

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДРОСТКОВ 13-14 ЛЕТ С РАЗЛИЧНЫМИ СТАДИЯМИ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ В ПОКОЕ И ПРИ УМСТВЕННОЙ РАБОТЕ

**Сухецкий Валерий Константинович**

Доцент, УО «Гродненский государственный университет  
имени Янки Купалы»  
vsukhetski@mail.ru

### FUNCTIONAL STATE OF ADOLESCENTS 13-14 YEARS OLD WITH VARIOUS STAGES OF PUBERTY AT REST AND DURING MENTAL WORK

**V. Sukhetski**

*Summary:* The article presents the results indicating that adolescents at the initial stages of puberty have an increased tension of the heart rate regulation systems towards the predominance of the tone of the sympathetic division of the autonomic nervous system at rest and excessive psychophysiological reactivity under conditions of intense information load. It has been shown that the realization of mental work was achieved at a higher physiological cost in boys with stages II and III of puberty, in comparison with adolescents of stage IV of puberty. The study found that adolescents with stages II and III of puberty do not have significant differences in the studied vegetative parameters at rest and during cognitive work of varying degrees of complexity, which allows us to assert a certain similarity between boys at the initial stages of puberty. The results obtained must be taken into account when organizing the educational process in a general education school.

*Keywords:* boys, adolescents, functional state, mental stress, puberty, stages of puberty

*Аннотация:* В статье представлены результаты, свидетельствующие о том, что у подростков, находящихся на начальных стадиях полового созревания, отмечается повышенная напряженность систем регуляции сердечного ритма в сторону преобладания тонууса симпатического отдела вегетативной нервной системы в состоянии покоя и избыточная психофизиологическая реактивность в условиях напряженной информационной нагрузки. Показано что реализация умственной работы, достигалась большей физиологической ценой у мальчиков со II и III стадией полового созревания, в сравнении с подростками IV стадии полового созревания. В ходе исследования установлено, что подростки со II и III стадией полового созревания не имеют значимых отличий по изучаемым вегетативным показателям в покое и при когнитивной работе разной степени сложности, что позволяет нам утверждать об определенной схожести мальчиков, находящихся на начальных стадиях полового созревания. Полученные результаты необходимо учитывать при организации учебно-воспитательного процесса в общеобразовательной школе.

*Ключевые слова:* мальчики, подростки, функциональное состояние, умственная нагрузка, половое созревание, стадии полового созревания.

Подростковый период является одним из наиболее чувствительных и сложных периодов постнатального онтогенеза. Именно в этом возрасте происходит окончательное созревание всех морфологических, функциональных структур, формирование определенного конституционального типа и переход к взрослому состоянию, как в социально-экономическом, так и в биологическом плане [1, 2, 8, 9, 11, 15]. Специфика функционирования организма в подростковом возрасте в большей мере определяется степенью биологической зрелости, чем календарным возрастом, и связана с поэтапными изменениями в нейроэндокринной системе [11]. Наибольшие изменения в росте и развитии органов и систем организма подростков происходят на II и III стадиях полового созревания [9].

В пубертатный период необходимо соблюдение определенных требований при построении учебно-воспитательного процесса, выборе средств и методов педагогического воздействия. На современном этапе в условиях обучения в общеобразовательной школе предъявляются

повышенные требования к познавательной деятельности школьников-подростков. Известно, что чрезмерные, неадекватные умственные нагрузки, на фоне недостаточной двигательной активности, могут привести к возникновению повышенной тревожности, напряжению механизмов адаптации и заболеваемости подростков [2, 5, 9, 18, 19]. Перед педагогами стоит задача оценки продуктивности учебной деятельности школьников и снижения ее психофизиологической цены [5]. Вместе с тем, вопрос поиска оптимального режима умственной работы подростков одного возраста, но с разными стадиями полового созревания, остается актуальным.

Целью настоящей работы явилось исследование функционального состояния мальчиков 13-14 лет с различными стадиями полового созревания в покое и при умственной нагрузке разной степени сложности.

Для изучения функционального состояния подростков с различными стадиями полового созревания при напряженной умственной работе был проведен лабора-

торный эксперимент. В эксперименте приняли участие 162 мальчика 13-14 лет. Степень полового созревания (СПС) оценивали по методике J.M. Tanner в модификации Д.В. Колесова и Н.Б. Сельверовой [8]. В качестве модели информационной нагрузки использовали работу с буквенными корректурными таблицами В.Я. Анфимова в «автотемпе» и в максимальном темпе при «угрозе наказания». В режиме «автотемпа» подросткам предлагалось работать в удобном и комфортном темпе. В режиме максимального темпа испытуемые инструктировались работать с максимальной скоростью с требованиями безошибочного результата.

Оценку напряженности функциональных систем осуществляли при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера, с определением математического анализа вариативности сердечного ритма [17]. Анализировались следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС), средняя продолжительность RR-интервала (RRNN), мода (Mo), амплитуда моды (AMo), размах распределения RR-интервалов (MxdMn), стресс-индекс (Si), среднее квадратичное отклонение (SDNN).

Регистрировали артериальное давление по методу Н.С. Короткова: систолическое (СД) и диастолическое (ДД) давление крови. Рассчитывали пульсовое давление (ПД), среднее давление (САД), двойное произведение (ДП), вегетативный индекс Кердо (ВИК), индекс Мызниковой (ИМ).

С целью объективной оценки уровня напряжения регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы подростков в ходе лабораторного эксперимента изучались изменения показателей вегетативного обеспечения при реализации напряженной информационной нагрузки различной степени сложности, скорости и качества умственной работы, психофизиологической цены напряженной интеллектуальной деятельности. Цену деятельности определяли на основании соотношения результата объема работы (А) и продуктивности работы (Q) с величиной вегетативных сдвигов при ее выполнении ( $A/\Delta\text{ЧСС}$ ,  $A/\Delta\text{Si}$ ,  $A/\Delta\text{ДП}$ ,  $Q/\Delta\text{ЧСС}$ ,  $Q/\Delta\text{Si}$ ,  $Q/\Delta\text{ДП}$ ).

До начала лабораторного эксперимента определяли уровень ситуативной тревожности с помощью теста Люшера [12]. Активность мотивации деятельности изучали с помощью зрительно-аналоговой шкалы А.Р. Хорнблоу и М.А. Кидсона [13].

В эксперименте приняли участие подростки-мальчики 13-14 лет. По СПС мальчики распределились следующим образом: I стадия – 4, II стадия – 63, III стадия – 57, IV стадия – 35, V стадия – 3 школьника. Из-за малой численности групп подростков с I и V стадиями их ре-

зультаты не анализировались.

Полученные данные свидетельствуют, что в покое у подростков, имеющих II и III СПС, отмечены более высокие показатели ЧСС и Si ( $p < 0,05-0,001$ ), в сравнении со сверстниками с IV СПС. Также подростки с IV стадией превосходили по величине RRNN, Mo, SDNN ( $p < 0,05-0,001$ ). Между мальчиками II и III СПС различий практически не зафиксировано. Это указывает на существенные различия в уровне неспецифической активации в состоянии покоя у школьников 13-14 лет с разной СПС. Подростки со II и III СПС отличаются от учащихся с IV СПС смещением вегетативного баланса в сторону преобладания тонуса симпатического отдела ВНС в состоянии покоя, что свидетельствует о преобладании повышенной напряженности систем регуляции сердечного ритма [10, 14].

Показатели артериальное давление СД, ДД, САД и показатель эффективности кровообращения (СД/ЧСС) в покое у мальчиков с IV СПС значительно выше ( $p < 0,05-0,001$ ), чем у подростков со II и III СПС. По мере полового созревания происходит повышение всех видов артериального давления [7, 14]. Группы подростков со II и III СПС не имели существенных отличий по данным показателям. Напротив, ВИК и ИМ снижались ( $p < 0,05-0,01$ ) по мере перехода от II к IV СПС. Данное обстоятельство свидетельствует о нарастании парасимпатической активности ВНС на завершающих стадиях полового созревания, а также о значительном расширении у них резервных возможностей и экономичности функционирования организма [1, 2, 4, 15].

До начала выполнения умственной нагрузки во всех группах подростков наблюдалось повышение функционального напряжения, о чем свидетельствуют полученные сдвиги вегетативных показателей. В текущий момент происходило существенное ( $p < 0,05-0,001$ ) увеличение ЧСС, АД, ВИК, ИМ, Si, AMo и снижение RRNN, Mo, MxdMn. При выполнении умственной работы в оптимальном темпе данные сдвиги сохранялись, что говорит о повышенной активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. До начала работы в напряженном режиме у подростков изучался уровень мотивации деятельности, который у большинства испытуемых оказался высоким. Это обстоятельство позволяет рассматривать наш лабораторный эксперимент как достаточно надежный для моделирования психического напряжения у подростков. Наиболее значительные изменения ( $p < 0,05-0,001$ ) вегетативных показателей были отмечены при выполнении умственной работы в максимальном темпе, при условиях дефицита времени и «угрозы наказания». При этом количественные характеристики умственной работы увеличивались (А), а качественные (Q) – уменьшались. Статистически значимо усиливались ( $p < 0,05-0,001$ ) вегетативные затраты на переработку

информации, о чем подтверждается снижением таких показателей как  $A/\Delta ЧСС$ ,  $A/\Delta Si$ ,  $A/\Delta ДП$ ,  $Q/\Delta ЧСС$ ,  $Q/\Delta Si$ ,  $Q/\Delta ДП$ . По мере перехода из оптимального режима работы к максимальной умственной деятельности повышался ситуативный уровень тревожности, исследуемого при помощи цветового теста Люшера.

Выполнение умственной работы в режиме «автоматизма» сопровождалось существенными изменениями гемодинамики по сравнению с состоянием относительного покоя. Происходит значительное увеличение ЧСС,  $AMo$ ,  $Si$ ,  $СД$ ,  $ДД$ ,  $ПД$ ,  $САД$ ,  $ДП$ ,  $ВИК$ ,  $ИМ$  ( $p < 0,01-0,001$ ) и уменьшение  $RRNN$ ,  $Mo$ ,  $MxdMn$ ,  $SDNN$  ( $p < 0,05-0,001$ ), что свидетельствует о повышении уровня неспецифической активации, сдвиге вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС и усилении центральных регуляторных влияний на сердечный ритм.

В зависимости от СПС вегетативное обеспечение умственной работы в комфортном режиме показало некоторые различия. По мере перехода от II к IV СПС было зафиксировано постепенное повышение значений  $СД$ ,  $ДД$ ,  $САД$ ,  $СД/ЧСС$ ,  $Mo$ ,  $SDNN$  и относительное снижение величин  $Si$ ,  $ВИК$ ,  $ИМ$  в сравнении с учащимися со II и III СПС ( $p < 0,05-0,001$ ). По сдвигу большинства исследуемых показателей в режиме «атотемпа» в группах подростков с разной СПС статистически существенных различий не обнаружено. Но у мальчиков с IV СПС выявлены меньшие сдвиги  $AMo$  и  $SDNN$  ( $p < 0,05-0,001$ ), чем у испытуемых со II и III СПС.

Наиболее значительные изменения изучаемых вегетативных показателей ( $p < 0,05-0,001$ ) зафиксировано в условиях максимального темпа умственной работы. Во время работы в данном режиме у подростков существенно увеличились количественные параметры умственной работоспособности ( $A$ ), тогда как коэффициент продуктивности ( $Q$ ) снижался. Уменьшение показателей  $Q/\Delta ЧСС$ ,  $Q/\Delta ДП$ ,  $Q/\Delta Si$ ,  $A/\Delta ЧСС$ ,  $A/\Delta ДП$ ,  $A/\Delta Si$  в сравнении с комфортным режимом свидетельствует об увеличении вегетативных затрат на переработку одного и того же объема информации. Также выявлена тенденция увеличения ситуативной тревожности подростков по тесту Люшера ( $p < 0,05$ ) по мере перехода от состояния покоя к работе в максимальном темпе при угрозе «наказания».

Подростки с IV СПС при работе в максимальном темпе существенно ( $p < 0,05-0,001$ ) превосходили мальчиков со II и III СПС по средним значениям  $RRNN$ ,  $Mo$ ,  $СД$ ,  $ДД$ ,  $САД$ ,  $SDNN$ ,  $СД/ЧСС$  и уступали ( $p < 0,05-0,001$ ) им по показателям  $Si$ ,  $ВИК$ ,  $ИМ$ ,  $ЧСС$ . Величина сдвигов изучаемых показателей у испытуемых с IV СПС характеризовалась менее выраженной реактивностью на нагрузку ( $p < 0,05-0,001$ ) по показателям  $ЧСС$ ,  $ДД$ ,  $ПД$ ,  $СД/ЧСС$ ,  $RRNN$ ,  $Mo$ ,

$AMo$ ,  $Si$ ,  $SDNN$ , чем у подростков со II и III СПС.

По количественным и качественным показателям умственной работоспособности существенных различий не обнаружено у групп подростков с разной СПС. Однако, реализация напряженной информационной нагрузки, достигалась большей физиологической ценой у мальчиков со II и III СПС, в сравнении с подростками с IV СПС. Сопоставление результативности работы с физиологическими реакциями, показало достоверные отличия ( $p < 0,05-0,001$ ) между мальчиками с IV СПС с одной стороны и II и III СПС с другой, в отношении показателей  $Q/\Delta ЧСС$ ,  $Q/\Delta ДП$ ,  $Q/\Delta Si$ ,  $A/\Delta ЧСС$ ,  $A/\Delta ДП$ ,  $A/\Delta Si$ . Наиболее высокие значения зафиксированы у подростков с IV СПС.

Полученные результаты подтверждают мнение о том, что для начала полового созревания характерны регрессионные отклонения в функциональной организации мозга [6]. Изменение метаболизма висцеральных систем, обусловленное гормональными сдвигами, увеличивает степень напряжения их функционирования, что значительно снижает эффективность систем саморегуляции и увеличивает подверженность подростков со II и III СПС отрицательному воздействию эмоционального стресса [3, 15, 16]. С другой стороны, на завершающих этапах полового созревания снижается активность гипоталамуса, а в коре больших полушарий доминируют корково-подкорковые взаимодействия [15], что приводит к более совершенному функционированию механизмов саморегуляции и уменьшению вегетативных сдвигов при эмоциональных стрессах у подростков с IV СПС [3].

Таким образом, умственные нагрузки в комфортном и максимальном темпах вызывают у подростков 13-14 лет повышение уровня неспецифической активации ЦНС и возрастание напряжения регуляторных систем. У мальчиков, находящихся на начальных стадиях полового созревания (II, III СПС), отмечается избыточная психофизиологическая реактивность в условиях напряженной информационной нагрузки, что способствует увеличению физиологической цены адаптации, снижению работоспособности, ухудшению эффективности обучения, неблагоприятным изменениям в состоянии здоровья. Подростки с IV СПС отличаются смещением вегетативного баланса в сторону преобладания тонуса парасимпатического отдела ВНС в состоянии относительного покоя, что является одним из факторов индивидуальной устойчивости организма к изменениям сердечно-сосудистой системы в условиях выраженного эмоционального напряжения. Полученные данные необходимо учитывать при организации учебно-воспитательного процесса в общеобразовательной школе и использовать для разработки профилактических мероприятий, целью которых является повышение результативности учебной деятельности подростков, находящихся на начальных стадиях полового созревания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безруких, М.М. Возрастная физиология (Физиология развития) / М.М. Безруких, В.Д. Сонькин, Д.А. Фарбер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 416 с.
2. Безруких, М.М. Физиология развития ребенка. Руководство по возрастной физиологии / М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. – 768 с.
3. Григорьев, А.И. Актуальные проблемы космической медицины и физиологии: к 95-летию со дня рождения В.В. Парина / А.И. Григорьев, Б.М. Федоров // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 6. – С. 80-83.
4. Громбах, С.М. Школа и психическое здоровье учащихся / С.М. Громбах [и др.] – М.: Медицина, 1988. – 272 с.
5. Данилова, Н.Н. Психофизиология / Н.Н. Данилова. М.: Аспект Пресс, 2012. – 373 с.
6. Дубровинская, Н.В. Психофизиология развития: Психофизиологические основы детской валеологии / Н.В. Дубровинская, Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: Владос, 2000. – 144 с.
7. Калюжная, Р.А., Школьная медицина / Р.А. Калюжная. – М.: Медицина, 1975. – 392 с.
8. Колесов, Д.В. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания / Д.В. Колесов, Н.Б. Сельверова. – М.: Педагогика, 1978. – 224 с.
9. Криволапчук, И.А. Оптимизация функционального состояния детей и подростков в процессе физического воспитания: монография / И.А. Криволапчук. – Гродно: ГрГУ, 2007. – 606 с.
10. Минин, В.В. Особенности вегетативных и эндокринных функций у сельских и городских школьников пубертатного возраста: автореф. дис. . . канд. биол. наук: 03.0013 / В.В. Минин; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 2000. – 22 с.
11. Ремшмидт, Х. Подростковый и юношеский возраст: проблемы становления личности / Х. Ремшмидт. М.: Мир, 1994. – 320 с.
12. Собчик, Л.Н. Метод цветовых выборов – модификация цветового теста Люшера / Л.Н. Собчик. – СПб.: Речь, 2006. – 248 с.
13. Стресс и тревога в спорте: междунар. сб. научн. статей / сост. Ю.Л. Ханин. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – 287 с.
14. Тихвинский, С.Б. Детская спортивная медицина / С.Б. Тихвинский, С.В. Хрущев. М.: Медицина, 1991. – 560 с.
15. Фарбер, Д.А. Физиология подростка / Д.А. Фарбер. – М.: Педагогика, 1988. – 208 с.
16. Федоров, Б.М. Стресс и система кровообращения / Б.М. Федоров. – М.: Медицина, 1990. – 320 с.
17. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
18. Escobar, M. Daily stressors in school-age children: a multilevel approach / M. Escobar, R. Alarcón, M.J. Blanca, F.J. Fernández-Baena, J.F. Rosel, M.V. Trianes // Sch Psychol Q. – 2013. – Vol. 28(3). – P. 227-238.
19. Galanti, M.R. School environment and mental health in early adolescence - a longitudinal study in Sweden (KUPOL) / M.R. Galanti, H. Hultin, C. Dalman, K. Engström, L. Ferrer-Wreder, Y. Forsell, M. Karlberg, C. Lavebratt, C. Magnusson, K. Sundell, J. Zhou, M. Almroth, E. Raffetti. // BMC Psychiatry. – 2016. – 16 (16). – P. 243.

© Сухецкий Валерий Константинович (vsukhetski@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»