

УДК 612.17

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ШКОЛЬНИКОВ РАЗНОГО УРОВНЯ ПОЛОВОЙ ЗРЕЛОСТИ В ТЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ГОДА

Аникина Т.А., Крылова А.В.

ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
Казань, e-mail: krylova.alevtina@gmail.com

Проведен анализ показателей гемодинамики у подростков разного уровня половой зрелости в течение учебного года и их становления в процессе полового созревания. Исследования показали, что у подростков обеих половых групп значительные изменения показателей систолического и минутного объема крови, частоты сердечных сокращений происходят на 3–4 стадии полового созревания (СПС). В учебном году выявлена противоположная тенденция возрастных и адаптационных изменений показателей гемодинамики, что свидетельствует о напряженном функционировании сердечно-сосудистой системы (ССС) в конце учебного года и оценивается как неблагоприятная реакция. На 5 стадии отмечается стабилизация показателей СССР на уровне, близком к дефинитивному. Корреляционный анализ подтвердил гетерохронное формирование СССР на разных этапах онтогенеза и выявил приоритет отдельных звеньев системы в зависимости от СПС.

Ключевые слова: ударный объем крови, минутный объем крови, частота сердечных сокращений, стадии полового созревания, адаптация

CHANGE OF HEMODYNAMIC PARAMETERS IN SCHOOLCHILDREN OF DIFFERENT LEVEL OF SEXUAL MATURITY DURING THE SCHOOL YEAR

Anikina T.A., Krylova A.V.

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, e-mail: krylova.alevtina@gmail.com

The analysis of hemodynamic parameters in adolescents of different levels of sexual maturity during the school year of their formation during puberty. Studies have shown that adolescents both sex groups substantial changes of systolic and cardiac output, heart rate, takes place on 3–4 stages of puberty. In the academic year found the opposite tendency age and adaptive changes of hemodynamics, that indicate about the stress functioning of the cardio-vascular system (CVS) at the end of the academic year and is estimated as an adverse reaction. On 5 stages, as the conclusion of the puberty processes, noted the stabilization of parameters of cardiovascular system (CVS) at the level close to definitive. Correlation analysis confirmed heterochronically formation at different stages of ontogenesis and identified the priority of the individual links in the system depending on the stages of puberty. Correlation analysis confirmed the formation of heterochronically different stages of ontogenesis and identified the priority of individual components of the system, depending on the stages of puberty.

Keywords: systolic blood volume, minute volume of blood, heart rate, stage of sexual warming, adaptation

В последние годы в связи с развитием инновационных форм и методов обучения наблюдается внедрение в школьную практику множества новых образовательных технологий. Применение новых режимов обучения требует предварительных физиологических исследований функциональных возможностей школьников, выявления специфики адаптивных реакций на разных этапах онтогенеза.

Возрастная группа школьников 11–16 лет относится к пубертатному периоду онтогенеза, специфика которого в значительной мере определяется биологическим фактором – процессом полового созревания. Именно в этот период осуществляются значительные структурно-функциональные изменения сердечно-сосудистой системы, заметно перестраивается симпатно-адреналовая, эндокринная система, формируется «уровень здоровья» школьников [1, 3, 7]. Развитие всех физиологических систем в этот период предъявляет повышенные требования к СССР как системе жизнеобеспечения организма

и в состоянии покоя, и при воздействии физических нагрузок [4, 6].

Вместе с тем развитие ребенка – процесс развития социального существа, формирующегося под многообразным влиянием внешних факторов, среди которых выделяется комплекс нагрузок, связанных с учебной деятельностью. Эти нагрузки, вызывая развитие долговременной адаптации к ее воздействию, оказывают разно-стороннее влияние на организм учащихся, возрастное изменение параметров систем, состояние здоровья [2, 5, 8]. Специфика пубертатного периода развития характеризуется выраженными половыми и индивидуальными различиями сроков и темпов полового созревания. Половое созревание раньше начинается и заканчивается у девочек. По нашим данным, корреляционная связь показателей гемодинамики и стадии полового созревания более прочная, чем связь с возрастом. Коэффициент корреляции (r) составляет в среднем + 0,96 и + 0,68 соответственно. В связи с вышесказанным изучение показателей гемодинамики

проводилось нами в половых группах дифференцированно на каждой СПС.

Цель исследования – изучение показателей гемодинамики у подростков разного уровня половой зрелости в течение учебного года и их становления в процессе полового созревания.

Материалы и методы исследования

Обследовались практически здоровые школьники в возрасте 11–16 лет, учащиеся общеобразовательной школы города Казани. Общее количество обследованных подростков составляло 295 человек. Обследование проводилось трехкратно: в начале, середине и конце учебного года (октябре, феврале и апреле) в одни и те же дни недели и время суток – первая половина дня. Половое созревание подростков оценивалось по методике Д. Таннера. Физическую работоспособность определяли по тесту PWC₁₇₀. Для оценки функционального состояния ССС определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолический (СОК) и минутный (МОК) объем крови. ЧСС определялась с помощью кардиопульмонологического автоматизированного комплекса (АД-03М), сердечный выброс – реографическим методом с помощью реоплетизмографа РПГ-2-02. Проведена статистическая обработка результатов исследования с использованием метода параметрического и непараметрического анализа, и корреляционный анализ внутрисистемных и межсистемных взаимосвязей исследуемых показателей. Для оценки достоверности различий использовались стандартные значения критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ изменения гемодинамических параметров подростков позволил выявить, что возрастное становление показателей ССС в половых группах происходит гетерохронно. Значительные возрастные сдвиги величин СОК, МОК, ЧСС и достижение дефинитивного уровня раньше происходят в группе девочек.

По нашим данным (таблица), в обеих половых группах наблюдается снижение ЧСС от 1 ко 2 СПС (на 10,45% у мальчиков, на 8,62% у девочек; $p < 0,05$) и от 4 к 5 СПС (на 8,74% у мальчиков, на 18,25% у девочек; $p < 0,05$) и относительное повышение этого показателя от 2 к 3 стадии (на 3,88% у мальчиков, на 4,05% у девочек; $p < 0,05$), что обусловлено эндокринной перестройкой организма подростков [4]. Прирост сердечного выброса (СОК и МОК) более выражен на 3 СПС – в период интенсивного пубертата (таблица). На 4 стадии сердечный выброс в обеих половых группах достигает максимальных величин и остается на достигнутом уровне (СОК) или несколько снижается (МОК) к 5 СПС. Увеличение СОК от 1 к 5 СПС составило у мальчиков 69,76% ($p < 0,05$), у девочек – 42,63% ($p < 0,05$), увеличение МОК – 42,22%

и 18,75% соответственно ($p < 0,05$). Менее выраженный прирост МОК обусловлен значительным снижением ЧСС подростков на завершающем этапе пубертата. Обращает на себя внимание тот факт, что направленность и характер динамики показателей ССС в процессе полового созревания (от 1 к 5 СПС) совпадает у подростков разных половых групп. Наиболее значительное изменение показателей гемодинамики происходит на 3–4 СПС – в период интенсивного пубертата. На 5 стадии, по мере завершения пубертатных процессов, отмечается стабилизация показателей ССС на уровне, близком к дефинитивному. Вместе с тем выявлены значительные половые различия в абсолютных величинах показателей ССС подростков разного уровня половой зрелости. Различия в величинах ЧСС выявлены на 1–4 стадии, хронотропная активность сердца выше у девочек. Уровень СОК на 2 стадии выше у девочек, на 4 СПС – у мальчиков ($p < 0,05$). Различия уровня МОК выявлены на 1–3 стадии, где он выше у девочек и на 5 стадии, где он выше у мальчиков ($p < 0,05$). Таким образом, в период полового созревания абсолютные величины показателей ССС зависят от пола подростков, тогда как направленность динамики исследуемых параметров определяется уровнем половой зрелости школьников.

В наших исследованиях проводился корреляционный анализ показателей физического развития (длина тела, масса тела, площадь поверхности тела, физическая работоспособность) и показателей ССС (ЧСС, СОК, МОК). Прочная связь ЧСС с антропометрическими параметрами и физической работоспособностью выявлена у подростков 1–2 СПС (r составляет в среднем + 0,75 и + 0,90 соответственно). Примечательно, что зависимость от ЧСС не отмечается на последующих этапах полового созревания, где появляется стабильная связь этих показателей с СОК (r составляет в среднем + 0,68 и + 0,87 соответственно). Следовательно, на первом этапе полового созревания велико влияние хронотропного компонента сердечной деятельности на физическое развитие подростков, тогда как у старших школьников в обеих половых группах возрастает роль инотропного компонента. У подростков 5 СПС появляется отрицательная связь между ЧСС и физической работоспособностью ($r = -0,65$). Следовательно, высокая ЧСС в покое является фактором, сдерживающим физическую работоспособность подростков.

Анализ корреляционных взаимосвязей между показателями ССС показал, что у подростков 1–2 СПС имеет место связь

ЧСС-МОК ($r = +0,82$). На последующих этапах полового созревания, напротив, усиливается связь СОК-МОК ($r = +0,78$), а на 5 СПС появляется отрицательная связь

ЧСС-СОК ($r = -0,72$). Полученные результаты подтверждают усиление влияния инотропного компонента сердечной деятельности с возрастом [3].

Показатели гемодинамики у подростков разных стадий полового созревания

Пол	Стадия	ЧСС (уд/мин)	Ударный объем крови (мл)	Минутный объем крови (мл)
Мальчики	1	82,68 ± 0,79*	42,91 ± 0,97	3,58 ± 0,12 *
	2	74,96 ± 0,93 *#	45,55 ± 0,76*	3,45 ± 0,14*
	3	79,05 ± 0,97 * #	61,91 ± 0,88#	4,96 ± 0,11 * #
	4	77,99 ± 0,99*	74,00 ± 0,84 *#	5,78 ± 0,12 #
	5	70,50 ± 0,79#	72,55 ± 0,90 *	5,40 ± 0,10 *
Девочки	1	87,77 ± 1,07 *	45,55 ± 1,10	4,25 ± 0,10 *
	2	81,44 ± 1,16 *#	50,00 ± 0,91 *#	4,32 ± 0,16 *
	3	83,98 ± 1,35 *	64,05 ± 1,39#	5,44 ± 0,12* #
	4	85,87 ± 1,54 *	67,08 ± 1,00 *	5,85 ± 0,10
	5	72,84 ± 1,17#	65,74 ± 0,70 *	4,95 ± 0,10*#

Примечания: * – различия достоверны между мальчиками и девочками ($p \leq 0,05$); # – различия достоверны с предыдущей стадией полового созревания ($p \leq 0,05$).

Для оценки влияния учебной деятельности на состояние ССС подростков разного уровня полового созревания сравнивались показатели гемодинамики, полученные в октябре и апреле, и степень их изменений (рисунок). Направленность изменений показателей ССС, выявленная в течение учебного года, сопоставлялась с возрастной тенденцией.

Анализ сердечного ритма мальчиков в различные периоды учебного года показал, что на 1 СПС уменьшение ЧСС к концу года составляет 7,42% ($p < 0,05$), на 2 СПС – 12,16% ($p < 0,05$). Наблюдаемое изменение ЧСС подростков 1–2 СПС соответствует возрастной тенденции. У мальчиков 3 и 4 СПС, напротив, отмечается увеличение ЧСС от начала к концу учебного года. Прирост составляет 15,5 и 11,5% соответственно ($p < 0,05$). На 5 СПС различие в величинах ЧСС, полученных в октябре и апреле, незначительно, что свидетельствует о достижении дефинитивного уровня ЧСС к завершающему этапу полового созревания. Исследование СОК мальчиков в зависимости от периода учебного года показало, что на 1–2 СПС наблюдается увеличение его уровня от начала к концу учебного года. Прирост СОК составляет 11,41 и 31,4% соответственно ($p < 0,05$). Выявленная динамика соответствует возрастной тенденции. У мальчиков 3–4 СПС в динамике СОК, также как и в динамике ЧСС, отмечается противоположная тенденция возрастной и адаптационной направленности изменений. Снижение величины этого параметра от октября к апрелю составляет 14,11 и 12,53% соответственно ($p < 0,05$). Выявленные закономерности – следствие адаптационной реакции ССС на воздействие

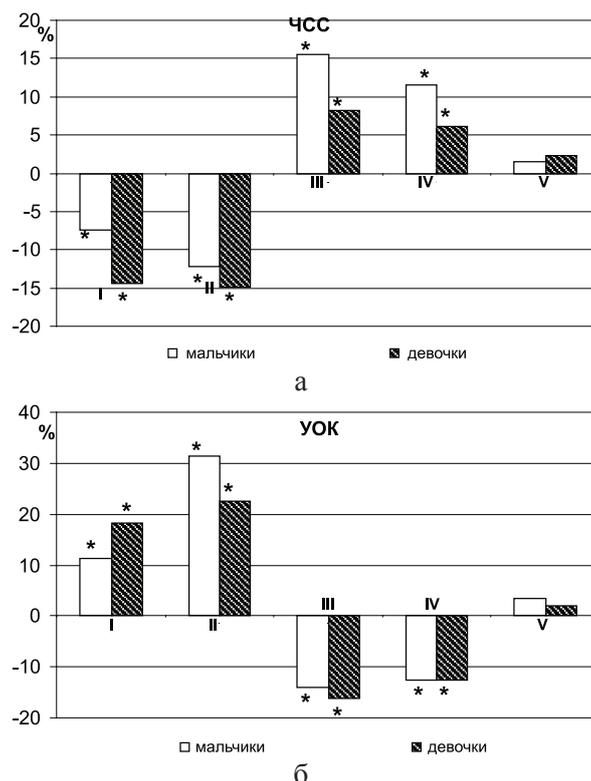
длительно действующей учебной нагрузки и развивающегося утомления школьников к концу учебного года. Наблюдаемое изменение оценивается как неблагоприятное, происходящее под влиянием учебной деятельности и свидетельствующее о напряженном функционировании ССС в конце учебного года у школьников второго этапа полового созревания [5, 8]. У школьников 5 СПС не выявлена зависимость величины СОК от периода исследования.

В наших исследованиях изучалась роль хронотропного и инотропного компонентов сердечной деятельности в поддержании относительно стабильного уровня МОК в течение учебного года. Установлено, что у мальчиков 1–2 СПС постоянный уровень МОК в динамике учебного года достигается сбалансированностью составляющих его параметров – снижением ЧСС и увеличением СОК (рисунок). На 3–4 СПС снижение СОК к концу учебного года компенсируется нарастанием ЧСС, обеспечивая тем самым поддержание достаточного сердечного выброса и отражая сопряженность в деятельности инотропного и хронотропного компонентов сердца. У школьников 5 СПС поддержание уровня МОК обеспечивается относительной стабильностью обоих составляющих его параметров.

У девочек (рисунок) изменение ЧСС более выражено на 1 и 2 СПС. Снижение ее величины к концу учебного года составляет в среднем 14,71% ($p < 0,05$), что не противоречит возрастной динамике ЧСС. Выявленное увеличение СОК наблюдается от октября к апрелю, где его различие с фоновым уровнем статистически значимо (прирост составляет 18,34 и 22,52% соответственно; $p < 0,05$). У девочек 3–4 СПС,

как и у мальчиков соответствующего уровня половой зрелости, выявлено увеличение ЧСС в среднем на 7,14% ($p < 0,05$) и снижение СОК на 14,30% ($p < 0,05$) от начала к концу учебного года. Наблюдаемое изменение не соответствует возрастной динамике и является следствием влияния как нейроэндокринной перестройки организма подростков [4], так и внешних условий (режимов обучения, школьной гиподинамии, влиянием статической нагрузки), которые оказывают неблагоприятное воздействие

на организм, вызывая напряженное функционирование ССС [5, 8]. У девочек 5 СПС гемодинамические показатели характеризуются относительной стабильностью, что вполне закономерно на завершающем этапе полового созревания. Анализ величин МОК в различные периоды учебного года не выявил их статистически значимого изменения в группе школьниц. Следует отметить, что механизм обеспечения стабильности уровня МОК у девочек тот же, что и в группе мальчиков.



Изменение ЧСС (А), УОК (Б) у подростков разных стадий полового созревания в течение учебного года (в процентах к началу учебного года):
* – различия достоверны по сравнению с началом учебного года

Анализ корреляционных связей показателей ССС, проведенный в конце учебного года, позволил установить, что у подростков обеих половых групп на 1–2 СПС уменьшается прочность связи МОК-ЧСС ($r = +0,74$ у мальчиков, $r = +0,65$ у девочек) и увеличивается прочность связи СОК-МОК ($r = +0,85$ и $r = +0,89$ соответственно). Наблюдаемое явление отражает достаточно хороший уровень адаптивных реакций ССС. У подростков 3–4 СПС в конце учебного года ослабевают внутрисистемные связи показателей ССС. Выявлено уменьшение прочности связи СОК-МОК ($r = +0,63$ у мальчиков, $r = +0,61$ у девочек) и формирование отрицательной корреляционной

связи ЧСС-УОК ($r = -0,86$ и $r = -0,89$ соответственно). Следует отметить, что у подростков в период интенсивного пубертата наблюдается ослабление корреляционных связей параметров ССС и с показателями физического развития. В конце учебного года значительно ослабевают связи СОК и физической работоспособности ($r = +0,70$ у мальчиков и $+0,62$ у девочек). На завершающем этапе полового созревания (5 СПС) к концу учебного года увеличивается прочность связи МОК-СОК ($r = +0,94$ у мальчиков, $r = +0,91$ у девочек), СОК и физической работоспособности ($r = +0,96$, $r = +0,92$ соответственно), что оценивается как благоприятная реакция [3].

Заключение

Результаты наших исследований показали, что второй этап полового созревания (3–4 СПС) можно оценить как период повышенной чувствительности к неблагоприятным воздействиям внешней среды (в том числе к учебной нагрузке). Это критический период в развитии ССС, обусловленный интенсивным становлением гемодинамических параметров и характеризующийся напряженным функционированием ССС в конце учебного года. Завершающий этап полового созревания (5 СПС) характеризуется достаточной зрелостью и хорошими адаптивными возможностями ССС подростков, относительной устойчивостью системы к действию учебной нагрузки. Выявленные закономерности следует учитывать при организации учебно-воспитательного процесса в школе.

Список литературы

1. Антропова М.В., Параничева Т.М., Манке Г.Г. Здоровье и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы школьников 10–11 лет // Новые исследования. – 2009. – Т. 1. – № 20. – С. 15–25.
2. Антропова М.В., Кузнецова Л.М., Параничева Т.М. Умственная работоспособность и ее особенности в связи с половым созреванием у школьников 11–13 лет // Физиология человека. – 2006. – Т. 32. – № 1. – С. 37–44.
3. Крылова А.В. Изменение корреляционных связей показателей физического развития и сердечно-сосудистой системы школьников 11–16 лет // Достижения биологической физиологии и их место в практике образования: тезисы докл. Всерос. конф. (Самара, 27–28 мая 2003 г.). – Самара, 2003. – С. 123–124.
4. Крылова А.В. Адаптивные реакции сердечно-сосудистой и симпатно-адреналовой систем подростков на разных этапах пубертата // Научные труды 1 съезда физиологов СНГ: тезисы докл. 1 съезда физиологов СНГ (Сочи, Дагомыс, 19–23 сентября 2005 г.) – М., 2005. – С. 152–153.
5. Крылова А.В. Влияние режимов обучения на возрастную динамику показателей сердечно-сосудистой системы школьников // Физиология развития человека: материалы международной научной конф. (Москва, 22–24 июня 2009 г.). – М., 2009. – С. 77–78.
6. Лучицкая Е.С., Русанов В.Б. Функциональные особенности гемодинамики подростков в условиях различной двигательной активности // Физиология человека. – 2009. – Т. 35. – № 4. – С. 43–50.
7. Ситдиков Ф.Г. Гормональный статус и вегетативный тонус у детей 7–15-летнего возраста. / М.В. Шайхелисламова – Казань: ТГТТУ, 2008. – 147 с.
8. Суворова А.В., Черныкина Т.С., Якубова И.Ш., Блинова Л.Т. Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы школьников как критерий адаптационных процессов к интенсивной учебной деятельности // Профилактическая и клиническая медицина. – 2012. – № 4 – С. 51–55.

References

1. Antropova M.V., Paraniecheva T.M., Manke G.G. Zdravie i funkcionalnoe sostoyanie serdechno-sosudistoy sistemy shkolnikov 10–11 let // Noveye issledovaniya. 2009. no. 20. pp. 15–25.
2. Antropova M.V., Kuznetsova L.M., Paraniecheva T.M. Umstvennaya rabotosposobnost' i ee osobennosti v svyazi s polovym sozrevaniem u shkolnikov 11–13 let // Fiziologiya cheloveka. 2006. T. 32. no. 1. pp. 37–44.
3. Krylova A.V. Izmenenie korrelyatsionnykh svyazey pokazateley fizicheskogo razvitiya i serdechno-sosudistoy sistemy shkol'nikov 11–16 let. Dostizheniya biologicheskoy funkciologii i ih mesto v praktike obrazovaniya: tezisy dokl. Vseros. konf. (Samara, 27–28 maya 2003 g.). Samara. 2003. pp. 123–124.
4. Krylova A.V. Adaptivnye reakcii serdechno-sosudistoy i simpato-adrenalovoy sistem podrostkov na raznykh etapah pubertata // Nauchnye trudy 1 sjezda fiziologov SNG: tezisy dokl. 1 sjezda fiziologov SNG (Sochi, Dagomys, 19–23 sentyabrya 2005 g.). Moskva. 2005. pp. 152–153.
5. Krylova A.V. Vliyaniye rezhimov obucheniya na vozrastnuyu dinamiku pokazateley serdechno-sosudistoy sistemy shkol'nikov // Fiziologiya razvitiya cheloveka: Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konf. (Moskva, 22–24 iyunya 2009 g.). Moskva. 2009. pp. 77–78.
6. Luchitskaya E.S., Rusanov V.B. Funkcional'nye osobennosti gemodinamiki podrostkov v usloviyakh razlichnoy dvigatel'noy aktivnosti // Fiziologiya cheloveka. 2009. T.35. no. 4. pp. 43–50.
7. Sitdikov F.G.. Gormonal'nyj status i vegetativnyj tonus u detej 7–15-letnego vozrasta / Shajhelislamova M.V. Kazan': TGGPU. 2008. 147 p.
8. Suvorova A.V., Chernyakina T.S., Yakubova I.Sh., Blinova L.T. Pokazateli funkcional'nogo sostoyaniya serdechno-sosudistoy sistemy shkol'nikov kak kriteriy adaptatsionnykh processov k intensivnoy uchebnoy deyatelnosti // Profilakticheskaya i klinicheskaya medicina. 2012. no. 4. pp. 51–55.

Рецензенты:

Нигматуллина Р.Р., д.б.н., профессор кафедры нормальной физиологии Казанского государственного медицинского университета, г. Казань;

Биктемирова Р.Г., д.м.н., профессор кафедры анатомии, физиологии и охраны здоровья человека Института физической культуры, спорта и восстановительной медицины Казанского федерального университета, г. Казань.

Работа поступила в редакцию 31.01.2014.