различий адаптивной реакции.

Оценка ИБН позволила установить повышение уровня тонуса крупных артерий на фоне локального холодового воздействия слева как в сегменте «предплечье» (ИБН снизился к 1-й ($ИБН_{В1} = 44,4 [24,2; 56,8] \%$; $p = 0,007$) и 3-й ($ИБН_{В3} = 40,5 [37,07; 45,6] \%$; $p = 0,007$) минутам ВП относительно $ИБН_{ХП} = 45,9 [40,9; 48,8] \%$), так и в сегменте «кисть» (ИБН снизился к 1-й минуте ($ИБН_{В1} = 40,6 [35,2; 53,1] \%$; $p = 0,001$) относительно $ИБН_{ХП} = 45,9 [43,7; 55,0] \%$). С правой стороны однотипные реакции отмечены только в сегменте «кисть» (ИБН снизился к 1-й ($ИБН_{В1} = 37,8 [29,4; 47,7] \%$; $p = 0,001$) и 3-й ($ИБН_{В3} = 41,5 [33,1; 46,4] \%$; $p = 0,002$) минутам относительно $ИБН_{ХП} = 44,3 [40,1; 52,7] \%$).

Сопоставление симметричных ИРС, рассчитанных по ИБН, не выявило значимых различий и не противоречит пониманию того, что у испытуемых достаточно выражены эластические свойства амортизирующих сосудов (аорты и прилегающих к ней крупных сосудов), обуславливающие сосудистое ремоделирование в фазе быстрого изгнания крови левым желудочком сердца.

Анализ кровотока на участке «предплечье–кисть» по ДИК позволил выявить в целом однонаправленные зональные сосудистые реакции. После локального холодового воздействия на кисть левой руки установлено значимое повышение тонуса сосудов в сегменте «предплечье» на 1–3-й минутах ВП: слева $ДИК_{В1} = 70,5 [28,6; 82,1] \%$, $ДИК_{ХП} = 26,6 [8,94; 28,2] \%$ ($p = 0,001$) и справа $ДИК_{В3} = 37,3 [27,8; 44,9] \%$, $ДИК_{ХП} = 26,7 [14,7; 31,3] \%$ ($p = 0,002$). Однако слева в сегменте «кисть» кратковременное снижение тонуса сосудистой стенки прекапилляров при

холодовом воздействии по сравнению с фоновыми значениями ($ДИК_{ХП} = 27,1 [16,3; 41,2] \%$, $ДИК_{фон} = 28,7 [23,8; 38,2] \%$; $p = 0,007$) сменялось приспособительными изменениями кровоснабжения в период восстановления – повышением $ДИК_{В1}$ ($36,0 [14,0; 76,8] \%$) относительно $ДИК_{ХП}$ ($27,1 [16,3; 41,2] \%$; $p = 0,001$). Это возможно при поступлении крови из артерий в вены через артериоло-венулярные анастомозы, минуя капиллярную сеть [12, 13]. Справа в сегменте «кисть» установлено сопряженное нарастание $ДИК$ к 1-й минуте ВП относительно холодной пробы ($ДИК_{В1} = 37,4 [31,2; 67,9] \%$; $ДИК_{ХП} = 31,1 [24,3; 41,4] \%$; $p = 0,043$).

Симметричный анализ реактивности прекапилляров в сегменте «кисть» по их сосудистому тону (ИРС_{ДИК}) позволил выявить на 1-й минуте ВП проявление гипертонуса в большей степени слева по сравнению с таковым показателем справа (слева ИРС_{ДИК} = +0,641 у. е.; справа ИРС_{ДИК} = +0,062 у. е.; $p = 0,018$). При этом отсутствие значимости различий степени снижения тонуса прекапилляров к 5-й минуте ВП свидетельствует об экономически целесообразной для организма тактике центральных регулирующих влияний, т. е. идентичный командный паттерн получают эффекторы как левой, так и правой сторон. Разница значений ИРС_{ДИК}, обусловленная широким межквартильным диапазоном, слева ($dX_{B5-B1} - [-0,91; -0,315]$ у. е.) по отношению к таковому показателю справа ($dX_{B5-B1} - [-0,887; 0,099]$ у. е.) к 5-й минуте ВП не имела значимых различий ($p_{B5-B1} = 0,24$) и позволяет нам отнести $ДИК$ к одному из переменных показателей РВГ.

Анализ динамики состояния венозного оттока из исследуемого участка на фоне локальной холодной стимуляции показал, с одной стороны, отсутствие пресистолической волны на реограмме, свидетельствующее о нормальном тоне вен у молодых индийских студентов, а с другой – затруднение венозного оттока в соответствии с возможностями констрикторной иннервации вен. ПВО повышался на фоне холодной пробы независимо от сегмента и латеральной зональности (сегмент «предплечье»: справа $ПВО_{ХП} = 8,0 [1,0; 20,0] \%$, $ПВО_{фон} = 2,0 [1,0; 3,0] \%$

($p = 0,001$); слева $ПВО_{ХП} = 8,0 [2,0; 28,0] \%$, $ПВО_{фон} = 2,0 [1,0; 5,0] \%$ ($p = 0,04$); сегмент «кисть»: справа $ПВО_{ХП} = 11,0 [5,0; 18,0] \%$, $ПВО_{фон} = 5,0 [3,0; 8,0] \%$ ($p = 0,004$); слева $ПВО_{ХП} = 5,0 [2,0; 13,0] \%$, $ПВО_{фон} = 2,0 [1,0; 4,0] \%$ ($p = 0,04$). При этом облегчение венозного оттока из региона к 5-й минуте ВП отмечалось только справа (сегмент «предплечье»: $ПВО_{B5} = 4,0 [1,0; 8,0] \%$, $ПВО_{ХП} = 8,0 [1,0; 20,0] \%$ ($p = 0,011$); сегмент «кисть»: $ПВО_{B5} = 5,0 [2,0; 6,0] \%$, $ПВО_{ХП} = 11,0 [5,0; 18,0] \%$ ($p = 0,001$), тогда как слева не обнаружено значимой дилатации сосудов скелетных мышц, соотношенной с резервом сопротивления холодному воздействию.

Ответная сосудистая реакция находит свое подтверждение при симметричном сравнении ИРС, рассчитанных по ПВО: в сегменте «кисть» слева $ИРС_{ПВО} = -0,182 [-0,287; 0,03]$ у. е.; справа $ИРС_{ПВО} = 0,81 [-1,09; -0,32]$ у. е. Однако значимые латеральные различия отмечались лишь на 5-й минуте ВП ($p = 0,07$) (рис. 2).

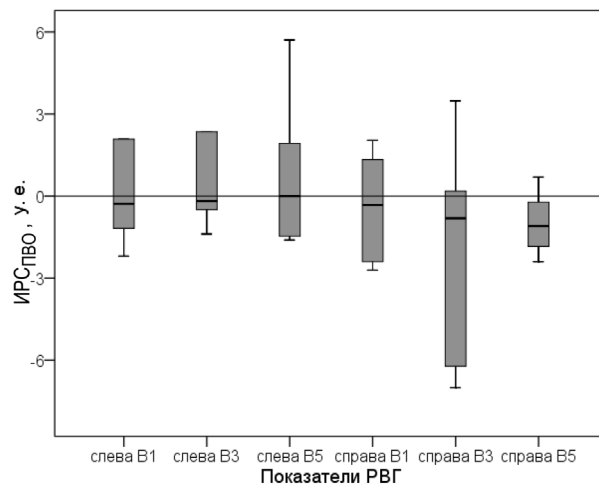


Рис. 2. Сосудистая реактивность по состоянию венозного оттока на разных минутах ВП после холодного воздействия у индийских студентов (столбец с чертой – медиана и квартили, усики – минимальное и максимальное значения, точки – выбросы)

Fig. 2. Vascular reactivity in Indian students according to the state of the venous outflow in different minutes of the recovery period after cold exposure (column with a line – median and quartiles, whiskers – minimum and maximum values, dots – outliers)

Обсуждение. Обобщение полученных данных РВГ позволило увидеть, что сосудистая реактивность на участке «предплечье–кисть» у индийских студентов на фоне локального холодого воздействия может варьировать за счет несовершенности защитно-компенсаторных реакций, ответные реакции проявляются в виде внутригрупповой неоднородности на холодую стимуляцию периферических термочувствительных рецепторов кожи. Холодовой сосудосуживающий эффект в большей степени реализовывался через активацию центральным контуром сердечной деятельности (констрикторная сосудистая реакция в сегменте «предплечье»), тогда как вазодилатация сосудов в сегменте «кисть» достигалась через срочную адаптивную реакцию сосудистого гладкомышечного компонента.

Выявленная асимметрия кровоснабжения на участке «предплечье–кисть», характеризующаяся снижением интегрального тонуса крупных артерий справа в пределах физиологической нормы и компенсаторным повышением венозного тонуса, обусловлена преобладающим влиянием сосудистого компонента, т. к. длительность кардиоцикла и сердечный выброс тождественны как для левой, так для правой сторон, а также возможным доминирующим участием одной из рук в повседневной жизни.

Совокупность адаптивных изменений в ответ на локальное холодое воздействие на контралатеральной стороне характеризовалась схожими однонаправленными реакциями. Однако значимость различий показателей изменения кровоснабжения в восстановительный период в большей степени выявлена на стороне

непосредственной холодовой стимуляции. При этом слева в сегменте «кисть» регистрировались срочные специфичные реакции: кратковременное снижение тонуса сосудистой стенки прекапилляров в момент холодого воздействия сменялось приспособительными реакциями кровотока в 1-ю минуту ВП, что свидетельствует о возможном поступлении крови из артерий в вены через артериоло-венозные анастомозы, минуя капиллярную сеть.

Выявлено затруднение венозного оттока независимо от сегмента и латеральной зональности, но в соответствии с возможностями констрикторной иннервации вен. При этом облегчение венозного оттока из региона к 5-й минуте ВП отмечалось только справа, тогда как слева не обнаружено значимой дилатации сосудов, соотношенной с резервом сосудистого сопротивления холодовой стимуляции.

Определены вариабельные показатели системы кровообращения по данным РВГ верхних конечностей на участке «предплечье–кисть» (АПЧ, ДИК и ПВО), которые могут использоваться как информативные критерии для установления индивидуально-типологических различий адаптивной реакции организма иностранных студентов на холодое воздействие.

Локальное холодое воздействие на терморепторы кожи приводит к выраженным изменениям периферической гемодинамики, что следует учитывать при разработке рекомендаций по оптимизации функциональных резервов организма иностранных студентов из теплых стран в процессе их адаптации к новым климатическим условиям.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Нарутдинов Д.А., Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Потехина Н.Н. Оценка риска здоровью по показателям холодого воздействия на территориях региона с различными типами климата // Медицина труда и экология человека. 2021. № 3(27). С. 109–123. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2021-10308>
2. Гудков А.Б., Попова О.Н., Пащенко А.В. Физиологические реакции человека на локальное холодое воздействие. Архангельск: Сев. гос. мед. ун-т, 2012. 145 с.

3. Fedotova V.A. International Students' Adaptation in Russia: Its Varying Due to the Student's Culture of Origin // Bull. Kemerovo State Univ. 2021. Vol. 23, № 4. P. 995–1004. <https://doi.org/10.21603/2078-8975-2021-23-4-995-1004>

4. Khomushku O.M., Kukhta M.S., Raitina M.Yu. Socio-Cultural Adaptation of Tuvan Students in Educational Environment of Tomsk // J. S. Fed. Univ. Humanit. Soc. Sci. 2020. Vol. 13, № 7. P. 1137–1143. <https://doi.org/10.17516/1997-1370-0631>

5. Аверьянова И.В. Ответные реакции кардиогемодинамики при локальном холодовом воздействии у жителей приморской и континентальной зон Магаданской области // Экология человека. 2021. № 10. С. 29–36. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-10-29-36>

6. Аверьянова И.В., Максимов А.Л. Стратегия адаптивных перестроек функциональных систем укорененных европеоидов – уроженцев различных поколений Северо-Востока России // Экология человека. 2023. Т. 30, № 4. С. 259–273. <https://doi.org/10.17816/humeco321856>

7. Коробицына Е.В. Физиологические реакции сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кожи кисти и стопы: дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2023. 138 с.

8. Ibrahim Y.M., Bondarenko D.S. The Problem of Adaptation of Foreign Students to Study at a Medical University in Russia // Молодеж. инновац. вестн. 2023. Т. 12, № S2. С. 650–654.

9. Son J.-Y., Liu J.C., Bell M.L. Temperature-Related Mortality: A Systematic Review and Investigation of Effect Modifiers // Environ. Res. Lett. 2019. Vol. 14, № 7. Art. № 073004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1cdb>

10. Коробицына Е.В., Гудков А.Б., Попова О.Н., Щербина Ю.Ф. Особенности сократимости миокарда у лиц юношеского возраста при холодовом воздействии на стопу // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 4. С. 459–462. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z084>

11. Кулакова Т.Б., Никольский В.С. Изменение региональной вегетативной реактивности у лиц с асимметрией артериального давления // Мед. вестн. Сев. Кавказа. 2012. № 1. С. 82–83.

12. Логинова Н.К., Гусева И.Е. Реовазография и ультразвуковая доплерография сосудов пальца кисти // Регионар. кровообращение и микроциркуляция. 2004. Т. 3, № 2(12). С. 76–78.

13. Максимов А.Л., Харин А.В. Состояние микроциркуляции при локальном холодовом воздействии и влияние тренировок с респирацией // Морфология. 2018. Т. 153, № 2. С. 31–36.

References

1. Narutdinov D.A., Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Razgulin S.A., Potekhina N.N. Health Risk Assessment by Cold Exposure Indicators in Area with Different Climate Types. *Occup. Health Hum. Ecol.*, 2021, no. 3, pp. 109–123 (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2021-10308>

2. Gudkov A.B., Popova O.N., Pashchenko A.V. *Fiziologicheskie reaktsii cheloveka na lokal'noe kholodovoe vozdeystvie* [Human Physiological Responses to Local Cooling]. Arkhangelsk, 2012. 145 p.

3. Fedotova V.A. International Students' Adaptation in Russia: Its Varying Due to the Student's Culture of Origin. *Bull. Kemerovo State Univ.*, 2021, vol. 23, no. 4, pp. 995–1004. <https://doi.org/10.21603/2078-8975-2021-23-4-995-1004>

4. Khomushku O.M., Kukhta M.S., Raitina M.Yu. Socio-Cultural Adaptation of Tuvan Students in Educational Environment of Tomsk. *J. Sib. Fed. Univ. Humanit. Soc. Sci.*, 2020, vol. 13, no. 7, pp. 1137–1143. <https://doi.org/10.17516/1997-1370-0631>

5. Aver'yanova I.V. Cardiohemodynamic Response to Local Cold Exposure Among Men from Coastal and Inland Zones of the Magadan Region. *Ekologiya cheloveka*, 2021, no. 10, pp. 29–36 (in Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-10-29-36>

6. Aver'yanova I.V., Maksimov A.L. Adaptation of Functional Systems in Different Generations of Caucasians in the North-East of Russia. *Ekologiya cheloveka*, 2023, vol. 30, no. 4, pp. 259–273 (in Russ.). <https://doi.org/10.17816/humeco321856>

7. Korobitsyna E.V. *Fiziologicheskie reaktsii serdechno-sosudistoy sistemy na lokal'noe okhlazhdenie kozhi kisti i stopy* [Physiological Responses of the Cardiovascular System to Local Cooling of the Skin of the Hand and Foot: Diss.]. Arkhangelsk, 2023. 138 p.

8. Ibrahim Y.M., Bondarenko D.S. The Problem of Adaptation of Foreign Students to Study at a Medical University in Russia. *Molodezhnyy innovatsionnyy vestnik*, 2023, vol. 12, no. S2, pp. 650–654.

9. Son J.-Y., Liu J.C., Bell M.L. Temperature-Related Mortality: A Systematic Review and Investigation of Effect Modifiers. *Environ. Res. Lett.*, 2019, vol. 14, no. 7. Art. no. 073004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1cdb>

10. Korobitsyna E.V., Gudkov A.B., Popova O.N., Shcherbina Yu.F. Myocardial Contractility in Young People During Cold Exposure of the Foot. *J. Med. Biol. Res.*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 459–462. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z084>

11. Kulakova T.B., Nikol'skiy V.S. Izmenenie regional'noy vegetativnoy reaktivnosti u lits s asimmetriy arterial'nogo davleniya [Change of the Regional Vegetative Reactivity at Persons with Asymmetry of Arterial Pressure]. *Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza*, 2012, no. 1, pp. 82–83.

12. Loginova N.K., Guseva I.E. Reovazografiya i ul'trazvukovaya dopplerografiya sosudov pal'tsa kisti [Reovasography and Ultrasound Dopplerography of Finger]. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya*, 2004, vol. 3, no. 2, pp. 76–78.

13. Maksimov A.L., Kharin A.V. Sostoyanie mikrotsirkulyatsii pri lokal'nom kholodovom vozdeystvii i vliyanie trenirovok s rerespiratsiy [The Characteristics of Microcirculation During Local Exposure to Cold and the Effect of Rebreathing Training]. *Morfologiya*, 2018, vol. 153, no. 2, pp. 31–36.

*Поступила в редакцию 22.03.2024 / Одобрена после рецензирования 17.06.2024 / Принята к публикации 01.11.2024.
Submitted 22 March 2024 / Approved after reviewing 17 June 2024 / Accepted for publication 1 November 2024.*