

Комплексный психофизиологический подход к оценке адаптивных возможностей обучающихся подросткового возраста с различными типами вегетативной регуляции

Эдуард М. Казин^{a, ID1}; Лидия А. Варич^{a, @, ID2}; Ольга Л. Тарасова^{b, ID3}; Ольга Н. Четверик^c; Наталья Н. Кошко^{c, ID4}; Людмила В. Арлашева^d; Нина В. Немолочная^{a, ID5}

^a Кемеровский государственный университет, Россия, г. Кемерово

^b Кемеровский государственный медицинский университет, Россия, г. Кемерово

^c Кузбасский региональный центр психолого-педагогической, медицинской и социальной помощи «Здоровье и развитие личности», Россия, г. Кемерово

^d Старопестерёвская средняя школа, Россия, с. Старопестерёво

@ varich2002@mail.ru

ID1 <https://orcid.org/0000-0003-1462-5282>

ID2 <https://orcid.org/0000-0003-0855-6671>

ID3 <https://orcid.org/0000-0002-7992-645X>

ID4 <https://orcid.org/0000-0003-2225-7918>

ID5 <https://orcid.org/0000-0003-2843-4233>

Поступила в редакцию 17.02.2020. Принята к печати 28.04.2020.

Аннотация: С целью выявления взаимосвязи психосоциальной и физиологической адаптации подростков проанализированы типологические особенности психовегетативного, нейрофизиологического и эндокринного статусов 214 школьников обоего пола в возрасте 14–16 лет. Тип вегетативной регуляции определяли по данным кардиоритмографии. У подростков с симпатикотонией, ваготонией и эйтонией сравнивали показатели нейродинамики, эмоционального состояния, социально-психологической адаптации, а также содержание кортизола и тестостерона в слюне. Межсистемные взаимосвязи оценивали путем корреляционного анализа, на основании которого было установлено, что у подростков с преобладанием симпатических влияний отмечалась наибольшая степень сопряженности социально-психологических и вегетативных компонентов функциональной системы: по мере увеличения тревожности и проявлений социально-психологической дезадаптации усиливаются эрготропные влияния на сердечный ритм. У ваготоников было выявлено значительно меньшее общее количество корреляций, при этом проявлялась отчетливая взаимосвязь повышения уровня тревожности и усиления выраженности парасимпатических влияний. Подростки с эйтонией характеризовались меньшим количеством связей между показателями психологического, нейродинамического и вегетативного уровней по сравнению с представителями других типов вегетативной регуляции. На основании комплексной оценки полученных результатов у подростков были выделены типы адаптивных стратегий: трофотропный гипореактивный, характерный для ваготоников, особенно мальчиков с относительно высоким уровнем секреции стероидных гормонов; эрготропный гиперреактивный у симпатотоников, особенно у мальчиков с низким уровнем анаболических и катаболических стероидов и у девочек с относительно высоким содержанием тестостерона; сбалансированный, выявляемый у подростков с эйтонией. Полученные данные могут использоваться при создании педагогических условий для совершенствования адаптационных возможностей школьников, формирования и эффективной реализации индивидуального стиля деятельности и успешного обучения в подростковом периоде онтогенеза.

Ключевые слова: учебная деятельность, социально-психологическая адаптация, нейродинамические показатели, тревожность, кортизол, тестостерон, адаптивные стратегии, стили деятельности

Для цитирования: Казин Э. М., Варич Л. А., Тарасова О. Л., Четверик О. Н., Кошко Н. Н., Арлашева Л. В., Немолочная Н. В. Комплексный психофизиологический подход к оценке адаптивных возможностей обучающихся подросткового возраста с различными типами вегетативной регуляции // Вестник Кемеровского государственного университета. 2020. Т. 22. № 2. С. 444–454. DOI: <https://doi.org/10.21603/2078-8975-2020-22-2-444-454>

Введение

Подростковый возраст является одним из ключевых сенситивных периодов онтогенеза и личностного роста: с одной стороны, в этот период изменяется отношение ребенка

к самому себе и к окружающему миру, а с другой – формируются активные нейрогуморальные перестройки, сопровождающие биологическое созревание организма. При этом процесс самосознания и самоопределения формируется

на фоне все возрастающих учебных нагрузок и требований образовательной системы. Качественные изменения в процессе индивидуального развития сопровождаются напряжением адаптационных механизмов, что проявляется в повышенной уязвимости организма подростка. Нейроэндокринные перестройки, характерные для пубертатного периода онтогенеза, становятся стрессогенными факторами, обуславливающими специфические возрастные нейрофизиологические и психические реакции, и в сочетании с неблагоприятными средовыми воздействиями могут негативно влиять на показатели развития, адаптации и здоровья вплоть до возникновения психосоматических и психических расстройств [1–3].

Адаптивные процессы обеспечивает многоуровневая функциональная система, которая формируется во взаимодействии и взаимовлиянии психических, вегетативных и нейроэндокринных регуляторных механизмов. Общеизвестно, что адаптация, в том числе и к факторам образовательной среды, происходит за счет системных неспецифических и специфических механизмов – регулирующей деятельности центральной нервной системы (ЦНС) с широким вовлечением гуморальных факторов регуляции, выраженной вегетативной активацией и мобилизацией функциональных резервов организма [4]. Решение вопросов о причинах возникновения хронического психоэмоционального стресса обучающихся, анализ поведенческих и физиологических реакций, формирующихся у подростков в условиях обучения, требует учета их типологических особенностей, которые могут значительно модифицировать воздействия социально-педагогической среды [5; 6]. В качестве базового компонента функциональной системы психофизиологической адаптации рассматривают вегетативную нервную систему (ВНС), которая выполняет задачу поддержания оптимального уровня функционирования организма, адекватного текущей деятельности. Типологические особенности вегетативной регуляции, обусловленные балансом симпатического и парасимпатического отделов ВНС, являются устойчивой индивидуальной характеристикой, связанной с особенностями психоэмоциональной и когнитивной сферы, типом поведения в стрессовой ситуации, оказывающей влияние на формирование индивидуального стиля деятельности, эффективность и характер физиологических и психических процессов саморегуляции и в целом – на адаптационные возможности организма (в том числе и в отношении социальной адаптации) [7–9].

В целях выявления взаимосвязи психосоциальной и физиологической адаптации школьников нами проведено изучение особенностей психовегетативного, нейрофизиологического и эндокринного статуса старших подростков с учетом типа вегетативной регуляции.

Методы и материалы

Исследование основывалось на анализе совокупности показателей вегетативного, нейроэндокринного статуса, личностных и социальных качеств школьников старшего

подросткового возраста (14–16 лет) обоего пола, обучающихся в образовательных организациях Кемеровской области. Общее количество обследованных подростков составило 214 человек.

Характер вегетативной регуляции определяли на основе математического анализа variability сердечного ритма (ВСР) с помощью автоматизированной кардиоритмографической программы. Для оценки выраженности вагусных и симпатических влияний на сердечный ритм анализировали отдельные кардиоритмографические показатели в покое (r) и при ортопробе (t): мода (M_0 , с) – наиболее часто встречающиеся значения кардиоинтервалов; амплитуда моды (AM_0 , %) – выраженное в процентах число значений интервалов, соответствующих моде; вариационный размах ($MxDMn$, с) – разность между величиной наибольшего и наименьшего кардиоинтервалов; среднее квадратическое отклонение ($SDNN$, мс); среднеквадратичное различие между длительностью соседних R-R интервалов ($RMSSD$, мс); индекс напряжения регуляторных систем (ИН, усл. ед.) и др. [10; 11].

Для исследования нейродинамических показателей подростков были использованы методики, позволяющие оценить латентный период простой зрительно-моторной реакции (ЛП ПЗМР, мс), уровень функциональной подвижности нервных процессов (УФП НП, с), работоспособность головного мозга (РГМ, количество сигналов), уравновешенность нервных процессов по реакции на движущийся объект (РАО, среднее отклонение, мс) [12].

С помощью теста Тулуз-Пьерона исследовались скорость и точность при выполнении корректурной пробы [13]. Уровень тревожности оценивался по методике А. М. Прихожан [14]. Особенности стресс-совладающего поведения подростков определялись с помощью опросника копинг-поведения в стрессовых ситуациях С. Нормана, Д. Ф. Эндлера, Д. А. Джеймса, М. И. Паркера в адаптации Т. А. Крюковой [15]. Диагностика состояний социально-психологической адаптации / дезадаптации, особенностей представления школьника о себе проводилась с помощью опросника К. Роджерса и Р. Даймонда в модификации А. К. Осницкого [16].

С целью оценки эндокринного статуса подростков определялись свободный кортизол и тестостерон в слюне с использованием метода конкурентного иммуноферментного анализа. Концентрация кортизола оценивалась в нг/мл, тестостерона – в нмоль/л. Референсные пределы набора, используемого для определения гормонов в слюне, составляли: кортизол – 0,9–11,5 нг/мл; тестостерон – 0,2–1,16 нмоль/л для мужского пола и 0,03–0,47 нмоль/л для женского пола [17; 18].

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 8. Для каждого изучаемого параметра вычислялись среднее значение (M), ошибка репрезентативности средней (m). Достоверность различий показателей в сравниваемых группах оценивалась по U -критерию Манна-Уитни. Вычислялись коэффициенты корреляции Спирмена [19].

Результаты и их обсуждение

Тип вегетативной регуляции (исходный вегетативный тонус), характеризующийся различными порогами чувствительности растущего организма к средовым воздействиям, отражает относительно стабильные конституциональные особенности, что позволяет использовать его для прогностической оценки функциональных возможностей организма, психофизиологической «стоимости» различных видов деятельности на различных этапах онтогенеза [20–22].

В обследуемой группе подростков было выявлено 41,5 % представителей с симпатикотоническим исходным вегетативным тонусом (симпатотоники). У 26,8 % обследуемых преобладала парасимпатическая активность в регуляции сердечного ритма (ваготоники), 31,7 % имели сбалансированный (эйтонический) тип вегетативной регуляции. Большое количество симпатотоников среди подростков отражает выраженное адаптационное напряжение, характерное для этого возрастного этапа.

Анализ средних значений нейродинамических показателей школьников с различными типами вегетативной регуляции позволил установить, что группа подростков-симпатотоников отличалась достаточно высокими значениями показателя РГМ и низким временем отклонений в тесте РДО, что характеризует высокую точность реагирования. У этой группы отмечалась наибольшая скорость работы при выполнении теста Тулуз-Пьерона. Эти особенности отражают высокую степень активации ЦНС при выполнении заданий. Группа обучающихся с ваготоническим типом регуляции характеризовалась низкими, в сравнении с другими группами, показателями УФП НП и РГМ, что может отражать сниженный уровень энергетического обеспечения психомоторной деятельности у подростков данной группы.

Но при этом у них наблюдалась наилучшая точность работы при выполнении теста Тулуз-Пьерона. Обучающиеся с эйтоническим типом регуляции по большинству изучаемых показателей занимали промежуточное положение, но, судя по показателю ЛП ПЗМР, отличались самой высокой скоростью зрительно-моторного реагирования (табл. 1).

Существенные различия по психомоторным показателям между представителями дифференцированных типов вегетативной регуляции отражают индивидуальные особенности, вовлекаемые в формирование определенного стиля деятельности, в частности учебной, который обеспечит наилучшее соответствие типологически обусловленной индивидуальности требованиям среды [23].

Диагностика тревожности подростков показала, что в формировании уровня общей тревожности наибольший «вклад» вносила тревожность, связанная с самооценкой, что в целом характерно для подросткового возраста [24]. Уровень общей тревожности у подростков с разными типами вегетативной регуляции существенно не различался, но у подростков с крайними типами вегетативной регуляции наблюдался более высокий уровень межличностного напряжения (табл. 2).

У подростков с разными типами вегетативной регуляции были выявлены некоторые особенности социально-психологической адаптации (табл. 3). Особенностью подростков-симпатотоников был высокий уровень неприятия себя при средних показателях социально-психологической адаптации и дезадаптации. У ваготоников при самом высоком показателе социально-психологической адаптации ведущую роль играли такие составляющие, как принятие себя, принятие других, интернальность (внутренний локус контроля); у эйтоников показатели

Табл. 1. Нейродинамические показатели у подростков с учетом исходного вегетативного тонуса (M±m)

Tab. 1. Neurodynamic indicators in adolescents, including the initial vegetative tone (M±m)

Показатель	Ваготоники (1)	Эйтоники (2)	Симпатотоники (3)	p<0,05
ЛП ПЗМР, мс	424,7±28,7	352,2±19,4	360,6±14,3	1–2; 1–3
УФП НП, с	79,45±5,8	77,3±2,5	75,2±3,9	–
РГМ, количество сигналов	452,9±23,8	465,1±18,1	500,5±14,8	1–3
РДО, среднее отклонение, мс	44,8±4,7	54,3±12,7	34,8±3,1	1–3; 2–3
Тест Тулуз-Пьерона, количество знаков	45,5±2,1	43,6±1,7	47,4±2,0	2–3
Тест Тулуз-Пьерона, коэффициент точности	0,97±0,01	0,94±0,01	0,95±0,01	1–2

Табл. 2. Показатели тревожности подростков с учетом исходного вегетативного тонуса (M±m)

Tab. 2. Anxiety indicators of adolescents, including the initial vegetative tone (M±m)

Показатель	Ваготоники (1)	Эйтоники (2)	Симпатотоники (3)	p<0,05
Общая тревожность	19,5±2,8	22,8±2,1	18,8±2,9	–
Межличностное напряжение	4,8±0,5	3,0±0,7	4,3±0,3	1–2; 2–3
Мотивация достижения, самооценка	8,9±0,6	8,4±0,9	8,4±0,8	–
Общее беспокойство (страхи)	7,9±0,6	7,6±1,0	8,9±0,8	–

Табл. 3. Показатели социально-психологической адаптации подростков с учетом исходного вегетативного тонуса (M±m)
Tab. 3. Indicators of socio-psychological adaptation of adolescents, including the initial vegetative tone (M±m)

Параметр	Ваготоники (1)	Эйтоники (2)	Симпатотоники (3)	p<0,05
Адаптация	148,9±7,2	127,4±5,0	137,1±3,9	1–2; 2–3
Принятие себя	40,3±2,1	35,4±3,5	40,3±3,0	–
Принятие других	28,3±2,5	25,1±1,8	25,2±2,1	–
Внутренний локус контроля	54,9±3,9	44,3±1,8	48,7±2,6	1–2; 2–3
Эмоциональный комфорт	19,6±2,2	19,2±1,8	19,5±1,8	–
Доминирование (лидерство)	10,4±1,5	6,5±1,3	8,9±0,9	1–2; 2–3
Деадаптация	64,0±9,6	83,7±9,5	69,6±9,7	2–1; 2–3
Непринятие себя	10,0±2,9	14,7±3,5	39,4±16,9	1–3; 1–2; 2–3
Конфликт с другими	12,6±2,1	15,1±1,8	10,9±1,4	2–3
Внешний локус контроля	14,7±2,9	17,3±2,2	13,1±2,4	–
Эмоциональный дискомфорт	21,9±3,9	27,1±4,7	22,3±4,7	–
Ведомость	12,9±2,2	14,7±1,9	13,6±1,6	–

дезадаптации оказались выше, чем в группах с дифференцированным вегетативным статусом. Данный факт требует дальнейшей проверки и осмысления.

Баланс вегетативной регуляции как источник функциональных резервов связан с диапазоном и гибкостью адаптивных механизмов, что не может не сказываться на выборе стратегии поведения в трудных жизненных ситуациях. Установлено, что в группе симпатотоников выявлялись различные стратегии стресс-совладающего поведения, хотя в основном они отдавали предпочтение копингу Разрешение проблем (62,5 %). Стратегии Избегание, Поиск социальной поддержки, а также неопределенность в выборе набрали по 12,5 % от числа ответов в данной группе. Все подростки-ваготоники выбирали стратегию Разрешение проблем. В группе эйтоников большинство выбирало активную стратегию поведения (60 %), 20 % предпочитали поведенческую стратегию Избегание, 10 % – Поиск социальной поддержки, в 10 % случаев подростки не дали определенного ответа.

В формировании индивидуальных паттернов вегетативного реагирования наряду с биологическими предпосылками существенное значение имеет характер и выраженность эмоциональных реакций, имеющих «вегетативный подтекст» [3; 7; 25–27]. Взаимосвязь и взаимозависимость эмоционально-мотивационной сферы, нейродинамических особенностей, отражающих, в частности, уровень активации ЦНС, и систем вегетативного регулирования обуславливают необходимость анализа соотношений этих функций с учетом типологических особенностей вегетативной регуляции.

Анализ корреляционных связей показал, что у подростков с преобладанием симпатических влияний отмечалась наибольшая степень сопряженности социально-психологических и вегетативных компонентов функциональной системы: по мере увеличения тревожности и проявлений социально-психологической дезадаптации усиливаются эрготропные влияния на сердечный ритм. Большое количество связей свидетельствует о выраженном напряжении в системе эмоционально-вегетативного регулирования, что

выражается в вовлечении социально-психологических компонентов адаптации. Показатели выполнения корректурной пробы были закономерно связаны с нейродинамическими характеристиками (рис. 1). Кроме уже обозначенных характеристик на рисунках отражены среднее значение кардиоинтервалов (M), индекс напряжения (SI), вариационный размах (X), частота сердечных сокращений (PULS).

У подростков-ваготоников было выявлено значительно меньшее общее количество корреляций, при этом проявлялась отчетливая взаимосвязь повышения уровня тревожности и усиления выраженности парасимпатических влияний, что отмечалось и ранее в проведенных нами исследованиях [22]. Показатели умственной работоспособности в отличие от предыдущей группы были связаны не только с нейродинамическими характеристиками, но и с психоэмоциональными факторами (рис. 2).

Корреляционная плеяда группы подростков с эйтонией характеризовалась меньшим количеством связей между показателями психологического, нейродинамического и вегетативного уровней по сравнению с подростками с симпатикотонией и ваготонией. Снижение количества связей можно рассматривать как уменьшение степени адаптационного напряжения и формирование относительно сбалансированной функциональной системы адаптации (рис. 3).

Исследование эндокринных компонентов адаптационных механизмов включало определение уровня саливарного кортизола как одного из важнейших маркеров функционального напряжения регуляторных систем [28]. Среднее значение концентрации кортизола у мальчиков с симпатикотонией оказалось достоверно ниже, чем у ваготоников и эйтоников (1,29±0,19 нг/мл, 2,53±0,23 нг/мл и 2,24±0,25 нг/мл соответственно, p<0,05). Этот, казалось бы, противоречивый факт мы считаем возможным объяснить с позиций «закона исходного уровня»: при исходно высоком уровне напряжения у симпатотоников при адаптационных реакциях возможна парадоксальная реакция, проявляющаяся в снижении активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы.

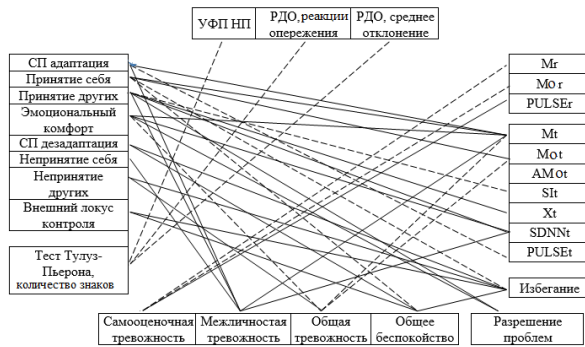


Рис. 1. Корреляционные связи между вегетативными, нейродинамическими и психологическими показателями у подростков-симпатотоников
Fig. 1. Correlation between vegetative, neurodynamic, and psychological indicators in adolescent sympathotronics

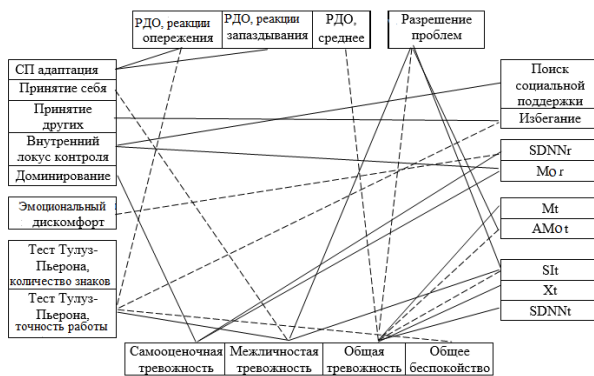


Рис. 2. Корреляционные связи между вегетативными, нейродинамическими и психологическими показателями у подростков-ваготоников
Fig. 2. Correlation between vegetative, neurodynamic, and psychological indicators in adolescent vagotonics

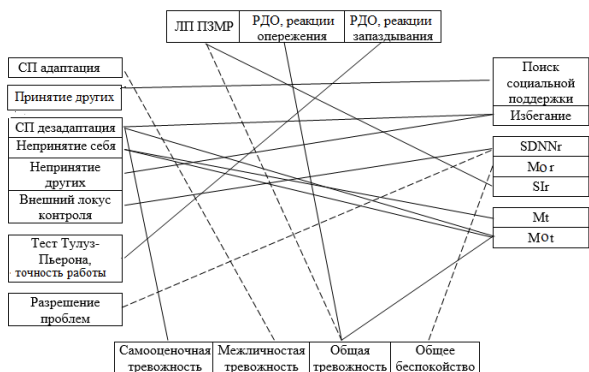


Рис. 3. Корреляционные связи между вегетативными, нейродинамическими и психологическими показателями у подростков-эйтоников
Fig. 3. Correlation between vegetative, neurodynamic, and psychological indicators in adolescent eitonics

Сходные данные были получены и ранее, в исследованиях эндокринно-вегетативного статуса подростков [29–31]. У девочек с разным типом вегетативной регуляции достоверных различий по уровню кортизола в нашем исследовании выявлено не было.

Одним из важнейших гуморальных факторов, определяющих возрастную динамику морфофункционального статуса подростков, является тестостерон [32]. У мальчиков самый высокий уровень тестостерона выявлялся у ваготоников, самый низкий – у симпатотоников ($0,73 \pm 0,16$ и $0,04 \pm 0,004$ соответственно, $p < 0,05$). Сопряженное увеличение вагусной активности в сердечно-сосудистой системе и уровня тестостерона у подростков мужского пола является проявлением закономерной динамики полового созревания, в ходе которого происходит «взросление» механизмов вегетативной регуляции и повышение парасимпатического тонуса в состоянии покоя. У всех обследованных девочек уровень тестостерона находился в пределах физиологической нормы, но, в отличие от мальчиков, самый высокий уровень тестостерона был характерен для симпатотоников, а наиболее низкий – для сбалансированного типа вегетативной регуляции (эйтоников): $0,25 \pm 0,07$ и $0,07 \pm 0,01$ соответственно, $p < 0,05$. Действительно, для девочек увеличение уровня тестостерона следует рассматривать как негативную тенденцию. Известно, что «андренарге» надпочечникового происхождения является для девочек физиологической нормой в препубертатном периоде; повышение же уровня тестостерона на последующих этапах онтогенеза наблюдается в рамках различных нарушений здоровья и под влиянием факторов риска (результат инфекций, интоксикации, разнообразных нарушений обмена веществ, психоэмоционального состояния, воздействия агрессивных средовых факторов и нездорового образа жизни) [33; 34].

Анализ корреляций между уровнем слюварных гормонов и показателями сердечного ритма позволил детализировать полученные результаты. У мальчиков с ваготоническим типом вегетативной регуляции усиление парасимпатических влияний на сердечный ритм в покое и при ортопробе было связано с повышением уровня кортизола. У симпатотоников наблюдалась обратная картина: чем выше уровень кортизола, тем более выражены симпатические влияния в покое и вегетативная реактивность. У эйтоников уровень кортизола положительно коррелировал с показателями парасимпатической активности в покое и симпатической – при ортопробе, т.е. наиболее высокий уровень стрессового гормона отражал вегетативную реактивность. Корреляции вегетативных показателей с уровнем тестостерона показали однонаправленные изменения уровня андрогенной и парасимпатической активности у мальчиков с ваготонией и эитонией, чего не наблюдалось у симпатотоников, т.е. снижение уровня тестостерона у мальчиков сопровождается увеличением напряжения регуляторных механизмов (табл. 4).

Табл. 4. Коэффициенты корреляции Спирмена для показателей эндокринного и вегетативного статуса подростков мужского пола с учетом типа вегетативной регуляции (при $p < 0,05$)Tab. 4. Spearman correlation coefficients for indicators of the endocrine and vegetative status of male adolescents taking into account the type of vegetative regulation (at $p < 0,05$)

Показатель	Ваготоники		Эйтоники		Симпатотоники	
	Кортизол	Тестостерон	Кортизол	Тестостерон	Кортизол	Тестостерон
ЧСС в покое, уд/мин	–	–0,41	–	–	–	–
ЧСС в ортопробе, уд/мин	–0,43	–	0,74	–	–	–0,74
Мо в покое, с	–	0,41	–	–	–	–
Мо в ортопробе, с	–	–	–0,76	–	–	–
АМо в покое, %	–	–	–	–	0,75	–
АМо в ортопробе, %	–0,56	–	–	–	0,73	–
МхDMn в покое, с	0,42	–	0,55	0,61	–	–
МхDMn в ортопробе, с	–	–	–	–	–0,74	–
SDNN в покое, мс	–	–	0,58	–	–0,64	–
SDNN в ортопробе, мс	0,44	–	–0,54	–	–0,72	–
RMSSD в ортопробе, мс	–	–	–0,71	–	–	–0,74
ИИ в покое, усл. ед.	–	–	–0,64	–	–	–
ИИ в ортопробе, усл. ед.	–	–	0,76	–	0,71	–

У девочек корреляции вегетативных показателей с уровнем кортизола были единичными, что не позволяло выявить определенную тенденцию. Что касается тестостерона, то у девочек были обнаружены многочисленные корреляции с показателями ВСР, которые независимо от типа

вегетативной регуляции указывают на однонаправленное увеличение уровня тестостерона и уровня симпатических влияний на сердечный ритм, что свидетельствует о значительном функциональном напряжении (табл. 5).

Табл. 5. Коэффициенты корреляции Спирмена для показателей эндокринного и вегетативного статуса подростков женского пола с учетом типа вегетативной регуляции (при $p < 0,05$)Tab. 5. Spearman correlation coefficients for indicators of endocrine and vegetative status of female adolescents based on the type of vegetative regulation (at $p < 0,05$)

Показатель	Ваготоники		Эйтоники		Симпатотоники	
	Кортизол	Тестостерон	Кортизол	Тестостерон	Кортизол	Тестостерон
ЧСС в покое, уд/мин	–	–	–	–	–	0,47
Мо в покое, с	–	–	0,50	–	–	–0,52
АМо в покое, %	–	–	–	0,73	–	–
АМо в ортопробе, %	–	0,50	–	–	–	–
МхDMn в покое, с	–	–	–	–0,57	–	–
МхDMn в ортопробе, с	–	–	–	–	–	0,42
SDNN в покое, мс	–	–	–	–0,68	–	–
RMSSD в покое, мс	–	–	–	–	0,53	–
ИИ в покое, усл. ед.	–	–	–	0,72	–	–
ИИ в ортопробе, усл. ед.	0,48	0,53	–	0,56	–	–

Заключение

Представленные материалы показывают, что в отношении специфики регуляторных процессов нейрофизиологического и эндокринного уровней обследованные подростки представляют собой гетерогенную группу, неоднородность которой определяется не только возрастными, гендерными и типологическими особенностями, но и определенными паттернами

вегетативно-эндокринного регулирования. Проведенный анализ подтвердил, что у подростков в процессе обучения формируются разные типы адаптивных стратегий: тропотропный, эрготропный и сбалансированный.

Тропотропная направленность функциональной системы адаптации, позволяющая экономизировать энергетические ресурсы и реализующаяся по гипореактивному

функциональному типу, характерна для подростков с ваготонией и наиболее выражена у подростков мужского пола с относительно высоким уровнем секреции стероидных гормонов. Для них характерна невысокая скорость психомоторных реакций, средний уровень психоэмоционального напряжения, хорошее произвольное внимание, успешная социально-психологическая адаптация, предпочтение конструктивных стратегий поведения при стрессе.

Эрготропный тип адаптивной стратегии, свойственный подросткам с симпатикотонией, формируется на основе максимальной мобилизации центрально-нервных и эндокринных механизмов в процессе нагрузки и реализуется по *гиперреактивному* типу, что создает повышенный риск быстрого истощения функциональных резервов. Характеризуется высоким уровнем энергетического обеспечения психомоторной деятельности, склонностью к беспокойству, неприятию себя, использованием разных копинг-стратегий, преимущественно активных, выраженным напряжением в системе эмоционально-вегетативного регулирования с вовлечением социально-психологических компонентов адаптации. Подобная стратегия наиболее выражена у подростков-мальчиков при низком исходном уровне анаболических и катаболических гормонов, а у девочек при относительно высоком уровне тестостерона.

Сбалансированный тип адаптивных реакций, определяемый у подростков с эйтонией, характеризуется значительной гетерогенностью нейродинамических, вегетативных и эндокринных показателей и адекватными соотношениями показателей эндокринной и вегетативной регуляции, что расширяет диапазон адаптивных возможностей.

Комплексная оценка психофизиологического развития и адаптации позволяет учитывать еще не реализованные потенциальные возможности подростков, опираясь на которые, следует создавать условия для эффективной реализации индивидуального стиля (когнитивного, эмоционального, мотивационного, коммуникативного и т. д.). Индивидуальный стиль формируется на основе индивидуальных особенностей, являясь своеобразным компенсаторным механизмом, способствующим оптимизации процесса личностного развития, успешности обучения и социально-психологической адаптации. Исследование влияния вегетативной конституции как интегральной адаптивной характеристики на формирование индивидуальных стилей деятельности во всем их многообразии является, на наш взгляд, актуальной проблемой психофизиологических и психолого-педагогических исследований и требует дальнейшего изучения.

Литература

1. Баранов А. А., Кучма В. Р., Сухарева Л. М. Медико-социальные проблемы воспитания подростков. М.: ПедиатрЪ, 2014. 388 с.
2. Дубровинская Н. В. Психофизиологическая характеристика подросткового возраста // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 2. С. 113–122. DOI: 10.7868/S013116461502006X
3. Вейн А. М., Вознесенская Т. Г., Воробьева О. В. Вегетативные расстройства: Клиника, диагностика, лечение. М.: МИА, 2003. 749 с.
4. Медведев В. И. Адаптация человека. СПб.: Ин-т психологии; Ин-т мозга человека, 2003. 550 с.
5. Шаханова А. В., Глазун Т. В. Образование и здоровье: физиологические аспекты. Майкоп: АГУ, 2008. 195 с.
6. Казин Э. М., Руднева Е. Л., Касаткина Н. Э. Здоровьесберегающая деятельность в системе образования: теория и практика; 3-е изд., перераб. М.: Омега-А, 2013. 443 с.
7. Нежкина Н. Н., Майорова М. К. Психофизическая тренировка – технология формирования здоровья школьников и повышения качества образования. М.: МГПИ, 2009. 28 с.
8. Казин Э. М., Касаткина Н. Э., Абаскалова Н. П., Айдаркин Е. К., Федоров А. И., Свиридова И. А. Школьная адаптация подростков с различным типом вегетативной регуляции и проблемы формирования безопасного и здорового образа жизни обучающихся (методологические и организационнопедагогические аспекты) // Валеология. 2015. № 1. С. 42–49.
9. Тарасова О. А., Казин Э. М., Федоров А. И., Игишева Л. Н., Четверик О. Н. Комплексная оценка нейродинамических и вегетативных показателей у подростков: возрастные, гендерные и типологические особенности // Физиология человека. 2017. Т. 43. № 1. С. 45–54. DOI: 10.7868/S0131164616060199
10. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Гаврилушкин А. П., Довгалевский П. Я., Кукушкин Ю. А., Миронова Т. Ф., Прилуцкий Д. А., Семенов А. В., Федоров В. Ф., Флейшман А. Н., Медведев М. М., Чирейкин А. В. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1) // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65–86.
11. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Удмуртский ун-т, 2009. 254 с.
12. Иванов В. И., Литвинова Н. А., Березина М. Г. Автоматизированный комплекс для оценки индивидуально-типологических свойств и функционального состояния организма человека «Статус ПФ» // Валеология. 2004. № 4. С. 70–73.
13. Ясюкова Л. А. Оптимизация обучения и развития детей с ММД. Диагностика и компенсация минимальных мозговых дисфункций. СПб.: ГП «ИМАТОН», 1997. 80 с.

DOI: 10.21603/2078-8975-2020-22-2-444-454

14. Прихожан А. М. Тревожность у детей и подростков: психологическая природа и возрастная динамика. М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: МОДЭК, 2000. 303 с.
15. Крюкова Т. Л. Методы изучения совладающего поведения: три копинг-шкалы. Кострома: Авантитул, 2007. 61 с.
16. Осницкий А. К. Определение характеристик социальной адаптации // Психология и школа. 2004. № 1. С. 43–56.
17. Ozgocer T., Yildiz S., Uçar C. Development and validation of an enzyme-linked immunosorbent assay for detection of cortisol in human saliva // Journal of Immunoassay and Immunochemistry. 2017. Vol. 38. № 2. P. 147–164. DOI: 10.1080/15321819.2016.1230130
18. Thomas L. Labor und Diagnose: Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik. 8 Auflage. Frankfurt/Main: TH-Books-Verlags-Gesellschaft, 2012. 2360 S.
19. Kashdan E., Duncan D., Parnell A., Schattler H. Mathematical methods in systems biology // Mathematical Biosciences and Engineering. 2016. Vol. 13. № 6. P. i–ii. DOI: 10.3934/mbe.201606i
20. Захарьев Я. О., Захарьева Н. Н. Новый методический подход в преподавании материала с учетом типов вегетативной регуляции нервной системы учащихся // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2012. № 5. С. 73–75.
21. Андреев А. В., Нежкина Н. Н., Фомин Ф. Ю. Аппаратно-программный комплекс по определению индивидуального режима двигательной активности на основе комплексной оценки вегетативного гомеостаза // Новые задачи современной медицины: мат-лы III Междунар. науч. конф. (Санкт-Петербург, 20–23 декабря 2014 г.) СПб., 2014. С. 19–22.
22. Тарасова О. Л., Казин Э. М., Четверик О. Н., Зарченко П. Ю., Арлашева Л. В., Максимова Н. В. Возрастные и типологические особенности психовегетативного статуса школьников: результаты комплексного психофизиологического мониторинга // Валеология. 2015. № 4. С. 33–40. DOI: 10.18522/2218-2268-2015-4-33-40
23. Толочек В. А. Проблема индивидуального стиля деятельности в психологии: прошлое, настоящее и будущее // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2010. № 2. С. 43–52.
24. Поливанова К. Н. Психология возрастных кризисов. М.: Акад., 2000. 180 с.
25. Fiol-Veny A., Balle M., De la Torre-Luque A., Bornas X. Negative cognitive emotion regulation as a predictor of adolescent heart rate variability and entropy under social stress // Anxiety, Stress and Coping. 2019. Vol. 32. № 6. P. 641–653. DOI: 10.1080/10615806.2019.1641199
26. Mosley E., Laborde S., Kavanagh E. Coping related variables, cardiac vagal activity and working memory performance under pressure // Acta Psychologica. 2018. Vol. 191. P. 179–189. DOI: 10.1016/j.actpsy.2018.09.007
27. Weissman D. G., Guyer A. E., Ferrer E., Robins R.W., Hastings P. D. Adolescents' brain-autonomic coupling during emotion processing // Neuroimage. 2018. Vol. 183. P. 818–827. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2018.08.069
28. Vreeburg S. A., Kruijtzter B. P., van Pelt J., van Dyck R., DeRijk R. H., Hoogendijk W. J., Smit J. H., Zitman F. G., Penninx B. W. Associations between sociodemographic, sampling and health factors and various salivary cortisol indicators in a large sample without psychopathology // Psychoneuroendocrinology. 2009. Vol. 34. № 8. P. 1109–1120. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2009.04.024
29. Gunnar M. R., Wewerka S., Frenn K., Long J. D., Griggs C. Developmental changes in hypothalamus-pituitary-adrenal activity over the transition to adolescence: Normative changes and associations with puberty // Development and Psychopathology. 2009. Vol. 21. № 1. P. 69–85. DOI: 10.1017/S0954579409000054
30. Ермакова И. В., Адамовская О. Н., Сельверова Н. Б. Изменение вегетативной регуляции сердечного ритма и уровня кортизола при умственной нагрузке у младших подростков // Новые исследования. 2015. № 4. С. 105–116.
31. Ермакова И. В., Адамовская О. Н., Сельверова Н. Б. Особенности физического развития, гормонального статуса, вегетативной нервной регуляции сердечного ритма и психоэмоционального состояния подростков на IV–V стадии пубертата // Новые исследования. 2017. № 1. С. 32–41.
32. Giagulli V. A., Castellana M., Pelusi C., Triggiani V. Androgens, body composition, and their metabolism based on sex // Frontiers of Hormone Research. 2019. Vol. 53. P. 18–32. DOI: 10.1159/000494900
33. Скосырева Г. А., Рябиченко Т. И., Тимофеева Е. П., Карцева Т. В., Косьянова Т. Г., Селятицкая В. Г., Трунов А. Н. Состояние здоровья девочек-подростков с повышенным уровнем дегидроэпиандростерона сульфата // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2014. Т. 59. № 5. С. 77–81.
34. Pasquali R., Oriolo C. Obesity and Androgens in Women // Frontiers of Hormone Research. 2019. Vol. 53. P. 120–134. DOI: 10.1159/000494908

Comprehensive Psycho-Physiological Approach to the Assessment of Adaptive Capacity of Teenage Schoolchildren with Different Types of Vegetative Regulation

Eduard M. Kazin^{a, ID1}; Lidiya A. Varich^{a, @, ID2}; Olga L. Tarasova^{b, ID3}; Olga N. Chetverik^c; Natalia N. Koshko^{c, ID4}; Ludmila V. Arlasheva^d; Nina V. Nemolochnaya^{a, ID5}

^a Kemerovo State University, Russia, Kemerovo

^b Kemerovo State Medical University, Russia, Kemerovo

^c Kuzbass Regional Center of Psychological, Medical and Social Assistance "Health and Development of the Personality", Russia, Kemerovo

^d Secondary School Staropetrovsky, Russia, Staropeteryovo

@ varich2002@mail.ru

ID1 <https://orcid.org/0000-0003-1462-5282>

ID2 <https://orcid.org/0000-0003-0855-6671>

ID3 <https://orcid.org/0000-0002-7992-645X>

ID4 <https://orcid.org/0000-0003-2225-7918>

ID5 <https://orcid.org/0000-0003-2843-4233>

Received 17.02.2020. Accepted 28.04.2020.

Abstract: The present research featured the typological features of psycho-social, neurophysiological, and endocrine status of 214 schoolchildren of both sexes aged 14–16. The research objective was to identify the relationship between psychosocial and physiological adaptation of adolescents. Cardiorhythmography made it possible to divide the participants according to three types of vegetative regulation: sympathicotonia, vagotonia, and eutonia. The participants were tested for indicators of neurodynamics, emotional state, and socio-psychological adaptation, as well as for cortisol and testosterone content in saliva. Intersystem interrelations were evaluated by means of correlation analysis. The teenagers with predominating sympathetic influences appeared to possess the highest degree of conjugation of social-psychological and vegetative components of the functional system: as anxiety and manifestations of social-psychological misadaptation increased, so did the ergotropic impact on heart beat rate. The vagotonic teenagers demonstrated a much lower total number of correlations, with a distinct interrelation between the increasing anxiety level and the increasing parasympathetic impact. The teenagers with eutonia had a lower number of correlations between psychological, neurodynamic, and vegetative levels in comparison with other types. The analysis revealed the following adaptive strategies in adolescents. The trophotropic hyporeactive strategy was typical of male vagotonics with relatively high levels of steroid hormone secretion. The ergotropic hyperreactive strategy was popular in the sympathotonic group, especially boys with low levels of anabolic and catabolic steroids and girls with a relatively high content of testosterone. The adolescents with eutonia proved to have the balanced strategy. The data obtained can help to create pedagogical conditions for improving the adaptive capacity of schoolchildren, as well as for the development of individual style of activity and successful learning in teenagers.

Keywords: educational activities, socio-psychological adaptation, neurodynamic indicators, anxiety, cortisol, testosterone, adaptive strategies, activity styles

For citation: Kazin E. M., Varich L. A., Tarasova O. L., Chetverik O. N., Koshko N. N., Arlasheva L. V., Nemolochnaya N. V. Comprehensive Psycho-Physiological Approach to the Assessment of Adaptive Capacity of Teenage Schoolchildren with Different Types of Vegetative Regulation. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2020, 22(2): 444–454. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21603/2078-8975-2020-22-2-444-454>

References

1. Baranov A. A., Kuchma V. R., Sukhareva L. M. *Medical and social problems of education of adolescents*. Moscow: Pediatr, 2014, 388. (In Russ.)
2. Dubrovinskaya N. V. Psychophysiological features of adolescents. *Fiziologiya cheloveka*, 2015, 41(2): 113–122. (In Russ.) DOI: 10.7868/S013116461502006X
3. Vein A. M., Voznesenskaia T. G., Vorobeva O. V. *Vegetative disorders: clinical findings, diagnosis, and treatment*. Moscow: MIA, 2003, 749. (In Russ.)
4. Medvedev V. I. *Human adaptation*. St. Petersburg: In-t psikhologii; In-t mozga cheloveka, 2003, 550. (In Russ.)

5. Shakhanova A. V., Glazun T. V. *Education and health: physiological aspects*. Maykop: AGU, 2008, 195. (In Russ.)
6. Kazin E. M., Rudneva E. L., Kasatkina N. E. *Health-saving activities in the education system: theory and practice*, 3rd ed. Moscow: Omega-L, 2013, 443. (In Russ.)
7. Nezhkina N. N., Maiorova M. K. *Psychophysical training as a technology for shaping the health of students and improving the quality of education*. Moscow: MGPI, 2009, 28. (In Russ.)
8. Kazin E. M., Kasatkina N. E., Abaskalova N. P., Ajdarkin E. K., Fedorov A. I., Sviridova I. A. School adaptation of teenagers with different types of autonomic (vegetative) regulation and the problems of formation of a safe and healthy students' lifestyle (methodological and educational aspects). *Valeologiya*, 2015, (1): 42–49. (In Russ.)
9. Tarasova O. L., Kazin E. M., Fedorov A. I., Igisheva L. N., Chetverik O. N. Integrated assessment of neurodynamic and autonomic indicators in adolescents: Age-specific, gender-specific, and typological characteristics. *Fiziologiya cheloveka*, 2017, 43(1): 45–54. (In Russ.) DOI: 10.7868/S0131164616060199
10. Baevsky R. M., Ivanov G. G., Gavrilushkin A. P., Dovgalevsky P. Ya., Kukushkin Yu. A., Mironova T. F., Prilutskiy D. A., Semenov A. V., Fedorov V. F., Fleishman A. N., Medvedev M. M., Chireikin L. V. Analysis of heart rate variability when using various electrocardiographic systems (Part 1). *Journal of Arrhythmology*, 2002, (24): 65–86. (In Russ.)
11. Shlyk N. I. *The heart rate and regulation type of children, teenagers and sportsmen*. Izhevsk: Udmurtskii un-t, 2009, 254. (In Russ.)
12. Ivanov V. I., Litvinova N. A., Berezina M. G. Automated complex for assessing individual typological properties and the functional state of the human body "Status PF". *Valeologiya*, 2004, (4): 70–73. (In Russ.)
13. Yasyukova L. A. *Optimization of education and development of children with minimal brain dysfunction. Diagnosis and compensation of minimal cerebral dysfunctions*. St. Petersburg: GP "IMATON", 1997, 80. (In Russ.)
14. Prikhozhan A. M. *Anxiety in children and adolescents: the psychological nature and age dynamics*. Moscow: Moskovskii psikhologo-sotsialnyi institut; Voronezh: MODEK, 2000, 303. (In Russ.)
15. Kryukova T. L. *Methods of studying coping behavior: three coping scales*. Kostroma: Avantit, 2007, 61. (In Russ.)
16. Osnitsky A. K. Characterization of social adaptation. *Psikhologiya i shkola*, 2004, (1): 43–56. (In Russ.)
17. Ozgocer T., Yildiz S., Uçar C. Development and validation of an enzyme-linked immunosorbent assay for detection of cortisol in human saliva. *Journal of Immunoassay and Immunochemistry*, 2017, 38(2): 147–164. DOI: 10.1080/15321819.2016.1230130
18. Thomas L. *Labor und Diagnose: Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik, 8 Auflage*. Frankfurt/Main: TH-Books-Verlags-Gesellschaft, 2012, 2360.
19. Kashdan E., Duncan D., Parnell A., Schattler H. Mathematical methods in systems biology. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 2016, 13(6): i–ii. DOI: 10.3934/mbe.201606i
20. Zakhar'ev Ya. O., Zakhar'eva N. N. New methods approach in teaching material in view of types of vegetative regulation of pupils' nervous. *Fizicheskaya kultura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka*, 2012, (5): 73–75. (In Russ.)
21. Andreev A. V., Nezhkina N. N., Fomin F. Yu. Hardware-software complex for determining the individual mode of motor activity based on a comprehensive assessment of autonomic homeostasis. *New tasks of modern medicine: Proc. III Intern. Sci. Conf.*, St. Petersburg, December 20–23, 2014. St. Petersburg, 2014, 19–22. (In Russ.)
22. Tarasova O. L., Kazin E. M., Chetverik O. N., Zarchenko P. N., Arlasheva L. V., Maksimova N. V. Age and typological features psychovegetative status pupils: results of integrated monitoring psychophysiological. *Valeologiya*, 2015, (4): 33–40. (In Russ.) DOI: 10.18522/2218-2268-2015-4-33-40
23. Tolochek V. A. The problem of individual style of activity in psychology: the past, the present and the future. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psikhologiya*, 2010, (2): 43–52. (In Russ.)
24. Polivanova K. N. *Psychology of age-related crises*. Moscow: Akad., 2000, 180. (In Russ.)
25. Fiol-Veny A., Balle M., De la Torre-Luque A., Bornas X. Negative cognitive emotion regulation as a predictor of adolescent heart rate variability and entropy under social stress. *Anxiety, Stress and Coping*, 2019, 32(6): 641–653. DOI: 10.1080/10615806.2019.1641199
26. Mosley E., Laborde S., Kavanagh E. Coping related variables, cardiac vagal activity and working memory performance under pressure. *Acta Psychologica*, 2018, 191: 179–189. DOI: 10.1016/j.actpsy.2018.09.007
27. Weissman D. G., Guyer A. E., Ferrer E., Robins R.W., Hastings P. D. Adolescents' brain-autonomic coupling during emotion processing. *Neuroimage*, 2018, 183: 818–827. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2018.08.069
28. Vreeburg S. A., Kruijtzter B. P., van Pelt J., van Dyck R., DeRijk R. H., Hoogendijk W. J., Smit J. H., Zitman F. G., Penninx B. W. Associations between sociodemographic, sampling and health factors and various salivary cortisol indicators in a large sample without psychopathology. *Psychoneuroendocrinology*, 2009, 34(8): 1109–1120. DOI: 10.1016/j.psychneuen.2009.04.024

29. Gunnar M. R., Wewerka S., Frenn K., Long J. D., Griggs C. Developmental changes in hypothalamus-pituitary-adrenal activity over the transition to adolescence: Normative changes and associations with puberty. *Development and Psychopathology*, 2009, 21(1): 69–85. DOI: 10.1017/S0954579409000054
30. Ermakova I. V., Adamovskaya O. N., Selverova N. B. Change in autonomic regulation of heart rate and cortisol level in young adolescents performing cognitive tasks. *Novy'e issledovaniya*, 2015, (4): 105–116. (In Russ.)
31. Ermakova I. V., Adamovskaya O. N., Selverova N. B. Peculiarities of physical development, hormonal status, autonomic nervous regulation of heart rate and psychoemotional status of adolescents at the IV–V stages of puberty. *Novy'e issledovaniya*, 2017, (1): 32–41. (In Russ.)
32. Giagulli V. A., Castellana M., Pelusi C., Triggiani V. Androgens, body composition, and their metabolism based on sex. *Frontiers of Hormone Research*, 2019, 53: 18–32. DOI: 10.1159/000494900
33. Skosyreva G. A., Ryabichenko T. I., Timofeeva E. P., Kartseva T. V., Kosyanova T. G., Selyatitskaya V. G., Trunov A. N. The health status of adolescent girls with elevated dehydroepiandrosterone sulfate levels. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii*, 2014, 59(5): 77–81. (In Russ.)
34. Pasquali R., Oriolo C. Obesity and androgens in women. *Frontiers of Hormone Research*, 2019, 53: 120–134. DOI: 10.1159/000494908