

УДК 612.821

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-102-112

КАПИЛЛЯРОСКОПИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИНДЕКСА СТРЕССА У ОБУЧАЮЩИХСЯ

Ибрагимова Э. Э.

*ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,
Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: evelina_biol@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования психофизиологического состояния студенток первого курса на основании оценки уровня стресса и состояния периферического кровообращения при напряжении регуляторных механизмов нервной системы, обусловленных как учебными нагрузками, так и завершающими этапами физиологического созревания организма. Установлено, что у большей части обследованных девушек (56,2 %) отмечалось напряжение регуляторных механизмов, проявляющееся в увеличении индекса стресса в сравнении с референтными значениями. Обнаружено, что при повышенных показателях индекса стресса увеличивается частота изменений периферического кровообращения, диагностируемая на основании биомикроскопии эпонихия ногтевого ложа и проявляющаяся в изменении морфологии капилляров.

Ключевые слова: фотоплетизмография, капилляроскопия, студентки, капилляры, индекс стресса, регуляторные механизмы.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема взаимосвязи учебного процесса и индивидуальных психофизиологических параметров обучающегося с каждым десятилетием приобретают большую актуальность, обусловленную снижением уровня здоровья детей, подростков и студенческой молодежи [1, 2]. Данная проблема требует серьезной научной проработки, выявлению причин и факторов, обуславливающих негативную тенденцию и поиск ее решения [3]. Причины, приводящие к снижению уровня здоровья и, как следствие, качеству жизни многообразны. В данной связи важно понять какие именно факторы в процессе обучения могут негативно отражаться на психофизиологическом состоянии обучающихся. На наш взгляд, их можно разделить на две основные категории: физиологические и социальные (рис. 1). Как видно из представленной блок-схемы, учебные нагрузки, межличностные взаимоотношения участников образовательного процесса, несоблюдение режима отдыха, питания, элементарных правил здорового образа жизни могут привести к напряженному эмоциональному состоянию и психологическому прессингу, провоцирующему напряжение регуляторных систем организма обучающегося и развитие стрессовой ситуации [4, 5]. Стресс обуславливает физиологический дисбаланс между адренергическими и холинергическими системами, приводящий к

расстройством или срывом адаптации, негативно отражающимся на функционировании нервной, иммунной и эндокринной систем и последующему риску развития различных заболеваний [2, 6]. Это подтверждается данными ряда исследователей, отмечающими рост заболеваемости обучающихся по мере перехода от одной ступени образования к последующей [1, 7, 8].

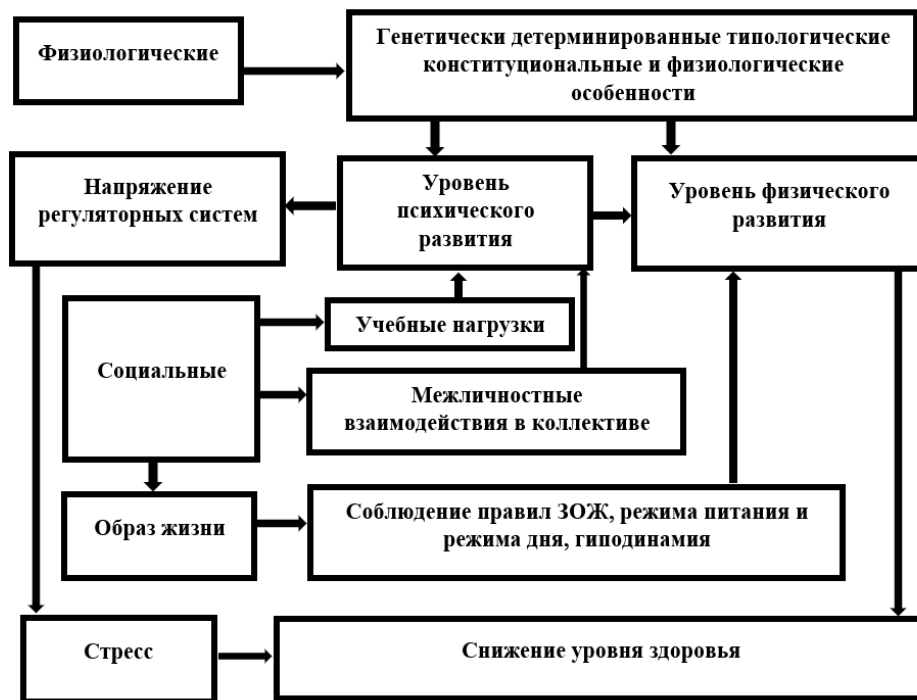


Рис. 1. Блок-схема особенностей взаимодействия и взаимовлияния физиологических и социальных факторов в образовательном процессе.

Учитывая вышеизложенное, можно прийти к заключению, что мониторинговые исследования функционального состояния обучающихся имеют важное значение, так как позволяют выявить скрытые преморбидные состояния и принять соответствующие меры для предупреждения серьезных психофизиологических нарушений. В данном контексте весьма перспективны неинвазивные методы диагностики функционального состояния, позволяющие без внедрения в организм получить объективную и достоверную информацию о его состоянии [9]. В этой связи **цель настоящего исследования** заключалась в оценке психофизиологического состояния студентов 1 курса на основании оценки индекса стресса и показателей состояния микроциркуляторного русла. Выбор обучающихся 1 курса обусловлен тем, что данная категория молодых людей наиболее уязвима к негативному влиянию учебных нагрузок [10], для них характерен сложный период адаптации к новым условиям и требованиям высшей школы [2, 3, 5, 6, 8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании, проведенном в межсессионный период, приняли участие 32 студентки первого курса факультета психологии и педагогического образования. Согласно принципам Хельсинской декларации обследуемые были проинформированы о цели и задачах исследования и согласились на участие в нем. Уровень стресса у обследуемых первокурсниц определяли на диагностическом приборе «АнгиоСкан-01П» (Россия), позволяющем на основе пальцевой фотоплетизмографии определить ряд показателей сердечно-сосудистой системы (ССС), включая индекс стресса (ИС), имеющий важное практическое значение в выявлении [11] и ранней диагностике сердечно-сосудистых нарушений [12]. Данный показатель отражает вариабельность сердечного ритма и состояние центров регуляции ССС [11]. В норме ИС = 50–150, при физических нагрузках, хронической усталости, возрастных изменениях отмечается увеличение данного показателя от 150 до 500. При заболеваниях ССС, психофизиологическом переутомлении (стрессе), ИС может достигать 900, а более высокие показатели (ИС > 900) сигнализируют о нарушении регуляторных механизмов или являются предикторами серьезных нарушений ССС [13]. Запись фотоплетизмограммы первокурсниц проводили в положении сидя в расслабленном состоянии, с закрытыми глазами путем наложения аппарата на дистальную фалангу указательного пальца, время записи – 5 минут.

Периферическое кровообращение изучали путем капилляроскопии эпонихия ногтевого ложа *in vivo*. Сущность данного неинвазивного метода диагностики микроциркуляторного русла проксимального отдела ногтевого ложа заключается в том, что проходящий под прямым углом свет позволяет увидеть капилляры сосочкового слоя дермы, оценить их морфологию, выявить нарушения. Для более качественной визуализации архитектоники капилляров на область эпонихия наносили тонкий слой иммерсионного масла, способствующего увеличению прозрачности и снижению отражения [14]. Оценка состояния капилляров эпонихия проводили *in vivo* на микроскопе Bresser (200x) с видеокамерой. В соответствии с рекомендациями [14, 15], перед проведением диагностики все испытуемые на протяжении 20–25 минут отдыхали и не занимались никакой деятельностью, также всем участникам исследования было рекомендовано воздержаться от употребления никотин- и кофеин-содержащих продуктов за сутки перед исследованием. Девушки, которые в последние две недели проводили косметические манипуляции с ногтями, затрагивающими эпонихий ногтевого ложа, к исследованию не допускались. При проведении неинвазивной диагностики обследуемые находились в положении сидя с закрытыми глазами в помещении с температурой воздуха 22,5–24 °С с расположением левой руки на уровне сердца [14, 15]. Капилляроскопию осуществляли на 4-х пальцах (II, III, IV, V).

Характер распределения полученных экспериментальных данных осуществляли при помощи критерия Шапиро-Уилка. Результаты оценки индекса стресса представляли как среднее \pm стандартное отклонение ($M \pm \sigma$), значимость отличий которых устанавливали при помощи t-критерия Стьюдента. В качестве

критического уровня значимости (p) при анализе статистических гипотез принимали значение меньше 0,05.

Оценку достоверности полученных данных капилляроскопии осуществляли с использованием непараметрического φ^* -критерия углового преобразования Фишера, позволяющего анализировать не только количественные показатели, но и качественные признаки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования позволили установить напряженность регуляторных систем испытуемых девушек, что подтверждается показателями индекса стресса, превышающими пороговые значения нормы, в частности, величина среднего значения показателя индекса стресса составила $194,6 \pm 22,7$. При анализе полученных показателей были обнаружены внутригрупповые отличия, согласно которым обследуемые были условно разделены на три группы. К первой группе были причислены девушки (15,6 %) с ИС < 50 , средняя величина составила $36 \pm 4,7$. Вторая группа – девушки, с показателем ИС соответствующим норме (28,1 %) – $92,5 \pm 11,7$. Самой многочисленной оказалась группа (56,2 %), в которую вошли девушки с показателями индекса стресса, превышающими референтные значения нормы – ИС = $283,4 \pm 18,1$ (рис. 2).

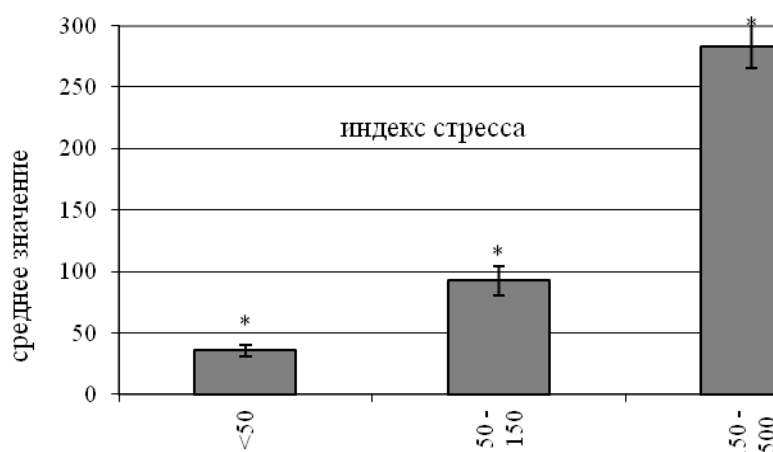


Рис. 2. Внутригрупповое распределение значений показателя индекса стресса в обследованной группе первокурсниц ($n = 32$, $p < 0,05$).

Полученные данные свидетельствуют, что большая часть обследованных первокурсниц характеризуются напряжением регуляторных механизмов, одной из возможных причин которых может быть эмоциональное и психическое напряжение, переутомление, обусловленное учебными нагрузками, сменой привычного уклада жизни и сложившихся стереотипов. Это подтверждается тем, что идет сложный процесс адаптации к новым условиям и требованиям образовательного процесса,

кроме того, многие современные студенты совмещают учебу с работой. Также важно учитывать и физиологические аспекты, связанные с завершением сложной гормональной перестройки и ростовых процессов, характерных для данного возрастного периода [16]. У 15,6 % обследованных девушек были выявлены низкие показатели индекса стресса, что может быть следствием определенных изменений ССС, обусловленных напряжением контролирующей ее деятельность регуляторных механизмов. В этой связи диагностику состояния ССС обследованных первокурсниц проводили на основе исследования микроциркуляторного русла. П. В. Бережанский с соавторами отмечает, что проксимальный ногтевой валик, являясь акральной областью, в первую очередь и в максимальной степени подвержен негативному влиянию при поражении микроциркуляторного русла [14].

Периферическое кровообращение исследовали *in vivo* путем микроскопирования эпонихия ногтевого ложа. На капиллярограмме эпонихия ногтевого ложа определяли ряд параметров морфологии капилляров (степень извитости и полиморфизм), плотность их расположения, наличие аваскулярных островков. Визуализацию капилляров ногтевого ложа осуществляли при увеличении (200х).

Результаты проведенного капилляроскопического исследования позволили при анализе капиллярограмм первокурсниц обнаружить некоторые изменения в них. В частности, у 21,9 % ($n = 7$) были выявлены морфологические изменения архитектоники капилляров (рис. 3).

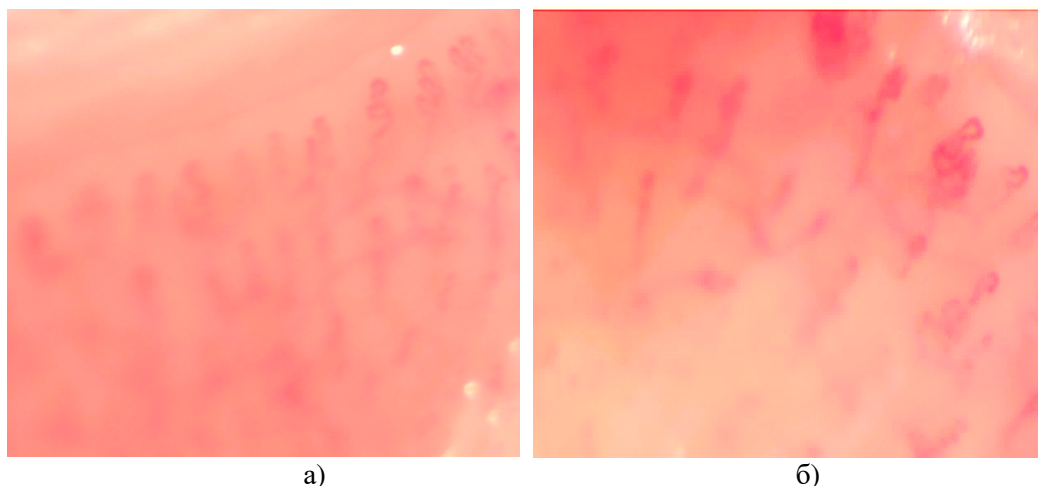


Рис. 3. Капиллярограммы обследованных первокурсниц с измененной архитектоникой капилляров.

В норме капилляры ногтевого ложа имеют дугообразную U-форму, напоминающую перевернутую шпильку. В капилляре различают более узкую артериальную ветвь и более расширенную – венозную. При негативных изменениях микроциркуляторного русла, нарушении перфузии, отмечается изменение морфологии капилляров, которые могут приобретать нехарактерный для них вид.

Как видно на представленных капиллярограммах испытуемых капилляры приобретают форму закрученных петель, отмечается их деформация (рис. 3а). Также были выявлены такие нарушения как неравномерное и непараллельное расположение капилляров с наличием аваскулярных зон, экстравазатов (рис. 3б).

При анализе капилляров ногтевого ложа дистальных фаланг пальцев было обнаружено, что изменения в капиллярах могут отмечаться не на всех пальцах. В частности, у 46,9 % обследованных девушек изменения отмечались не на всех пальцах (только в 1, 2 или 3 пальцах). По-видимому, эти изменения являются предикторами скрытых доклинических нарушений ССС. Е.С. Крутиков отмечает, что изменения в капиллярах имеют важное диагностическое значение, так как их можно идентифицировать на ранних стадиях (когда они носят преимущественно функциональный характер) и трудны в обнаружении другими распространенными методами [17]. Установлено, что наиболее точную морфологическую оценку получают при изучении ногтевого ложа IV и V пальцев благодаря наибольшей прозрачности кожи и наименьшей склонности к повседневным травмам [14].

При оценке морфологии капилляров было установлено, что частота встречаемости капилляров с измененной структурой была выше в 2,7 раза ($p < 0,05$, $\phi^*_{эмп} = 1,99$; $\phi^*_{крит.} = 1,64$) в группе девушек с высокими показателями индекса стресса (ИС = 180 – 413). Для них были характерны извитые капилляры, а также наличие аваскулярных участков. Экстравазаты были обнаружены у двух девушек с ИС = 36 и ИС = 125. Таким образом, частота встречаемости капиллярограмм с морфологическими изменениями оказалась более высокой среди первокурсниц с показателями индекса стресса выше нормы ($p < 0,05$). Следовательно, при стрессовых ситуациях включается сложная программа нейрофизиологических изменений, отражающихся на состоянии капилляров и микроциркуляции.

В работах зарубежных исследователей установлено, что ответной реакцией центральной нервной системы на стресс является сложная неокортикальная и лимбическая консолидированная работа, обеспечивающая активацию норадренергических нейронов стволовой части мозга и связанного со стрессом котрансммиттера норадреналина – нейропептида Y (NPY), локализованного в везикулах пресинаптических окончаний симпатической ветви нервной системы. G Fried с соавторами отмечает [18], что в мелких везикулах норадренергических нейронов содержится норадреналин, в крупных – норадреналин с NPY. Установлено, что NPY совместно с норадреналином участвует в регуляции артериального давления [19]. Стресс инициирует активный выход норадреналина и NPY, которые могут оказывать выраженное негативное влияние на ССС, проявляющееся в микрососудистой дисфункции или повреждении эпикарда [20]. Таким образом, капилляры являются первичной физиологической мишенью при действии различных негативных факторов, включая стресс. Реакция мельчайших сосудов ССС проявляется в изменении их функционального статуса и последующей морфологической перестройке, что в свою очередь может негативно отразиться на обменных процессах, приводящих к нарушениям метаболизма на клеточном, тканевом и органном уровне. Следовательно, структурная перестройка капилляров является предиктором негативных физиологических изменений, которые в

последствии могут привести к серьезным физиологическим нарушениям и манифестации заболеваний различной этиологии.

При проведении пальцевой фотоплетизмографии у 3 студенток была выявлена низкая сатурация крови – от 85 до 91 % (при физиологической норме > 95 %). У всех девушек имелись определенные изменения капиллярограмм (1 – на II, IV и V пальцах; 2 – на III и V пальцах; 3 – IV и V соответственно). Были обнаружены извитые капилляры, а также незначительные аваскулярные зоны, то есть участки с отсутствием 2 и более последовательных капилляров, которые согласно Bernardino V. et al. являются результатом тканевой гипоксии [21]. Как отмечает Чеснокова Н. П. с соавторами при стрессорных ситуациях может развиваться циркуляторная (сердечно-сосудистая, гемодинамическая) гипоксия причиной которой является абсолютная недостаточность кровообращения или относительная при резком возрастании потребности тканей в кислородном обеспечении [22].

Таким образом, изменения морфологии, расположения и размеров капилляров могут использоваться в качестве экспресс-тестов при скрининге уровня здоровья обучающихся. Капилляроскопия позволяет определить общее состояние микроциркуляторного русла в организме и выявить функциональные нарушения, а также скрытые или начальные стадии заболеваний, что позволит принять соответствующие меры по предупреждению срывов адаптации и риску развития заболеваний.

Очевидно, что изучение особенностей периферического кровообращения должно осуществляться с исследованием состояния и функционирования крупных сосудов ССС, что ляжет в основу наших дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенная оценка индекса стресса первокурсниц методом фотоплетизмографии позволила установить средние значения показателя – $194,6 \pm 22,7$, превышающие норму (ИС = 50 – 150).
2. Обнаружены внутригрупповые различия обследованных девушек по значениям ИС, позволившие распределить их на три группы: 1. ИС < 50 (15,6 %), 2. ИС соответствующим норме (28,1 %); 3. ИС превышающий референтные значения нормы (56,2%).
3. Капилляроскопия эпонихия ногтевого ложа позволила обнаружить у 21,9 % обследованных девушек морфологические изменения архитектоники капилляров, в частности, на капиллярограммах визуализировались капилляры в виде закрученных петель с деформациями. Обнаружено их неравномерное и непараллельное расположение в коже, наличие аваскулярных зон и экстравазатов.
4. Измененные капилляры были обнаружены не на всех пальцах, у 46,9 % обследованных девушек изменения были обнаружены только в 1, 2 или 3 пальцах что может свидетельствовать о начале развития скрытых доклинических нарушений сердечно-сосудистой системы.
5. В ходе исследования было обнаружено, что морфологические изменения капилляров чаще визуализировались на капиллярограммах девушек с высокими

показателями индекса стресса (ИС = 180 – 413) в сравнении с их сверстницами из других групп ($p < 0,05$).

6. Показано, что стрессовые ситуации, сопровождающие образовательный процесс первокурсников, могут являться одной из причин старта сложных нейрофизиологических процессов, отражающихся на состоянии капилляров и микроциркуляции.
7. Высказано предположение, что для более объективной оценки особенностей влияния стресса на обучающихся желательнее исследовать состояние крупных магистральных сосудов и особенности гемодинамики.
8. Предложено использовать методы оценки состояния микроциркуляторного русла в качестве экспресс-метода для оценки функционального состояния организма обучающихся и выявления скрытых доклинических нарушений в нем.

Список литературы

1. Улумбекова Г. Э. Показатели здоровья детей и подростков в России и мощности педиатрической службы / Г. Э. Улумбекова, А. В. Калашникова, А. В. Мокляченко // Вестник ВШОУЗ. – 2016. – № 3–4. – С. 18–33.
2. Михайлова С. В. Оценка состояния здоровья современных студентов / С. В. Михайлова, Л. М. Жизнина, С. В. Волкова, Н. В. Бусарова, Е. Ф. Малафеева // Здоровье и образования в XXI веке. – 2016. – С. 494–497.
3. Айзман Р. И. Здоровье педагогов и обучающихся – ключевая задача современной школы / Р. И. Айзман // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2012. – № 3 (7). – С. 24–35.
4. Юматов Е. А. Экзаменационный эмоциональный стресс у студентов / Е. А. Юматов, В. А. Кузьменко, В. И. Бадиков и др. // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 2. – С. 104–111.
5. Ибрагимова Э. Э. Оценка регуляторных механизмов вегетативной нервной системы обучающихся на основе гемодинамических показателей и состояния сосудов / Э. Э. Ибрагимова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. – 2019. – Том 5 (71), № 4. – С. 85–94.
6. Кеберле С. П. Оценка состояния здоровья студентов в современных условиях обучения. / Кеберле С. П. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://s.eduherald.ru/pdf/2019/1/19531.pdf>.
7. Сабгайда Т. Б. Изменение заболеваемости российских детей, подростков и взрослого населения болезнями основных классов в постсоветский период / Т. П. Сабгайда, О. Б. Окунев // Социальные аспекты здоровья населения. – 2012. – №1 (23). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/383/30/>.
8. Яцун С. М. Анализ динамики заболеваемости и состояния здоровья студентов Курского государственного университета / С. М. Яцун, Н. А. Князева, Н. В. Лунева, И. А. Соколова // Научный результат. Медицина и фармация. – 2017. – Т. 3, № 3. – С. 57–64.
9. Богатырева Ф. М. Оценка структурного и функционального состояния сосудов у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией / Ф. М. Богатырева, В. Ю. Каплунова, М. В. Кожевникова, Г. А. Шакарьянц, Н. В. Хабарова, Е. В. Привалова и др. // Кардиология. – 2021. – № 61(12). – С. 16–21.
10. Ибрагимова Э. Э. Экспресс-мониторинг состояния здоровья студенческой молодежи / Э. Э. Ибрагимова, З. А. Якубова // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2015. – Том 1 (67), № 1. – С. 36–44.
11. Татаренко Д. П. Оценка индекса стресса у пациентов разных возрастных категорий / Д. П. Татаренко // SCI-ARTICLE.RU. – Электронный периодический научный журнал. – 2016. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1477492045>.

12. Говорухина А. А. Состояние сосудов как один из критериев адаптации организма в условиях Севера / А. А. Говорухина, О. А. Мальков, А. А. Новоселова // *Здоровье и образование в XXI веке. – Электронный научно-образовательный вестник. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/sostoyanie-sosudov-kak-odin-iz-kriteriev-adaptatsii-organizma-v-usloviyah-severa>.*
13. Уровень стресса. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.angioscan.ru/ru/measured-parameters>.
14. Бережанский П. В. Капилляроскопия ногтевого ложа / П. В. Бережанский, Т. И. Юшина, Т. А. Гутырчик, А. Б. Малахов, А. Н. Шапиев, Н. А. Гутырчик, Ю. В. Векшина, Н. Д. Дустбабаева // *Практика педиатра. – 2023. – № 1. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medi.ru/pp/2023/01/27789/>.*
15. Grover C. Nail-fold capillaroscopy for the dermatologists / C. Grover, D. Jakhar, A. Mishra, A. Singal // *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology. – 2022. – Vol. 88. – P. 300–312.*
16. Кругликова Е. В. Годовая динамика параметров физического развития юношей и девушек 18 и 19 лет / Е. В. Кругликова, Е. А. Чанчаева, Е. С. Сулимова // *Сибирский научный медицинский журнал. – 2022. – № 42 (2). – С. 25–32*
17. Крутиков Е. С. Изменение показателей капилляроскопии у больных сахарным диабетом 1-го типа при развитии хронических осложнений / Е. С. Крутиков, В. А. Житова, М. С. Крутикова // *Міжнародний ендокринологічний журнал. – 2014. – № 2 (58). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mif-ua.com/archive/article/38313>.*
18. Fried G. Evidence for differential localization of noradrenaline and neuropeptide Y in neuronal storage vesicles isolated from rat vas deferens / G. Fried, L. Terenius, T. Hokfelt, M. Goldstein // *Journal of Neuroscience. – 1985. – Vol. 5 (2). – P. 450–458.*
19. Jacqueline A. Hastings NPY and NPY Y1 receptor effects on noradrenaline overflow from the rat brain in vitro / Jacqueline A Hastings, Margaret J Morris, Gavin Lambert, Elisabeth Lambert, Murray Esler // *Regulatory Peptides. – 2004. – Vol. 120, Issues 1–3. – P. 107–112.*
20. Wittstein I. S Neurohumoral features of myocardial stunning due to sudden emotional stress / I. S. Wittstein, D. R. Thiemann et al. // *The New England Journal of Medicine. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://europepmc.org/article/med/15703419>.*
21. Bernardino V. The Impact of Nailfold Capillaroscopy in the Approach of Microcirculation / Bernardino V. et al. // *Vascular Biology – Selection of Mechanisms and Clinical Applications. – 2019. <https://www.intechopen.com/chapters/70549>.*
22. Чеснокова Н. П. Лекция 10. Гипоксии: виды, этиология, патогенез / Н. П. Чеснокова, Г. Е. Бриль, Н. В. Полутова, М. Н. Бизенкова // *Научное обозрение. Медицинские науки. – 2017. – № 2. – С. 53–55.*

CAPILLAROSCOPIC PARAMETERS OF STRESS INDEX IN STUDENTS

Ibragimova E. E.

***State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Republic of Crimea “Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov”, Simferopol, Russia
E-mail: evelina_biol@mail.ru***

The article presents the results of a study of the psychophysiological state of first-year female students based on the assessment of stress levels and the state of peripheral circulation under the stress of the regulatory mechanisms of the nervous system caused by both academic workload and the final stages of physiological maturation of the body. It was found that the majority of the examined girls (56,2 %) showed tension of the regulatory mechanisms, manifested in an increase in the stress index in comparison with

the reference values. It was found that with increased stress index values, the frequency of changes in peripheral circulation increases, which is diagnosed on the basis of nail bed biomicroscopy and manifested in a change in capillary morphology.

The conducted assessment of the stress index of first-year students by photoplethysmography made it possible to establish the average values of the indicator – $194,6 \pm 22,7$, exceeding the norm (SI = 50 – 150).

Intragroup differences in the examined girls were found in the SI values, which made it possible to divide them into three groups: 1. SI < 50 (15,6 %), 2. SI corresponding to the norm (28.1 %); 3. SI exceeding the reference values of the norm (56,2 %).

Capillaroscopy of the eponychium of the nail bed revealed morphological changes in the architecture of the capillaries in 21,9 % of the examined girls, in particular, capillaries in the form of twisted loops with deformations were visualized on the capillarograms. Their uneven and non-parallel arrangement in the skin, the presence of avascular zones and extravasates were found.

The altered capillaries were not found on all fingers, in 46.9 % of the examined girls, the changes were found only in 1, 2 or 3 fingers, which may indicate the beginning of the development of latent preclinical disorders of the cardiovascular system.

During the study, it was found that morphological changes in the capillaries were more often visualized on the capillarograms of girls with high stress index values (SI = 180 – 413) in comparison with their peers from other groups ($p < 0,05$).

It is shown that stressful situations accompanying the educational process of freshmen can be one of the reasons for the start of complex neurophysiological processes, which are reflected in the state of capillaries and microcirculation.

It was suggested that for a more objective assessment of the characteristics of the influence of stress on students, it is advisable to study the state of large main vessels and the features of hemodynamics.

It was proposed to use methods for assessing the state of the microcirculatory bed as an express method for assessing the functional state of the students' body and identifying latent preclinical disorders in it.

Keywords: photoplethysmography, capillaroscopy, students, capillaries, stress index, regulatory mechanisms.

References

1. Ulumbekova G. E., Kalashnikova A. V., Moklyachenko A. V. Health indicators of children and adolescents in Russia and the capacity of the pediatric service, *Journal Higher School of Healthcare Organization and Management (VSHOUZ)*, 3–4, 18 (2016).
2. Mikhailova S. V., Zhizenina L. M., Volkova S. V., Busarova N. V., Malafaeva E. F. Assessment of the health status of modern students, *Health and education in the 21st century*, 494 (2016).
3. Aizman R. I. The health of teachers and students is a key task of modern school, *Bulletin of the Novosibirsk State Pedagogical University*, 3 (7), 24 (2012).
4. Yumatov E. A., Kuzmenko V. A., Badikov V. I. et al. Examination emotional stress among students, *Human Physiology*, 27, 2, 104 (2001).
5. Ibragimova E. E. Assessment of regulatory mechanisms of the autonomic nervous system of students based on hemodynamic parameters and vascular condition, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Sociology. Pedagogy. Psychology*, 5 (71), 4, 85 (2019).

6. Keberle S. P. Assessment of the health status of students in modern learning conditions, URL: <https://s.eduherald.ru/pdf/2019/1/19531.pdf>.
7. Sabgaida T. B., Okunev O. B. Changes in the incidence of diseases of the main classes in Russian children, adolescents and adults in the post-Soviet period, *Social aspects of public health*, **1 (23)**, URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/383/30/>.
8. Yatsun S. M., Knyazeva N. A., Luneva N. V., Sokolova I. A. Analysis of the dynamics of morbidity and health status of students at Kursk State University, *Scientific result. Medicine and pharmacy*, **3, 3**, 57 (2017).
9. Bogatyreva F. M., Kaplunova V. Yu., Kozhevnikova M. V., Shakaryants G. A., Khabarova N. V., Privalova E. V. et al. Assessment of the structural and functional state of blood vessels in patients with hypertrophic cardiomyopathy, *Cardiology*, **61(12)**, 16 (2021).
10. Ibragimova E. E., Yakubova Z. A. Express monitoring of the health status of student youth, *Scientific notes of the Crimean Federal University. V. I. Vernadsky. Series "Biology, Chemistry"*, **1 (67)**, 1, 36 (2015).
11. Tatarenko D. P. Assessment of the stress index in patients of different age categories, *SCI-ARTICLE.RU*, Electronic periodical scientific journal, URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1477492045>, (2016).
12. Govorukhina A. A., Malkov O. A., Novoselova A. A. The state of blood vessels as one of the criteria for adaptation of the body in the conditions of the North, *Health and education in the 21st century*, Electronic scientific and educational bulletin, URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/sostoyanie-sosudov-kak-odin-iz-kriteriev-adaptatsii-organizma-v-usloviyah-severa>.
13. Stress level, URL: <https://www.angioscan.ru/ru/measured-parameters>.
14. Berezhansky P. V., Yushina T. I., Gutyrchik T. A., Malakhov A. B., Shapiev A. N., Gutyrchik N. A., Vekshina Yu. V., Dustbabaeva N. D. Capillaroscopy of the nail bed, *Pediatrician practice*, **1**, URL: <https://medi.ru/pp/2023/01/27789/>, (2023).
15. Grover C., Jakhar D., Mishra A., Singal A. Nail-fold capillaroscopy for the dermatologists, *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, **88**, 300 (2022).
16. Kruglikova E. V., Chanchaeva E. A., Sulimova E. S. Annual dynamics of parameters of physical development of boys and girls aged 18 and 19 years, *Siberian scientific medical journal*, **42 (2)**, 25 (2022).
17. Krutikov E. S., Zhitova V. A., Krutikova M. S. Changes in capillaroscopy parameters in patients with type 1 diabetes mellitus with the development of chronic complications, *International Journal of Endocrinology*, **2 (58)**, URL: <http://www.mif-ua.com/archive/article/38313> (2014).
18. Fried G., Terenius L., Hokfelt T., Goldstein M. Evidence for differential localization of noradrenaline and neuropeptide Y in neuronal storage vesicles isolated from rat vas deferens, *Journal of Neuroscience*, **5 (2)**, 450 (1985).
19. Jacqueline A. Hastings, Margaret J Morris, Gavin Lambert, Elisabeth Lambert, Murray Esler NPY and NPY Y₁ receptor effects on noradrenaline overflow from the rat brain in vitro, *Regulatory Peptides*, **120**, 1–3, 107 (2004).
20. Wittstein I. S., Thiemann D. R. et al. Neurohumoral features of myocardial stunning due to sudden emotional stress, *The New England Journal of Medicine*, URL: <https://europepmc.org/article/med/15703419>.
21. Bernardino V. et al. The Impact of Nailfold Capillaroscopy in the Approach of Microcirculation, *Vascular Biology – Selection of Mechanisms and Clinical Applications*, URL: <https://www.intechopen.com/chapters/70549> (2019).
22. Chesnokova N. P., Brill G. E., Polutova N. V., Bizenkova M. N. Lecture 10. Hypoxia: types, etiology, pathogenesis, *Scientific review. Medical Sciences*, **2**, 53 (2017).