



ОЦЕНКА КОНТУРНОГО АНАЛИЗА ФОТОПЛЕТИЗМОГРАММЫ У СТУДЕНТОВ ВУЗОВ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Олег Алексеевич Мальков[✉], Алена Анатольевна Говорухина,
Виктор Петрович Мальцев**

Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. Раннее выявление нарушений состояния сердечно-сосудистой системы у лиц молодого возраста является важным прогностическим приемом оценки и сохранения адаптационных резервов организма. Фотоплетизмография, основанная на определении объема крови в микрососудистом русле – это современный, широко применяемый экспресс-метод скрининговой диагностики состояния сосудов.

Выполнена оценка показателей контурного анализа фотоплетизмограммы и некоторых компонентов гемодинамики у студентов, обучающихся в трех вузах Тюменской области. Установлены половые и региональные особенности состояния сосудистой стенки организма студентов. Показано, что у обследованных студентов – юношей, обучающихся в Тюменском (ТюмГУ) и Югорском (ЮГУ) государственных университетах, чаще отмечали высокий уровень систолического артериального давления, а также превышение нормативных значений медианы индекса артериальной жесткости (у 52 % юношей и 28 % девушек среди всех обследованных студентов ЮГУ). Сведения, полученные в результате анализа состояния сосудистой стенки современных студентов, проживающих и обучающихся в разных городах Тюменской области, могут быть использованы для определения рисков сердечно-сосудистых нарушений по совокупности параметров состояния сосудистой стенки, а также для разработки алгоритмов их прогнозирования и своевременной профилактики.

Ключевые слова: фотоплетизмография, студенты, сердечно-сосудистая система, сосудистая стенка, функциональное состояние, оценка, риск, нарушения здоровья

Шифр специальности: 3.3.3. Патологическая физиология.

Для цитирования: Мальков О. А., Говорухина А. А., Мальцев В. П. Оценка контурного анализа фотоплетизмограммы у студентов вузов Тюменской области // Вестник СурГУ. Медицина. 2025. Т. 18, № 1. С. 93–98. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2025-1-11>.

Original article

ASSESSMENT OF PHOTOPLETHYSMOGRAM CONTOUR ANALYSIS OF UNIVERSITY STUDENTS IN TYUMEN OBLAST

Oleg A. Malkov[✉], Alena A. Govorukhina, Viktor P. Maltsev

Surgut State University, Surgut, Russia

Abstract. Early diagnosis of cardiovascular system disorders in young adults is an important prognostic measure for assessing and preserving the adaptation reserves of the organism. Photoplethysmography based on determination of blood volume in the microvascular bed is a modern, widely used express method of screening diagnostics for vascular health.

The contour analysis of photoplethysmogram and some components of haemodynamics in students studying in three universities of Tyumen Oblast are assessed. Sex and regional peculiarities of vessel wall state of students have been determined. It is shown that the examined young male students studying in University of Tyumen and Yugra State University had a high level of systolic blood pressure quite frequently, as well as the ambulatory arterial stiffness index exceeding the normative values (52% of young men and 28% of young women among all examined students of Yugra State University). The data obtained as a result of the analysis of students living and studying in different cities of the Tyumen Oblast can be used to determine the risks of cardiovascular disorders based on a set of parameters of the vessel wall condition. The data can also be used to develop algorithms for cardiovascular disorders prognosis and their timely prevention.

Keywords: photoplethysmography, students, cardiovascular system, vessel wall, functional state, assessment, risk, health conditions

Code: 3.3.3. Pathophysiology.

For citation: Malkov O. A., Govorukhina A. A., Maltsev V. P. Assessment of photoplethysmogram contour analysis of university students in Tyumen Oblast. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2025;18(1):93–98. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2025-1-11>.

ВВЕДЕНИЕ

Студенческая молодежь является одним из главных стратегических резервов трудоспособного населения страны. Оценка функционального состояния организма студентов, а также его поддержание на высоком уровне являются необходимым условием для устойчивого развития региона и государства. Медико-биологические, психологические и другие исследования, проводимые учеными разных регионов страны, направлены в первую очередь на раннее выявление нарушений в состоянии здоровья представителей студенческой молодежи, прогнозирование их возникновения и возможность их коррекции.

С точки зрения физиологического завершения формирования систем организма, сопряженного с высокими интеллектуальными и психологическими нагрузками, изменением социального статуса, условий жизни, студенчество представляет собой уникальную когорту для исследования. Сердечно-сосудистая система, как известно, одной из первых реагирует на различные внешние факторы, вызывающие функциональное напряжение и физиологические изменения в организме [1, 2], в связи с чем детальная оценка ее состояния представляет особый интерес с точки зрения выявления ее нарушений и профилактики.

Результаты исследований последних лет свидетельствуют о высокой чувствительности сосудистой стенки к различным воздействиям [3–7]. Это позволяет применить оценку состояния сосудистой стенки как информативную методику донозологического скрининга здоровья студенческой молодежи. Наиболее доступной, простой в применении и неинвазивной является методика фотоплетизмографии, в основе которой лежит определение объемного кровотока в периферических сосудах [3, 4]. Методика основана на регистрации оптической плотности ткани, подсвеченной инфракрасным светом с помощью специального датчика. Регистрируемый сигнал позволяет оценить состояние стенки артериальных сосудов (жесткость) и некоторые параметры гемодинамики [3, 4]. Артериальная жесткость – это способность сосудистой стенки артерий расширяться и сжиматься во время различных фаз сердечного сокращения. Артериальная жесткость может быть следствием длительного повреждения артериальной стенки, сопровождающегося увеличением отложения коллагена и приводящего к расширению просвета сосуда. Жесткость артериальной стенки может свидетельствовать о высоких рисках нарушения функции сердечно-сосудистой системы [8–10].

Обзор современных научных исследований показал важнейшую роль ремоделирования гладкомышечных клеток сосудов в нарушении их эластичности [8]. Авторы отмечают, что одними из первых компонентов, способствующих повышению жесткости сосудов, являются белки внеклеточного матрикса, главная функция которых – поддержание механической нагрузки. При этом не менее важным компонентом являются гладкомышечные клетки со-

судов, которые не только обеспечивают регуляцию просвета сосудов за счет активации актомиозина, но и опосредуют взаимодействие с белками внеклеточного матрикса при меняющемся просвете сосуда. В процессе изменения жесткости сосудов большое значение предается так же пластичности гладкомышечных клеток [9].

Ранняя манифестация и хронизация заболеваний, обусловленных изменением состояния сосудов, характерна для многих гипоккомфортных регионов проживания, в том числе и для Тюменской области, особенно ее северных округов. Исследования последних лет достоверно доказывают, что жесткость артериальных сосудов как один из предикторов сердечно-сосудистых заболеваний, сердечно-сосудистой и общей смертности может быть использована для донозологических скрининговых исследований с целью раннего выявления нарушений в организме [8, 10–12].

Цель – сравнительный анализ состояния стенок артериальных сосудов у студентов, обучающихся в высших учебных заведениях Тюменской области с использованием контурного анализа фотоплетизмограммы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 395 студентов, проживающих и обучающихся в высших учебных заведениях Тюменской области, из них: Сургутский государственный педагогический университет (СурГУ) – 176 человек (девушки $n = 140$, юноши $n = 36$), Югорский государственный университет (ЮГУ) – 60 человек (девушки $n = 29$, юноши $n = 31$), Тюменский государственный университет (ТюмГУ) – 159 человек (девушки $n = 127$, юноши $n = 32$). Средний возраст обследованных студентов составил $18,9 \pm 0,05$ г. Исследование было проведено на добровольной основе, все студенты на момент проведения обследования относились к 1–2-й группам здоровья, не имели хронических заболеваний и жалоб. В исследование были включены только те девушки, которые находились в фолликулярной фазе менструального цикла. Обязательным условием включения в исследование явилось добровольное письменное информированное согласие. Все студенты, включенные в исследование, имели умеренный уровень физической активности и дополнительно не занимались фитнесом или спортивными тренировками. Изучение образа жизни исследуемых когорт не входило в задачи исследования.

Критерии включения студентов в исследование:

- добровольное информированное согласие на участие в исследовании;
- проживание с рождения на территории Тюменской области;
- 1–2-я группа здоровья, согласно медицинской категории.

Критерии исключения:

- отказ от участия в исследовании;
- наличие хронических заболеваний;

– перенесенное заболевание менее чем за 3 недели до обследования;
– беременность.

Обследование было организовано в первой половине дня. Результаты вносились в протоколы научных исследований и компьютерную базу данных.

Частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (АДС) и диастолическое (АДД) артериальное давление регистрировали по стандартной методике при помощи автоматического измерителя артериального давления фирмы "Omron" [13].

Показатели, характеризующие состояние эластичности сосудистой стенки артерий, определяли фотоплетизмографическим методом с использованием программно-аппаратного комплекса «Ангио-Скан – 01 П». Индекс аугментации (Alp, %) позволяет оценить вклад давления отраженной волны в пульсовое артериальное давление. Для более объективной оценки исключали влияние частоты пульса на данный показатель и анализировали параметр Alp75, %. Для возрастной категории студентов нормальные показатели индекса аугментации могут варьировать от 23,27 до 16,87 %, при этом средняя величина составляет 4,67 %. Для оценки вклада отраженного компонента в формирование пульсовой кривой (волны) анализировали индекс отражения (RI, %). Наряду с этим оценивали индекс жесткости (SI, м/с), который отражает среднюю скорость распространения пульсовых волн по крупным артериям (нормальное значение этого показателя для людей моложе 30 лет составляет 6,2 м/с). Анализ параметра «Индекс артериальной жесткости пульсовой волны» (aSI, м/с) позволяет судить о повышении жесткости артерий при

значениях выше 10 м/с, кроме того, этот показатель имеет высокий уровень корреляции со скоростью пульсовой волны. Расчет возраста сосудистой системы (VA, лет) производится на основе корреляционно-го поля зависимости возрастного индекса (AGI, усл. ед.) от возраста испытуемого и затем по величине возрастного индекса определяет возраст сосудистой системы. Показатель центрального артериального давления (SPa, мм рт. ст.) соответствует уровню артериального давления в проксимальном отделе аорты и брахиоцефальных сосудах [14]. По величине показателя индекса стресса оценивали состояние центров, регулирующих сердечную деятельность.

Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью программы Statistica, версия 10.0. Нормальность распределения выборок проверяли с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Для оценки статистической значимости половых и межгрупповых отличий использовали непараметрический критерий Манна – Уитни. Для проверки статистической значимости отличия показателей между всеми сравниваемыми группами использовали ранговый дисперсионный анализ Краскела – Уоллиса и медианный тест. Статистически значимыми считали различия при значениях $p < 0,05$.

Получено согласие этического комитета Сургутского государственного университета на публикацию материала.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведена оценка показателей контурного анализа фотоплетизмограммы и некоторых компонентов гемодинамики у студентов Тюменской области (таблица).

Таблица

Контурный анализ фотоплетизмограммы студентов (Ме [25 %; 75 %])

Показатели	СурГПУ		ЮГУ		ТюмГУ	
	Юноши	Девушки	Юноши	Девушки	Юноши	Девушки
АДС, мм рт. ст.	110,5** [102; 117]	109* [101; 114]	120** [110; 130]	108* [105; 118]	128** [118; 133]	110* [102; 119]
АДД, мм рт. ст.	70** [64,5; 73,5]	67* [63; 72,5]	73** [70; 78]	69* [64; 73]	77** [72; 85]	71* [66; 77]
ЧСС, сокр./мин	80,5** [64; 87]	82** [73; 89]	69** [66; 77]	78* [71; 81]	71,5** [68; 80]	80* [73; 88]
Alp, %	-27,9** [-34,7; -14,8]	-21,8** [-29,5; -14,8]	-19,5** [-23,8; -12,1]	-17,6 [-22,2; -12,3]	-15,25** [-21,6; -8,8]	-10,3**/* [-16,3; -2,5]
Alp75, %	-23,25** [-31,5; -13,4]	-17,95 [-24,9; -11,8]	-19,6 [-26,3; -13,5]	-16,5 [-24,3; -9,2]	-16,3** [-19,6; -7,9]	-7,3**/* [-13,8; -0,7]
SI, м/с	7,45** [6,95; 8,05]	7,1* [6,8; 7,6]	7,2 [7,0; 7,8]	7,1 [6,9; 7,7]	7,55** [6,8; 7,8]	7,1 [6,7; 7,5]
aSI, м/с	10,4** [8,65; 11,7]	8* [7,5; 9,2]	10,2 [8,9; 13,3]	8,6* [7,6; 10,1]	9,85** [8,7; 11,6]	8,9 [7,9; 10,3]
RI, %	20,85** [14,5; 27,5]	24,55 [19,3; 31,8]	19,1 [12,9; 29,4]	19,3 [14,5; 28,4]	25** [22,2; 26,9]	27,2 [22,5; 36,2]
AGI, усл. ед.	-1,15 [-1,3; -1]	-1,1** [-1,2; -1]	-1** [-1,1; -0,9]	-1 [-1,1; -0,9]	-0,9 [-1,0; -0,8]	-0,8 [-1,0; -0,7]
VA, лет	24** [18; 30]	26**/* [22; 31]	31** [28; 34]	31 [27; 36]	35** [31; 39]	37 [31; 43]
SPa, мм рт. ст.	98 [91; 106,5]	99 [91; 105]	109** [102; 122]	101* [97; 111]	118** [110; 125]	106* [98; 113]
Stress, усл. ед.	95,5 [50; 176]	80* [59,5; 170,5]	78 [55; 138]	94 [63; 144]	83** [50; 108]	104* [67; 187]

Примечание: * – статистически значимые половые различия в группах $p < 0,05$, ** – статистически значимые различия между группами $p < 0,05$. Составлено авторами.

Установлено, что физиологические показатели, характеризующие гемодинамику студентов СурГПУ, такие как АДС и АДД, ЧСС не превышали возрастных нормативных показателей. При этом следует отметить, что медиана пульса у обследованных юношей находилась на верхней границе нормы.

Индекс аугментации, определенный и приведенный к нормальной частоте сердечных сокращений, характеризует высокую эластичность крупных артериальных сосудов, что способствует снижению пульсовой нагрузки на миокард левого желудочка. Оценка показателей индекса жесткости позволяет говорить о начальных изменениях в стенке артериальных сосудов, что подтверждается индексом артериальной жесткости пульсовой волны, значение которого у юношей-студентов СурГПУ на 15 % превышало нормативные показатели [15]. Тонус мелких артериальных сосудов, который оценивали по уровню индекса отражения, среди студентов СурГПУ у юношей был несколько выше, чем у девушек, что свидетельствует о наличии физиологических различий, обусловленных половой принадлежностью. При этом следует отметить, что 26,4 % девушек-студенток СурГПУ имели повышенный тонус мелких артерий. Возрастной индекс в данной группе превышал нормативные значения не более чем на 7 лет, что свидетельствует о достаточной эластичности сосудов, соответствующих возрастным нормативам. На это же указывает и показатель возраста сосудов, значение которого незначительно отличалось от паспортного возраста исследуемого контингента студентов. Оценка величины центрального артериального давления свидетельствует о высокой степени эластичности как крупных, так и мелких артериальных сосудов. Уровень стресса у обследованных студентов СурГПУ, не превышал нормативных значений в 150 условных единиц, хотя следует отметить его более высокий уровень у юношей по сравнению с девушками [15].

Исследование основных физиологических параметров, характеризующих состояние сердечно-сосудистой системы и показателей, характеризующих эластичность артериальной сосудистой стенки, выполненное с участием студентов ЮГУ, позволило выявить ряд отличий от других изученных групп. Так, было установлено, что медиана уровня систолического и диастолического давления в группе юношей и девушек не превышала нормативных значений, при этом 22,6 % обследованных студентов-юношей ЮГУ имели повышенные показатели уровня систолического давления. Частота сердечных сокращений в пределах с 25-го по 75-й квартиль не превышала нормативные значения, медиана индекса аугментации (измеренного и приведенного к среднему возрастному значению пульса) находилась в пределах возрастной нормы. Установлено также, что показатель индекса жесткости у студентов ЮГУ (как у юношей, так и у девушек) в пределах с 25-го по 75-й квартиль превышал нормативные значения, наряду с этим, в группе юношей медиана артериального индекса жесткости также превышала норму (у 51,6 % обследованных юношей и у 27,6 % обследованных девушек-студенток). Тонус мелких артерий соответствовал нормам возрастной эластичности. Возраст сосудов у обследованных студентов ЮГУ, независимо от пола, превышал паспортный более чем на 10 лет.

Вероятно, что величина центрального артериального давления студентов этой когорты поддерживалась в рамках возрастной нормы за счет достаточной эффективности компенсаторных механизмов, регулирующих сосудистый тонус. Уровень сосудистого стресса по медиане среди обследованных студентов обоего пола ЮГУ не превышал нормативные значения.

Исследование группы студентов ТюмГУ показало, что медианы показателей, характеризующих общие параметры гемодинамики, соответствовали возрастным нормативам. При этом более 30 % юношей имели высокое нормальное систолическое артериальное давление. Индекс аугментации (измеренный и приведенный к среднему возрастному значению пульса) в пределах с 25-го по 75-й квартиль не превышал нормативные значения, при этом индекс жесткости у всех обследованных студентов был выше требуемых возрастных значений, но медианы показателя артериального индекса жесткости у юношей и девушек не превышали 10 м/с. Важно отметить, что 29,4 % девушек и около 50 % юношей исследуемой когорты студентов характеризовались повышенными значениями этого параметра. Индекс отражения соответствовал возрастным нормам независимо от пола, однако в группе юношей 18,8 % имели высокие значения данного показателя [15]. Медианы показателя возрастного индекса в обеих половых группах были незначительно снижены, но при этом возраст сосудов превышал паспортный более чем на 15 лет. В группе юношей-студентов ТюмГУ зафиксирован умеренно повышенный уровень центрального артериального давления, уровень сосудистого стресса не превышает должных значений нормы.

Изучение жесткости артериальной сосудистой стенки неинвазивными методами, в том числе и с использованием контурного анализа фотоплетизмограммы, позволяет получить значимую информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы.

Сосудистая стенка аорты и крупных артерий включает в себя достаточно большое количество эластических волокон, что способствует достаточному растяжению этих сосудов во время систолы и позволяет поддерживать непрерывный кровоток во время диастолы, за счет сужения стенок данных сосудов. Сосудистая стенка периферических артерий включает в основном мышечные волокна, с высокой долей коллагеновых волокон и, следовательно, менее растяжима. Таким образом, артериальная жесткость самая низкая в аорте и крупных артериях, возрастает по мере перемещения крови в более мелкие артерии и артериолы. Систолическая волна давления перемещается в периферическом направлении и затем отражается в центральном направлении в местах бифуркации артериальных сосудов. Это обуславливает суммарную волну давления в артериальных сосудах за счет прямой и отраженной волны. Отраженная волна вызывает увеличение пика систолического артериального давления, обуславливая повышение пульсового давления. Увеличение общего аортального пульсового давления обозначается как давление аугментации и выражается в процентах от общего давления [7]. С целью объективизации оценки данного показателя, исключают влияние частоты пульса и анализируют параметр $Alp75$ [15]. В проведенном нами исследовании, во всех изученных группах на ос-

новании анализа показателей аугментации определена достаточная эластичность стенки крупных артериальных сосудов. Это позволяет сделать вывод, что у всех обследованных студентов отраженная волна замедляется и достигает сердца во время диастолы, увеличивая диастолическое давление и улучшая коронарную перфузию. Увеличение жесткости артериальной стенки приводит к дополнительному воздействию энергии отраженной волны на сосуды микроциркуляции, что приводит к нарушению периферического кровотока в органах-мишенях.

В нашем исследовании мы анализировали индекс жесткости (SI, м/сек) и индекс артериальной жесткости пульсовой волны (aSI, м/сек), который отражает среднюю скорость распространения пульсовых волн по крупным артериям. На сегодня определение данных индексов позволяет определить риски развития сердечно-сосудистых событий на донозологическом уровне. Наибольшие риски развития сердечно-сосудистой патологии по совокупности данных показателей выявлены в группе девушек – у студенток ЮГУ, а в группе юношей – у студентов СурГПУ. Анализ показателей индекса отражения (RI, %), характеризующего постнагрузку сердца и перфузию в мелких артериях, позволяет сделать вывод, что наибольшие риски развития патологии сердечно-сосудистой системы выявлены в группе юношей у студентов ЮГУ, а в группе девушек – у студенток ТюмГУ; увеличение данного показателя в перспективе может привести к увеличению массы миокарда (гипертрофии).

Оценка возрастного индекса (AGI, усл. ед.) и возраста сосудистой системы (VA, лет) в последнее время заняла достойное место в прогнозировании сердечно-сосудистой патологии, поскольку на основании анализа этих параметров можно судить о формирующихся изменениях артериальной сосудистой стенки, при этом артериальная жесткость является ее наиболее значимым проявлением. Проведенное нами исследование выявило, что наибольшие сердечно-сосудистые риски существуют в группе студентов обоего пола, обучающихся в ТюмГУ.

Величина центрального артериального давления (SPa, мм рт. ст.) считается одним из важных предикторов повреждения органов-мишеней, гораздо более специфичным, чем традиционно измеренное систолическое давление. Известно, что этот показатель в большей степени коррелирует с внутренним диаметром сонной артерии и толщиной интима-медиа [16].

Увеличение SPa (мм рт. ст.) связано с увеличением индекса массы левого желудочка независимо от возраста и среднего АД, наряду с этим имеются сведения о более тесной связи величины этого параметра с сосудистой гипертрофией и степенью атеросклероза, а также с увеличением сердечно-сосудистого риска на донозологическом этапе.

Показатели индекса стресса, характеризующие состояние регуляторных центров сердечно-сосудистой системы, продемонстрировали отсутствие напряжения во всех исследуемых группах, что свидетельствует о хорошем состоянии регуляторных механизмов организма студентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сравнительный анализ фотоплетизмограммы студентов, обучающихся в высших учебных заведениях Тюменской области, позволил выявить особенности состояния стенки артериальных сосудов и выделить группы по развитию риска сердечно-сосудистых нарушений в каждой отдельно изученной когорте. Проведенное нами исследование установило повышение жесткости крупных артерий в группе юношей – у студентов СурГПУ, а в группе девушек – у студенток ЮГУ. Повышение тонуса мелких артериальных сосудов в группе девушек – у студенток ТюмГУ, а в группе юношей – у студентов ЮГУ. При этом по совокупности изученных показателей наибольшие риски развития сердечно-сосудистой патологии выявлены у студентов ТюмГУ. Мы предполагаем, что выявленные нарушения повышают риск развития сердечно-сосудистой патологии и обусловлены они ремоделированием артериальной сосудистой стенки. Представленные результаты могут быть использованы при проведении диагностики и разработке мероприятий, направленных на профилактику патологии состояния сосудистой стенки на донозологическом этапе.

Выполненное исследование расширяет представления о механизмах формирования сердечно-сосудистой патологии, так как указывает на возможность возникновения нарушений состояния артериальной сосудистой стенки у здоровых лиц молодого возраста с относительной нормотонией.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бондаренко А. В., Гаврилова Е. В. Здоровый образ жизни и индивидуальное здоровье студентов // Наука-2020. 2021. № 2. С. 175–178.
2. Бутыч Н. С., Маюрова И. А. Разработка индивидуальных траекторий здоровья студентов на основе оценки физического состояния обучающихся // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2023. № 2. С. 47–50.
3. Абулдинова О. А., Приходько О. Б., Войтсеховский В. В. и др. Оценка контурного анализа фотоплетизмограммы у здоровых лиц молодого возраста // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2020. № 76. С. 41–45.
4. Симонян М. А., Сказкина В. В., Посненкова О. М. и др. Анализ спектральных показателей сигнала фотоплетизмограммы

REFERENCES

1. Bondarenko A. V., Gavrilova E. V. Healthy lifestyle and individual health of students. *Nauka-2020*. 2021;(2):175–178. (In Russ.).
2. Butych N. S., Mayurova I. A. Development of individual health trajectories students on the basis of assessment of the physical condition of students. *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*. 2023;(2):47–50. (In Russ.).
3. Abuldinova O. A., Prihodko O. B., Voytsekhovskiy V. V. et al. Assessment of the contour analysis of the photoplethysmogram in healthy individuals of young age. *Bulletin physiology and pathology of respiration*. 2020;(76):41–45. (In Russ.).
4. Simonyan M. A., Skazkina V. V., Posnenkova O. M. et al. Analysis of the spectral indices of the photoplethysmographic signals

и их динамики в зависимости от возраста пациента для задач скрининга сердечно-сосудистых заболеваний // Профилактическая медицина. 2021. Т. 24, № 8. С. 73–79.

5. Laurent S., Boutouyrie P., Cunha P. G. et al. Concept of Extremes in Vascular Aging // *Hypertension*. 2019. Vol. 74, no 2. P. 218–228.
6. Cunha P. G., Boutouyrie P., Nilsson P. M. et al. Early Vascular Ageing (EVA): Definitions and Clinical Applicability // *Current Hypertension Reviews*. 2017. Vol. 13, no. 1. P. 8–15.
7. Mikael L. R., Paiva A. M. G., Gomes M. M. et al. Vascular Aging and Arterial Stiffness // *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2017. Vol. 109, no. 3. P. 253–258.
8. González L. D. M., Romero-Orjuela S. P., Rabeya F. J. et al. Age and vascular aging: an unexplored frontier // *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2023. Vol. 10. 12 p.
9. Lacolley P., Regnault V., Segers P. et al. Vascular Smooth Muscle Cells and Arterial Stiffening: Relevance in Development, Aging, and Disease // *Physiological Reviews*. 2017. Vol. 97, no. 4. P. 1555–1617.
10. Гапон Л. И. Артериальная гипертензия и жесткость артериальной стенки в клинической практике: обзор литературы // *Российский кардиологический журнал*. 2024. Т. 29, № 5. С. 96–104.
11. Ливенцева М. М., Коробко И. Ю., Нечесова Т. А. и др. Артериальная жесткость как биологический маркер поражения сосудов и терапевтическая мишень у пациентов с артериальной гипертензией // *Медицинские новости*. 2021. № 4. С. 34–39.
12. Носов А. Е., Горбушина О. Ю., Власова Е. М. и др. Прогностическая значимость параметров артериальной жесткости в выявлении пациентов очень высокого риска // *Кардиология*. 2020. Т. 60, № 10. С. 27–32.
13. Дроботья Н. В., Гусейнова Э. Ш., Пироженко А. А. Измерение артериального давления: метод, прошедший испытание временем // *Российский медицинский журнал*. 2018. № 11. С. 36–40.
14. Husmann M., Jacomella V., Thalhammer C. et al. Markers of arterial stiffness in peripheral arterial disease // *Vasa*. 2015. Vol. 44, no 5. P. 341–348.
15. AngioScan-01. Professional Device for Cardiovascular System Diagnostics. User's Guide. URL: <https://www.angioscan.ru/attachments/Professional.pdf> (дата обращения: 11.10.2024).
16. Boutouyrie P., Chowienczyk P., Humphrey J. D. et al. Arterial Stiffness and Cardiovascular Risk in Hypertension // *Circulation Research*. 2021. Vol. 128, no 7. P. 864–886.
5. Laurent S., Boutouyrie P., Cunha P. G. et al. Concept of Extremes in Vascular Aging. *Hypertension*. 2019;74(2):218–228.
6. Cunha P. G., Boutouyrie P., Nilsson P. M. et al. Early Vascular Ageing (EVA): Definitions and Clinical Applicability *Current Hypertension Reviews*. 2017;13(1):8–15.
7. Mikael L. R., Paiva A. M. G., Gomes M. M. et al. Vascular Aging and Arterial Stiffness. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2017;109(3):253–258.
8. González L. D. M., Romero-Orjuela S. P., Rabeya F. J. et al. Age and vascular aging: an unexplored frontier. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2023;10. 12 p.
9. Lacolley P., Regnault V., Segers P. et al. Vascular Smooth Muscle Cells and Arterial Stiffening: Relevance in Development, Aging, and Disease. *Physiological Reviews*. 2017;97(4):1555–1617.
10. Gapon L. I. Hypertension and arterial wall stiffness in clinical practice: literature review. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(5):96–104. (In Russ.).
11. Liventseva M. M., Korobko I. Yu., Nechesova T. A. et al. Arterial stiffness as a biological marker of vascular damage and a therapeutic target in patients with arterial hypertension. *Meditsinskie novosti*. 2021;(4):34–39. (In Russ.).
12. Nosov A. E., Gorbushina O. Yu., Vlasova E. M. et al. Prognostic significance of arterial stiffness parameters in the identification of very high-risk patients. *Kardiologiya*. 2020;60(10):27–32. (In Russ.).
13. Drobotya N. V., Guseynova E. Sh., Pirozhenko A. A. Blood pressure measurement: method that stood the test of time. *Russian Medical Journal*. 2018;(11):36–40. (In Russ.).
14. Husmann M., Jacomella V., Thalhammer C. et al. Markers of arterial stiffness in peripheral arterial disease. *Vasa*. 2015;44(5):341–348.
15. AngioScan-01. Professional Device for Cardiovascular System Diagnostics. User's Guide. URL: <https://www.angioscan.ru/attachments/Professional.pdf> (accessed: 11.10.2024).
16. Boutouyrie P., Chowienczyk P., Humphrey J. D. et al. Arterial Stiffness and Cardiovascular Risk in Hypertension. *Circulation Research*. 2021;128(7):864–886.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

О. А. Мальков – доктор медицинских наук, доцент;
<https://orcid.org/0000-0002-0895-2079>, docom@mail.ru✉
А. А. Говорухина – доктор биологических наук, доцент;
<https://orcid.org/0000-0002-7466-2918>, govalena@mail.ru
В. П. Мальцев – кандидат биологических наук, доцент;
<https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>, mal585@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

O. A. Malkov – Doctor of Sciences (Medicine), Docent;
<https://orcid.org/0000-0002-0895-2079>, docom@mail.ru✉
A. A. Govorukhina – Doctor of Sciences (Biology), Docent;
<https://orcid.org/0000-0002-7466-2918>, govalena@mail.ru
V. P. Maltsev – Candidate of Sciences (Biology), Docent;
<https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>, mal585@mail.ru