

# РАННЕЕ СТАРЕНИЕ СОСУДОВ – ПРЕДИКТОР КАРДИОВАСКУЛЯРНЫХ РИСКОВ

Эвелина Энверовна Ибрагимова

Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова, Симферополь, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой системы обучающихся вуза на основе фотоплетизмографического метода. Исследованы такие параметры, как тип пульсовой волны (PV-type), жесткость сосудистой стенки (Alp, %) и биологический возраст сосудов (AGI, лет), так как их относят к факторам кардиоваскулярного риска. Характер распределения полученных экспериментальных данных осуществляли при помощи критерия Шапиро – Уилка, значимость отличий устанавливали при помощи *t*-критерия Стьюдента. Результаты оценки исследованных показателей представляли как среднее  $\pm$  стандартное отклонение, значимость отличий которых устанавливали при помощи *t*-критерия Стьюдента. В качестве критического уровня значимости при анализе статистических гипотез принимали значение  $p \leq 0,05$ . Результаты проведенного исследования позволили диагностировать у 43,37 % студентов комбинированные типы пульсовых волн (ABC и BC) в разных процентных соотношениях, что свидетельствует о начинающихся структурных изменениях артерий. Данное предположение подтверждается тем, что у 28,3 % обследованных были получены фотоплетизмограммы с высокой частотой и амплитудой пульсовых волн, свидетельствующие о повышении жесткости артерий, по показателям которого были выявлены статистически значимые ( $p \leq 0,05$ ) гендерные отличия: жесткость артериальной стенки у юношей ( $Alp = -9,35 \pm 0,47$ ) была в 1,24 раза выше, чем у девушек ( $Alp = -11,64 \pm 0,65$ ). Оценка биологического возраста сосудов испытуемых позволила определить достаточно высокие показатели, значительно превышающие паспортный возраст ( $AGI = 30,89 \pm 1,04$  года). По данному параметру только у 9,44 % обследованных биологический возраст сосудов соответствовал паспортному. При анализе данного показателя не было обнаружено статистически значимых гендерных отличий, однако статистически значимыми ( $p < 0,05$ ) явились отклонения от возрастной нормы (у девушек  $12,07 \pm 0,91$  года, у юношей достоверно выше –  $20,31 \pm 0,12$  года). Изменения в сосудах были обнаружены у большей части обследованных, наиболее выраженным среди них оказался показатель AGI.

Высказано предположение, что оценка биологического возраста сосудов, их жесткости и типа пульсовой волны может использоваться для диагностики кардиоваскулярного риска и принятия мер, позволяющих предупредить развитие серьезных сердечно-сосудистых патологий в будущем.

**Ключевые слова:** фотоплетизмография, сосуды, пульсовая волна, жесткость артерий, диагностика, студенты, раннее старение сосудов

**Благодарности:** автор выражает благодарность студентам вуза, принявшим участие в исследовании.

**Шифр специальности:** 3.3.3. Патологическая физиология.

**Для цитирования:** Ибрагимова Э. Э. Раннее старение сосудов – предиктор кардиоваскулярных рисков // Вестник СурГУ. Медицина. 2025. Т. 18, № 4. С. 63–69. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2025-4-8>.

Original article

## EARLY VASCULAR AGING AS CARDIOVASCULAR DISEASES WARNING

Evelina E. Ibragimova

Crimean Engineering and Pedagogical University named after of Fevzi Yakubov, Simferopol, Russia

**Abstract.** The paper demonstrates photoplethysmography diagnostics results of the university students' cardiovascular system functional state. Such parameters as pulse wave type, vascular stiffness (alkaline phosphate, Alp, %), and physiological vascular age (alpha-glucosidase inhibitor, AGI, age) are considered cardiovascular risk factors and examined in this article. The experimental data is analyzed using the Shapiro-Wilk test, the difference significance is defined based on the Student's *t*-test. The Student's *t*-test is also applied in the significant response differences representation of the studied parameters assessment results as an average standardized deviation. The author takes the value  $p \leq 0,05$  as the critical significance level while analyzing statistical hypotheses. The conducted research results allow diagnosing combined types of pulse waves (ABC and BC) among 43.37% of the students in varied percentage ratio, indicating the developing artery structure alternation. The theory is proved by the 28.3% of photoplethysmograms with high frequency and amplitude

of the pulse waves testifying enhanced arterial stiffness. The specified factor reveals the following statistically significant gender differences: male arterial stiffness ( $Alp = -9.35 \pm 0.47$ ) is 1.24 times higher than the female one ( $Alp = -11.64 \pm 0.65$ ). Assessment of physiological vascular age of the examined shows sufficiently high values considerably exceeding the actual age ( $AGI = 30.89 \pm 1.04$  years). According to this parameter, the physiological vascular age corresponds to the actual age only in 9.44% of the cases. The factor analysis shows the absence of statistically significant gender differences, while the deviations from the age norm ( $12.07 \pm 0.91$  years among females and credibly higher among males being  $20.31 \pm 0.12$  years) appear statistically significant ( $p < 0.05$ ). Most of the tested students have vascular alternations indicated mainly by the AGI measure.

It is assumed that researchers can use the assessment of physiological vascular age, stiffness, and pulse wave type in cardiovascular risks diagnostics and development of cardiovascular disease induction remedies.

**Keywords:** photoplethysmography, vessels, pulse wave, arterial stiffness, diagnostics, students, early vascular aging

**Acknowledgements:** the author is grateful to the university students who took part in the research.

**Code:** 3.3.3. Pathophysiology.

**For citation:** Ibragimova E. E. Early vascular aging as cardiovascular diseases warning. *Vestnik SurGU. Meditsina.* 2025;18(4):63–69. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2025-4-8>.

## ВВЕДЕНИЕ

Наивысшей ценностью каждого человека является его здоровье, определяющее качество жизни, ее продолжительность и возможность полной самореализации. К сожалению, статистические данные и клиническая практика свидетельствуют о неуклонном росте уровня заболеваемости людей, при этом первое место в списке болезней занимают сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) [1], являющиеся причиной около 17,9 млн смертей [2]. Согласно прогнозам Всемирной организации здравоохранения в период с 2025 по 2050 г. ожидается рост распространенности ССЗ на 90% и увеличение общей смертности на 73%, а число летальных исходов может достичь 35,6 млн против 20,5 млн в настоящее время [2].

ССЗ занимают лидирующую позицию среди причин инвалидности и преждевременной смертности в Европе, составляя более 42,5% всех случаев смерти, то есть каждый день по их причине умирает 10 000 человек [3]. Согласно отчету Европейского регионального бюро Всемирной организации здравоохранения, риск умереть от ССЗ у мужчин в Европейском регионе почти в 2,5 раза выше, чем у женщин. Также отмечается географический дисбаланс: в Восточной Европе и Центральной Азии вероятность смерти от ССЗ в возрасте 30–69 лет почти в пять раз превышает данный показатель в Западной Европе [2]. Острота данной проблемы вызывает необходимость выявления факторов риска развития ССЗ и проведения превентивных профилактических мероприятий, направленных на раннюю диагностику кардиоваскулярных нарушений в группах риска.

И. И. Трунина и соавт. на основе масштабного однодоминантного ретроспективного исследования, охватывающего 70 001 детей и подростков из 17 регионов России, указывает на необходимость активизировать меры по предупреждению сердечно-сосудистых заболеваний, а также менять образ жизни и пищевые привычки в регионах России с высоким уровнем выявленных факторов риска развития сердечно-сосудистых осложнений начиная с детства и подросткового возраста [4]. Данная рекомендация связана с тем, что время обучения в общеобразовательных, средних профессиональных и высших учебных заведениях совпадает со сложными психофизиологическими про-

цессами онтогенеза. Поступление в школу, колледж или вуз сопровождается серьезными изменениями нейроэндокринной регуляции и необходимостью адаптации к новым условиям, зачастую вызывающей дистресс. Это обусловлено тем, что в отличие от взрослых, у детей и подростков повышение уровня работоспособности может достигаться благодаря существенному напряжению сердечно-сосудистой системы (ССС) и эндокринных желез [5]. Начинаясь в подростковом возрасте гормональная перестройка организма, обусловленная процессами полового созревания, существенно усиливается за счет симпатического воздействия, отражающегося на функционировании ССС и значительно усиливающегося под влиянием стрессорных факторов. Усиление симпатического влияния при снижении порога возбудимости вегетативной нервной системы и недостаточной активности парасимпатического воздействия в компенсаторно-адаптационных реакциях организма сопровождается развитием у подростков функциональных нарушений ССС (гипертонические состояния, экстрасистолии, синусовая аритмия) и гормональными дисфункциями [6]. Ключевыми факторами риска развития ССЗ являются нерациональное питание, гиподинамия, злоупотребление алкоголем, табакокурение и хронический стресс [1, 2, 7]. Следовательно, значительную часть ССЗ можно предотвратить путем воздействия на модифицируемые факторы риска посредством популяционных стратегий, ориентированных на снижение влияния стрессорных факторов, потребления табака и алкоголя, улучшение качества питания, поддержание оптимальной массы тела и повышение физической активности. Следовательно, профилактические мероприятия по предупреждению развития ССЗ, особенно среди молодежи, имеют первостепенное значение [7]. В данном контексте ранняя диагностика нарушений функционирования сердечно-сосудистой системы играет важное значение в профилактике серьезных нарушений в будущем, так как сосуды являются одной из физиологических мишеней, поражающихся при ССС, эндокринных и аутоиммунных заболеваниях [8].

**Цель** – выявление нарушений функционирования сердечно-сосудистой системы обучающихся на основе неинвазивных методов диагностики.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы испытуемых использовали фотоплетизмографический метод диагностики, оценивающий пульсовое кровенаполнение и отличающийся своей неинвазивностью в сочетании с высоким диагностическим потенциалом [9], в силу чего и зарекомендовавший себя как перспективный инструментарий для оценки сосудистого возраста. На основе фотоплетизмографии определяли ряд параметров сосудистой системы добровольцев – студентов Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова. В соответствии с принципами Хельсинкской декларации все испытуемые были ознакомлены с целью проводимой диагностики и согласились на участие в ней. В исследовании приняли участие 53 студента обоего пола (43 девушки и 10 юношей) в возрасте  $18,83 \pm 4,88$  года. Все испытуемые по своим антропометрическим параметрам соответствовали физиологическим показателям, характерным для данной возрастной группы. На основе диагностики определяли такие параметры, как тип пульсовой волны (PW-type), жесткость сосудистой стенки артерий (Alp, %) и биологический возраст сосудов (AGI, лет), так как их относят к факторам кардиоваскулярного риска [10]. Доказано, что старение сосудистой системы – ключевой фактор риска развития ССЗ [11, 12]. Неоспоримым выводом является необходимость ранней диагностики возрастных изменений сосудов, позволяющей своевременно проводить профилактические и лечебные мероприятия.

Исследование проводили в первой половине дня до начала активной деятельности в положении сидя, после 15-минутного отдыха, в расслабленном состоянии, с закрытыми глазами, при отсутствии звуковых и световых раздражителей. Плетизмограммы снимали при помощи диагностического прибора «АнгиоСкан-01 П» (Россия).

Обработка полученных результатов проводилась с помощью программного обеспечения «АнгиоСкан Профессиональный 3.30.07». Датчик оптического прибора накладывался на дистальную фалангу указательного пальца обследуемого, время записи составляло 5 минут.

Характер распределения полученных экспериментальных данных осуществляли при помощи критерия Шапиро – Уилка. Результаты оценки диагностируемых показателей обследуемых представляли как среднее  $\pm$  стандартное отклонение ( $M \pm \sigma$ ), значимость отличий устанавливали при помощи  $t$ -критерия Стьюдента при уровне значимости  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенной диагностики позволили констатировать ряд проблем в функционировании ССС обследованных студентов. В частности, в ходе исследования было установлено, что у 43,37 % студентов изменен характер генерируемых пульсовых волн. У них были зарегистрированы комбинированные типы пульсовых волн (ABC и BC) в разных процентных соотношениях. Известно, что пульсовая волна (ПВ) – это волна давления, возникающая при систоле сердца и распространяющаяся по артериям. Соответственно скорость распространения пульсовой волны (СРПВ) и форма являются важным диагностическим

критерием состояния сосудистой системы. В проведенном исследовании ПВ типа С были диагностированы у 56,6 % молодых людей. Пульсовые волны С-типа свидетельствуют о нормальном физиологическом состоянии стенок артерий. ПВ и жесткость артерий – это два взаимосвязанных показателя, имеющие важное значение для диагностики состояния сердечно-сосудистой системы. В нашем исследовании средние показатели индекса жесткости были отрицательными и составили  $Alp = -11,21 \pm 0,76$ , что свидетельствует о сохранности эластичности стенки сосудов артериального русла и соответствия их возрастным значениям. Вместе с тем при частном анализе были выявлены случаи положительных показателей Alp в диапазоне от 0,5 до 5,5 %, а также низких отрицательных Alp в диапазоне от -10 до -0,3 % (при оптимальных референтных значениях Alp от -30 до -20 %). Следовательно, в обследуемой когорте молодых людей у 49,06 % наметилась тенденция к снижению эластичности сосудов. Наше предположение согласуется с полученными результатами и сопоставлением данных жесткости артерий с характером генерируемых ПВ, так как это взаимосвязанные параметры ССС. Жесткость артерий – это следствие снижения эластичности стенок артерий. Здоровые артерии эластичны и расширяются при каждом ударе сердца, а затем возвращаются в исходное состояние. С возрастом и под воздействием различных факторов риска (например, гипертония, диабет, курение), артерии теряют свою эластичность и становятся более жесткими. Жесткость артерий оказывает существенное влияние на скорость и амплитуду пульсовой волны. Чем жестче артерии, тем быстрее распространяется пульсовая волна, так как в результате утраты эластичности они хуже амортизируют пульсовую волну, что приводит к более сильному отражению волны от периферических сосудов (возвратной волне). Возвратная волна, достигая сердца в период систолы, увеличивает систолическое артериальное давление (САД), что подтверждается достаточно высокими его показателями у 45,28 % обследованных (САД =  $132 \pm 7,26$ ), для которых существует риск развития артериальной гипертензии при отсутствии превентивных мероприятий по устранению данной проблемы. М. В. Лущик и соавт. на основе проведенной фотоплетизмографии установили, что повышение индекса отражения является результатом повышения тонуса артериол и мелких сосудов, вязкости крови, а также косвенно свидетельствует о наличии холестериновых бляшек и атеросклероза [13]. Это подтверждает высокую диагностическую ценность метода фотоплетизмографии (ФПГ) по выявлению ранних, доклинических изменений сосудов.

В проведенном исследовании у 28,3 % обследованных были получены фотоплетизмограммы с высокой частотой и амплитудой ПВ, что свидетельствует о манифестиации структурных изменений эндотелия артерий (рис. 1).

В исследовании были выявлены статистически значимые ( $p \leq 0,05$ ) гендерные отличия по исследованным показателям. В частности, жесткость артериальной стенки у юношей ( $Alp = -9,35 \pm 0,47$ ) была в 1,24 раза выше ( $t_{st} = 2,85$ ;  $p = 0,006251$ ) в сравнении с девушками ( $Alp = -11,64 \pm 0,65$ ). Согласно данным Е. В. Бурко и соавт., возрастные изменения сосудов

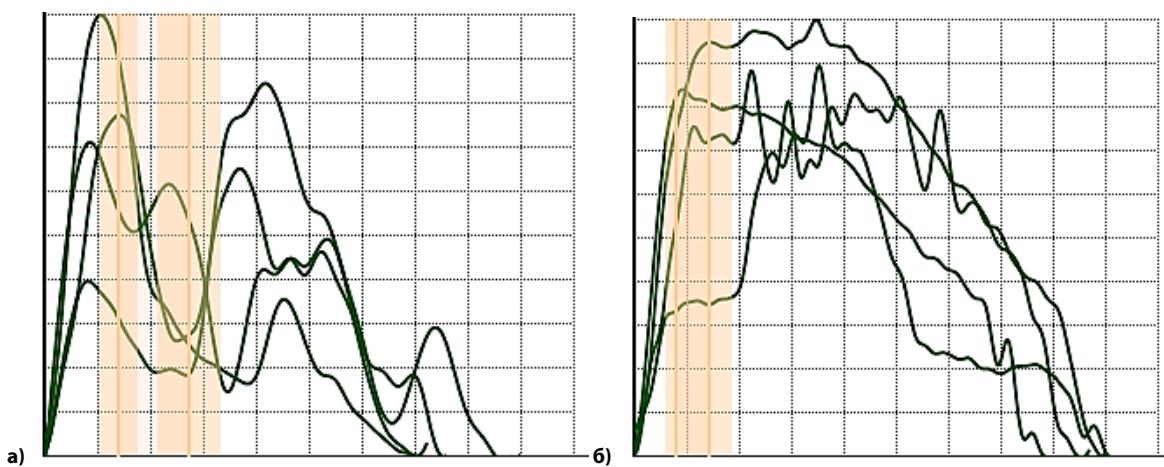


Рис. 1. Примеры фотоплэтизмограмм с высокой амплитудой пульсовых волн:

а – юноша, 17 лет (PV-type – A14: B6: C80), жесткость артериальной сосудистой стенки ( $Alp = -5,5 \%$ );  
 б – девушка, 18 лет (PV-type – A31: B31: C38), жесткость артериальной сосудистой стенки ( $Alp = -0,3 \%$ )

Примечание: составлено автором.

артериального русла манифестируют в 10–20 лет, что проявляется в увеличении жесткости их стенок, вмешательство в данный процесс сопутствующих патологических факторов существенно ускоряет его течение [12]. Возможно, одним из таких факторов является образ жизни, так как многие юноши не придерживаются правил здорового образа жизни, подвержены пристрастию к вредным привычкам в большей мере, чем девушки, что может ускорить ремоделирование стенок артерий.

При оценке типов ПВ у обследуемых студентов на плеизограммах были выявлены волны С-типа у 41,86 % девушек и 50 % юношей, у остальных были диагностированы комбинированные волны. Известно, что при систоле сердца левый желудочек выталкивает кровь, создавая пульсовую волну, давление которой перемещается по аорте и артериям, а скорость ее распространения определяется несколькими факторами: диаметром сосудов, эластичностью и структурой их стенок, а также силой сердечного сокращения. ФПГ, основанная на этих принципах, позволяет диагностировать стенозы и склеротические изменения сосудов, оценивать тонус сосудистой стенки и функцию сердца [12, 13].

ПВ на фотоплэтизмограмме имеет две основные части: анакротическая фаза, соответствующая систоле, и дикротическая фаза, отражающая его диастолу (рис. 2). Дикротический пик является результатом отражения волны крови, идущей от сердца к периферическим сосудам и возвращающейся обратно в аорту. Установлено, что частота и длительность ПВ связаны с работой сердечной мышцы, в то время как высота и форма пиков плеизограммы отражают состояние сосудистой стенки. У здоровых людей пульсовая волна характеризуется резким подъемом и выраженной отраженной волной (см. рис. 2). Следовательно, при стенозе артерий подъем волны становится более пологим, дикротическая фаза удлиняется, а высота отраженной волны уменьшается. В случаях значительного сужения сосудов отраженная волна может полностью исчезнуть [12–14].

Высокая эластичность аорты и периферических артерий позволяет эффективно преобразовывать энергию сердечных сокращений в энергию сосу-

дистой стенки и амортизировать пульсовые волны, обеспечивая непрерывный кровоток в диастолическую фазу. Отраженные волны, взаимодействуя с прямыми пульсовыми волнами, усиливают их, поддерживая достаточный уровень энергии пульсовой волны вплоть до периферических сосудов (капилляров) [15, 16]. Нарушение этого механизма приводит к дегенеративным изменениям в структуре сосудистых стенок: происходит замещение эластина коллагеном, увеличивается жесткость и, как следствие, наблюдается преждевременное старение сосудов [15]. В процессе старения и риска развития старческой астении сопутствует увеличение риска ССЗ. Вместе с тем для некоторых людей процесс старения может ускоряться, приводя к развитию синдрома раннего сосудистого старения (Early Vascular Aging in Hypertension, EVA) [17], описанного в 2008 г. [18]. По мнению исследователей, основным компонентом EVA является артериальная жесткость, диагностируемая по увеличению скорости пульсовой волны [17]. В оригинальном исследовании Д. А. Яхонтова и Ю. О. Останиной по оценке встречаемости синдрома раннего сосудистого старения у лиц мужского пола молодого и среднего возраста было выявлено

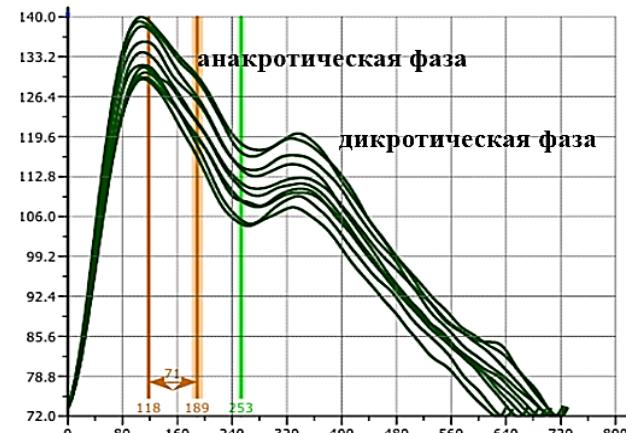


Рис. 2. Фотоплэтизмограмма студентки с С-типом (18 лет, (PV-type – B3: C397), жесткость сосудистой стенки артерий)

( $Alp = -11,6 \%$ )

Примечание: составлено автором.

два независимых статистически значимых предиктора EVA – сердечно-лодыжечный сосудистый индекс и укороченные теломеры [11]. В. М. Coimbra и соавт. указывают на обратную корреляционную связь длины теломер и жесткостью артериальных стенок [19].

Сосудистое старение – сложный физиологический процесс, в основе патогенеза которого лежат структурные перестройки стенок артерий, являющиеся следствием возрастания частоты и амплитуды пульсовых волн, негативно влияющих на эластиновые волокна, что проявляется в их разрушении и постепенной замене на коллагеновые, что приводит к увеличению жесткости стенок сосудов артериального русла [20, 21]. Аспекты этого преждевременного процесса включают эндотелиальную дисфункцию, повышенную артериальную жесткость, утолщение комплекса интима-медиа и нарушение дилатации центральных артерий эластического типа, увеличение амплитуды отраженной волны, гипертрофию мелких сосудов с уменьшением их просвета. Ускоренное старение сосудистой стенки повышает частоту осложнений, поэтому в последнее время «сосудистый возраст» рассматривается как важный предиктор индивидуального риска кардиоваскулярной патологии [12, 22]. В связи с этим был проведен анализ биологического возраста сосудов испытуемых, средняя величина которого в обследованной когорте молодых людей составила  $AGI = 30,89 \pm 1,04$  года, а отклонение от паспортного возраста –  $13,62 \pm 0,54$  года. По данному параметру только у 9,44% обследованных биологический возраст сосудов соответствовал паспортному. При анализе данного показателя среди девушек и юношей не было обнаружено статистически значимых отличий, однако отличия имели место при оценке отклонения возраста сосудов. В частности, отклонение от возрастной нормы у девушек в среднем составило  $12,07 \pm 0,91$  года, у юношей достоверно выше ( $t_{st} = 8,98; p = 0,000001$ ) –  $20,31 \pm 0,12$  года. Аналогичная тенденция была выявлена при оценке возраста сосудистой стенки обучающихся Тюменской области, где расхождение паспортного и биологического возраста сосудов было более выраженным у юношей [23]. Таким образом, изменения в сосудах были обнаружены у большей части обследованных, наиболее выраженным среди которых оказался показатель AGI.

Возрастные изменения и патологические процессы, затрагивающие сосудистые стенки, приводят к ухудшению их эластических свойств и увеличению жесткости, что оказывает существенное влияние на СРПВ. Повышение жесткости сосудов закономерно ускоряет СРПВ, в результате чего отраженные волны достигают сердца в момент начала систолы, что создает дополнительную нагрузку на сердечную мышцу, так как происходит преждевременное суммирование волн. Данный физиологический дисбаланс вынуждает сердце выполнять дополнительную работу, направленную на преодоление сопротивления отраженных волн, возвращающихся раньше положенного срока. Это проявляется в формировании характерных кривых пульсовых волн типов А и В, которые часто обнаруживаются у лиц пожилого возраста и пациентов с ССЗ. М. В. Лущик и соавт. отмечают, что резкий подъем ПВ при повышенном систолическом выбросе может быть следствием аортальной недо-

статочности, а формирование дополнительной волны – симптомом петушиного гребня – риск тромбообразования и нарушения гемодинамики [13]. ПВ такого типа были обнаружены у студентов с комбинированным типом волн (рис. 3).

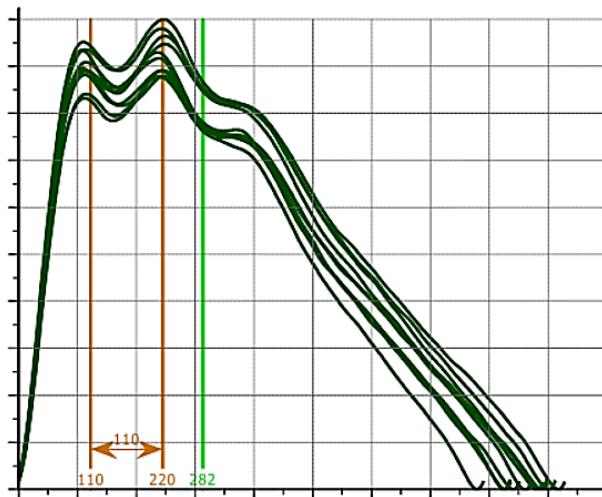


Рис. 3. Фотоплазмограмма студента с пульсовой волной в виде петушиного гребня (19 лет, (PV-type – A25: B25: C50), жесткость сосудистой стенки ( $Alp = 3,1\%$ )

Примечание: составлено автором.

Полученные результаты позволяют констатировать, что жесткость артерий и раннее ремоделирование сосудистой стенки тесно связаны и представляют собой важные факторы, влияющие на характер пульсовых волн. В данном контексте оценка биологического возраста, жесткости артерий и характеристик пульсовой волны может выступать в качестве информативного инструментария для диагностики сердечно-сосудистого риска и принятия мер, позволяющих предупредить развитие серьезных кардиоваскулярных патологий в будущем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой системы обучающихся методом фотоплазмографии указывают на наличие определенных нарушений в функционировании ССЗ обследованных, наиболее значимыми среди которых явились генерируемые пульсовые волны. На плазмограммах 43,37% студентов были выявлены комбинированные типы пульсовых волн (ABC и BC) в разных процентных соотношениях, свидетельствующие о начале ремоделирования стенок сосудов артериального русла, обусловленного увеличением жесткости артерий. Были выявлены статистически значимые ( $p \leq 0,05$ ) гендерные отличия: жесткость артериальной стенки у юношей ( $Alp = -9,35 \pm 0,47$ ) был в 1,24 раза выше, чем у девушек ( $Alp = -11,64 \pm 0,65$ ).

Основной причиной данных изменений может быть синдром раннего старения (Early Vascular Aging in Hypertension, EVA), по показателям которого юноши имели статистически значимые более выраженные показатели. Отклонения от возрастной нормы в когорте девушек составило  $12,07 \pm 0,91$  лет, у юношей –  $20,31 \pm 0,12$  года ( $p = 0,000001$ ). Изменения в сосудах были обнаружены у большей части обследованных, наиболее выраженным среди них ока-

зался показатель биологического возраста сосудов AGI. Полученные результаты подтверждают высокую диагностическую ценность определения биологического возраста сосудов, их жесткости и типа генери-

руемых пульсовых волн для прогноза кардиоваскулярного риска и принятия превентивных мер, направленных на предупреждение развития серьезных сердечно-сосудистых патологий в будущем.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Сердечно-сосудистые заболевания // Всемирная организация здравоохранения : офиц. сайт. URL: [https://www.who.int/ru/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab\\_1](https://www.who.int/ru/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1) (дата обращения: 01.11.2025).
- ВОЗ: каждый год в мире умирает от сердечно-сосудистых заболеваний 17,9 млн человек. URL: <https://www.vshouz.ru/news/analitika/wcs-19279/> (дата обращения: 01.11.2025).
- Преждевременная смертность от сердечно-сосудистых заболеваний: тревожная статистика // Всемирная организация здравоохранения : офиц. сайт. URL: <https://www.who.int/europe/ru/news/item/15-05-2024-cardiovascular-diseases-kill-10-000-people-in-the-who-european-region-every-day--with-men-dying-more-frequently-than-women> (дата обращения: 01.11.2025).
- Трунина И. И., Буланова Н. А., Щелыкалина С. П. и др. Распространенность факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний у детей и подростков по данным центров здоровья // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2021. Т. 66, № 2. С. 69–77. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2021-66-2-69-77>.
- Kolt G. S. A focus on children and adolescents in sport // Journal of Science and Medicine in Sport. 2011. Vol. 14, no. 1. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.11.001>.
- Шайхелисламова М. В., Дикопольская Н. Б., Билалова Г. А. и др. Физиологические особенности полового созревания детей в условиях повышенных физических нагрузок // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97, № 9. С. 864–868. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-9-864-868>.
- Осяк С. А., Соколова Е. В., Чистов Р. С. и др. Факторы, влияющие на здоровый образ жизни студентов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4.
- Терегулов Ю. Э., Терегулов А. Э. Жесткость артериальной системы как фактор риска сердечно-сосудистых осложнений: методы оценки // Практическая медицина. 2011. № 4. С. 133–137.
- Туктаров А. М., Филиппов А. Е., Обрезан А. А. и др. Возможности контурного анализа пульсовой волны в диагностике раннего сосудистого старения // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2020. Т. 16, № 3. С. 356–362. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2020-06-15>.
- Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации // Российский кардиологический журнал. 2018. № 6. С. 7–122. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-7-122>.
- Яхонтов Д. А., Останина Ю. О. Синдром раннего сосудистого старения у больных артериальной гипертонией в сочетании с ишемической болезнью сердца молодого и среднего возраста // Медицинский алфавит. 2018. Т. 1, № 3. С. 33–36.
- Бурко Н. В., Авдеева И. В., Олейников В. Э. и др. Концепция раннего сосудистого старения // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2019. Т. 15, № 5. С. 742–749. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2019-15-5-742-749>.
- Лущик М. В., Макеева А. В., Остроухова О. Н. и др. Применение фотоплетизмографии для оценки состояния микроциркуляторного русла в качестве метода диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы // Вестник новых медицинских технологий. 2022. № 3. С. 91–95. <https://doi.org/10.24412/1609-2163-2022-3-91-95>.

## REFERENCES

- Cardiovascular diseases. World Health Organization. URL: [https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1) (accessed: 01.11.2025). (In Russ.).
- VOZ: kazhdyy god v mire umiraet ot serdechno-sosudistyk zabolevaniy 17,9 mln chelovek. URL: <https://www.vshouz.ru/news/analitika/wcs-19279/> (accessed: 01.11.2025). (In Russ.).
- Dying early from cardiovascular diseases: alarming statistics. World Health Organization. URL: <https://www.who.int/europe/news/item/15-05-2024-cardiovascular-diseases-kill-10-000-people-in-the-who-european-region-every-day--with-men-dying-more-frequently-than-women> (accessed: 01.11.2025). (In Russ.).
- Trunina I. I., Bulanova N. A., Shchelykalina S. P. et al. Prevalence of risk factors of cardiovascular diseases in children and adolescents based on the data from health centers. *Rossiyskii Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2021;66(2):69–77. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2021-66-2-69-77>. (In Russ.).
- Kolt G. S. A focus on children and adolescents in sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2011;14(1). <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.11.001>.
- Shaikhislamova M. V., Dikopolskaya N. B., Bilalova G. A. et al. Physiological features of puberty of children in conditions of increased physical loads. *Hygiene and Sanitation*. 2018;97(9):864–868. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-9-864-868>. (In Russ.).
- Osyak S. A., Sokolova E. V., Chistov R. S. et al. The factors affecting students' healthy lifestyle. *Modern Problems of Science and Education*. 2014;(4). (In Russ.).
- Teregulov Y. E., Teregulov A. E. The rigidity of the arterial system as a risk factor for cardiovascular events: Methods of assessment. *Prakticheskaya meditsina*. 2011;(4):133–137. (In Russ.).
- Tuktarov A. M., Filippov A. E., Obrezan A. A. et al. Possibilities of pulse wave contour analysis in diagnostics of early vascular aging. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2020;16(3):356–362. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2020-06-15>. (In Russ.).
- Cardiovascular prevention 2017. National guidelines. *Russian Journal of Cardiology*. 2018;(6):7–122. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-7-122>. (In Russ.).
- Yakhontov D. A., Ostanina J. O. Early vascular aging syndrome in young and middle age patients with hypertension and coronary artery disease. *Medical Alphabet*. 2018;1(3):33–36. (In Russ.).
- Burko N. V., Avdeeva I. V., Oleynikov V. E. et al. The concept of early vascular aging. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2019;15(5):742–749. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2019-15-5-742-749>. (In Russ.).
- Lushchik M. V., Makeeva A. V., Ostroukhova O. N. et al. Primenenie fotopletizmografii dlya otsenki sostoyaniya mikrotsirkulyatornogo rusla v kachestve metoda diagnostiki zabolevaniy serdechno-sosudistoy sistemy. *Journal of New Medical Technologies*. 2022;(3):91–95. <https://doi.org/10.24412/1609-2163-2022-3-91-95>. (In Russ.).
- Mizeva I. A., Dumler A. A., Muravyev N. G. Peculiarities of pulse wave in patients at peripheral arterial occlusive disease. *Russian Journal of Biomechanics*. 2012;16(2):83–94. (In Russ.).
- Laurent S., Cockcroft J., Van Bortel L. et al. Expert consensus document on arterial stiffness: Methodological issues and clinical applications. *European Heart Journal*. 2006;27:2588–2605. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehl254>.

14. Мизева И. А., Думлер А. А., Муравьев Н. Г. Особенности пульсовой волны при хронической артериальной недостаточности нижних конечностей // Российский журнал биомеханики. 2012. Т. 16, № 2. С. 83–94.
15. Laurent S., Cockcroft J., Van Bortel L. et al. Expert consensus document on arterial stiffness: Methodological issues and clinical applications // European Heart Journal. 2006. Vol. 27. P. 2588–2605. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehl254>.
16. Nichols W. W., O'Rourke M. F. McDonald's Blood Flow in Arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles. 5th ed. UK: Hodder Education Publishers, 2005. 616 p.
17. Nilsson P. M. Early vascular aging in hypertension // Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2020. Vol. 7. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.00006>.
18. Nilsson P. M., Lurbe E., Laurent S. The early life origins of vascular ageing and cardiovascular risk: The EVA syndrome // Journal of Hypertension. 2008. Vol. 26. P. 1049–1057. <https://doi.org/10.1097/jjh.0b013e3282f82c3e>.
19. Coimbra B. M., Carvalho C. M., Moretti P. N. et al. Stress-related telomere length in children: A systematic review // Journal of Psychiatric Research. 2017. Vol. 92. P. 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2017.03.023>.
20. Doyon A., Kracht D., Bayazit A. K. et al. Carotid artery intima-media thickness and distensibility in children and adolescents // Hypertension. 2013. Vol. 62. P. 550–556.
21. Tesauro M., Mauriello A., Rovella V. et al. Arterial ageing: From endothelial dysfunction to vascular calcification // Journal of Internal Medicine. 2017. Vol. 281, no. 5. P. 471–482.
22. Мальков О. А., Говорухина А. А., Мальцов 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>.
23. Говорухина А. А., Новоселова А. А., Мальков О. А. Состояние регуляторных механизмов и параметры сосудистого русла студентов первого курса северного вуза с разным уровнем адаптационных резервов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 5. С. 49–62.
16. Nichols W. W., O'Rourke M. F. McDonald's Blood Flow in Arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles. 5th ed. UK: Hodder Education Publishers; 2005. 616 p.
17. Nilsson P. M. Early vascular aging in hypertension. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2020;7. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.00006>.
18. Nilsson P. M., Lurbe E., Laurent S. The early life origins of vascular ageing and cardiovascular risk: The EVA syndrome. *Journal of Hypertension*. 2008;26:1049–1057. <https://doi.org/10.1097/jjh.0b013e3282f82c3e>.
19. Coimbra B. M., Carvalho C. M., Moretti P. N. et al. Stress-related telomere length in children: A systematic review. *Journal of Psychiatric Research*. 2017;92:47–54. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2017.03.023>.
20. Doyon A., Kracht D., Bayazit A. K. et al. Carotid artery intima-media thickness and distensibility in children and adolescents. *Hypertension*. 2013;62:550–556.
21. Tesauro M., Mauriello A., Rovella V., et al. Arterial ageing: From endothelial dysfunction to vascular calcification. *Journal of Internal Medicine*. 2017;281(5):471–482.
22. 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>. (In Russ.).
23. Govorukhina A. A., Novoselova A. A., Malkov O. A. State of regulatory mechanisms and vascular parameters of first year students of northern university with different level of adaptation reserves. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(5):49–62. (In Russ.).

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Э. Э. Ибрагимова** – кандидат биологических наук, доцент;  
evelina\_biol@mail.ru

**ABOUT THE AUTHOR**

**E. E. Ibragimova** – Candidate of Sciences (Biology), Docent;  
evelina\_biol@mail.ru