

УДК [616.1 + 616.8] – 053.6

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ПОДРОСТКОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**Мыльникова И.В., Ефимова Н.В.***ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»,
Ангарск, e-mail: medecolab@inbox.ru*

В статье представлены результаты оценки функционального состояния сердечно-сосудистой (ССС), центральной и вегетативной нервной систем (ЦНС и ВНС) у подростков, проживающих на городских (324 человека), пригородных (52 человека) и сельских (67 человек) территориях Иркутской области. Используются методы возрастной физиологии. Установлено, что функциональное состояние ССС и ВНС значительной части подростков городской и пригородной территорий имеет неблагоприятные признаки: вегетативная недостаточность (I, II и IV типа вегетативной регуляции), снижение скорости анализа и синтеза информации; снижение уровня функциональных возможностей центральной нервной системы. Состояние здоровья подростков, проживающих в сельской местности, характеризуется соответствующей возрасту скоростью восприятия и обработки информации, средним уровнем функциональных возможностей ЦНС; средним типом подвижности нервных процессов; оптимальным вариантом вегетативной регуляции.

Ключевые слова: функциональное состояние, сердечно-сосудистая система, вегетативная нервная система, центральная нервная система, подростки, город, пригород, село

COMPARATIVE ASSESSMENT OF FUNCTIONAL STATE OF THE URBAN AND RURAL ADOLESCENTS OF IRKUTSK OBLAST**Myl'nikova I.V., Efimova N.V.***FSBSI «East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research»,
Angarsk, e-mail: medecolab@inbox.ru*

The article presents the results of the status of the functional state of the cardiovascular (CVS), central and autonomic nervous systems (CNS and ANS) of the urban suburban and rural adolescents (324, 52 and 67 people) Irkutsk region. Methods age physiology were used. Most of the urban and suburban adolescents is a irregularities of the functional state of the CVS and ANS: autonomic failure (I, II and IV of the type of vegetative regulation), decrease in the rate of analysis and synthesis of information; reducing the functionality of the CNS. All surveyed rural adolescents have: speed of perception and processing of information, corresponding to the age, the average functionality of the CNS, the average type of mobility of nervous processes; the best option autonomic regulation.

Keywords: functional status, cardiovascular system, autonomic nervous system, central nervous system, adolescents, urban, suburban, rural

К настоящему времени очевидным является факт, что влияние химического загрязнения окружающей среды приносит значительный ущерб здоровью населения, в том числе детей и подростков [4]. Для выявления воздействия химического загрязнения окружающей среды на здоровье, как правило, используются показатели заболеваемости, смертности, средней продолжительности жизни, т.е. уже сложившихся клинико-функциональных нарушений. В этих случаях проведенные исследования не позволяют достичь профилактической цели, т.к. вернуть организму исходное функциональное состояние уже не представляется возможным. Более широкие возможности гигиенической науке открывает использование методов возрастной физиологии, основанных на выявлении физиологических критериев вредности [7].

Поскольку рост и развитие организма в детском и подростковом возрасте еще продолжаются, то изменения деятельности функциональных систем при воздействии

факторов окружающей среды обнаруживаются в первую очередь у детей и подростков. Обеспечение адаптивной деятельности в значительной степени реализуется центральной и вегетативной нервной системой, а индикатором компенсаторно-приспособительных возможностей общепризнано считаются сердечно-сосудистая и нервная системы. Следовательно, наиболее точную информацию о состоянии здоровья подростка можно получить, изучая функциональное состояние перечисленных систем жизнеобеспечения организма.

Цель исследования – оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой, центральной и вегетативной нервной системы у подростков городских, пригородных и сельских территорий Иркутской области.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленной цели обследовано 443 подростка 11–17 лет, обучающихся в общеобразовательных учреждениях юга Иркутской области. Медико-биологические и социальные критерии включения в обследование: 1, 2 и 2А группы здоро-

вья; родившиеся от 1–2 неосложненной беременности; неотягощенный генетический и перинатальный анамнез; уровень дохода на 1 члена семьи выше прожиточного минимума на момент обследования (в пределах 5200–6700 руб.). Функциональные обследования подростков выполнены в соответствии с обязательным соблюдением этических принципов медико-биологических исследований, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г. с дополнениями 1983 г., с национальным стандартом ГОСТ-Р 52379–2005 г. и ФЗ № 152 «О персональных данных» (от 27.07.06 г. с изменениями и дополнениями от 19.04.2013 г.). Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН (закл. № 4 от 14.11.2012 г.).

Группы сформировали по признаку постоянного местожительства: 1 группа наблюдения – 324 подростка, проживающих в г. Ангарске – промышленном городе с очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА = 17,5); 2 группа наблюдения – 52 подростка сельского населенного пункта, расположенного в пригородной зоне г. Ангарска с повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА = 6,7); группа контроля – 67 подростков, проживающих в селе с низким уровнем загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА = 4,4), удаленных от источников техногенного загрязнения окружающей среды.

Адаптированность сердечно-сосудистой системы (ССС) подростков оценивали по комплексу показателей, рассчитываемых по данным измерения длины и массы тела, систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД), частоты сердечных сокращений (ЧСС) и дыхания (ЧД). Использовали: индекс Робинсона (ИР); коэффициент экономизации кровообращения (КЭК) и коэффициент выносливости (КВ); индекс функциональных изменений (ИФИ).

ИР рассчитывали по формуле: $ИР = ЧСС \times (САД) / 100$. Величину ИР оценивали по шкале значений, утв. пр. Минздрава РФ и Минобразования РФ от 30.06.1992 г. № 186/272. Расчет КЭК проводили по формуле: $КЭК = (САД - ДАД) \times ЧСС$. В норме значение данного коэффициента приближается к 2600.

Коэффициент выносливости рассчитывали по формуле: $КВ = (ЧСС \times 10) / 100$. Данный показатель характеризует способность сердечно-сосудистой и дыхательной систем противостоять утомлению во время мышечной активности. Расчет ИФИ проводили по формуле: $ИФИ = (0,011 \times \text{частота пульса}) + (0,014 \times \text{систолическое артериальное давление}) + (0,008 \times \text{диастолическое артериальное давление}) + (0,014 \times \text{возраст}) + (0,009 \times \text{масса тела}) - (0,009 \times \text{длина тела}) - 0,27$. Значения ИФИ оценивали согласно градациям (по Р.М. Баевскому, 1987).

Функциональное состояние вегетативной нервной системы (ВНС) исследовали методом кардиоинтервалографии с помощью автоматизированного комплекса «ВНС-микро-3» (Компания «Нейрософт», г. Иваново). ЭКГ-сигнал регистрировали в состоянии покоя, в условиях, соответствующих требованиям Международных стандартов (1996). Преобладающий тип вегетативной регуляции (ВР) сердечного ритма определяли по классификации Н.И. Шлык (2003, 2009): I тип регуляции (индекс напряжения (ИН) > 100, мощность спектра в диапазоне очень низких частот, mc^2 (VLF) > 240) – умеренное преобладание центральной регуляции сердечного

ритма; II тип регуляции (ИН > 100, VLF < 240) – выраженное преобладание симпатической регуляции сердечного ритма; III тип регуляции (100 > ИН > 25, VLF > 240) – умеренное преобладание автономной регуляции сердечного ритма; IV тип регуляции (ИН < 25, VLF > 500; общая мощность спектра, mc^2 (TP) > 8000–10000) – выраженное преобладание автономной регуляции сердечного ритма [6].

Оценку функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) проводили с помощью простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) на приборе «НС-Психотест» (компания «Нейрософт», г. Иваново, Россия). Для оценки функционального состояния ЦНС использовали показатели времени реакции и критерии Зимкиной-Лоскутовой (1978): функциональный уровень системы (ФУС, у.е.), устойчивость системы (УС, у.е.), уровень функциональных возможностей (УФВ, у.е.). Полученные результаты оценивали по НСФТ 010999.001 МУ [2].

Статистический анализ результатов проводили с помощью пакета стандартных статистических программ Microsoft Excel. В зависимости от нормальности распределения (оценивали по критерию проверки на симметричность) использовали параметрические (частоту явления на 100 обследованных и ошибку показателя ($P \pm p$)) и непараметрические (медиана, 1 и 3 квартили [$Me/Q_1 - Q_3$]) методы. Различия между показателями оценивали при нормальном распределении – по критерию t-Стьюдента, при отсутствии нормального распределения – по критерию Ван дер Вардена. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,016$ (с поправкой Бонферрони).

Результаты исследования и их обсуждение

Гендерные различия изучаемых показателей среди обследованных подростков не выявлены, поэтому анализ полученных данных выполнен без учета половой принадлежности.

В результате комплексной оценки систолической работы сердца и функционального состояния сердечно-сосудистой системы по показателю ИР установлено, что у всех обследованных подростков функциональные возможности сердечно-сосудистой системы снижены относительно нормального уровня. Проведена оценка распределения подростков в зависимости от уровня ИР. Доля лиц с *отличным и хорошим уровнем функционального состояния ССС* составила среди городских подростков – $43,8 \pm 2,8\%$, подростков пригородного поселка – $31,4 \pm 6,4\%$, сельских подростков – $54,2 \pm 6,1\%$. Отмечено, что доля лиц с *недостаточными функциональными возможностями ССС* преобладала среди подростков пригородного поселка – $50,9 \pm 6,9\%$. Среди городских и сельских подростков лица с недостаточными функциональными возможностями встречались в 1,4 и 2,4 раза реже ($36,1 \pm 2,7\%$ и $20,8 \pm 4,9\%$ соответственно). Обращает

на себя внимание тот факт, что доля лиц с признаками нарушения и непосредственно нарушением деятельности ССС (согласно значениям ИР) среди обследованных подростков не имела статистически значимых различий (1-я группа – $20,1 \pm 2,2\%$, 2-я – $17,7 \pm 5,3\%$ и 3-я – $25 \pm 5,3\%$). Медиана значений КЭК у обследованных подростков превышала значение условной нормы. При этом отмечено, что КЭК находится в пределах нормы у $30,2 \pm 2,5\%$ городских подростков, $17,6 \pm 5,3\%$ подростков пригородного поселка, $20,8 \pm 4,9\%$ сельских подростков. Общеизвестно, что КЭК отражает затраты организма на передвижение крови в сосудистом русле. Соответственно, чем больше величина КЭК, тем больше расходуется резервов ССС. Также доказано, что, чем больше значение ИР, тем большую работу производит сердечная мышца (табл. 1).

Представляет интерес оценка КВ у обследованных подростков. Величина медианы КВ у подростков, независимо от территории проживания, указывает на ослабление сердечной деятельности. При этом доля лиц с оптимальным уровнем сердечной деятельности составила у сельских подростков – $39,6 \pm 5,9\%$, у городских подростков и подростков пригородного поселка – $26,2 \pm 2,4\%$ и $21,6 \pm 5,7\%$ соответственно.

Сравнительная оценка ИФИ показала, что независимо от условий проживания, среди обследованных подростков преобладают лица с удовлетворительными адаптивными возможностями. Среднегрупповой показатель составил: у городских подростков – $70,7 \pm 2,5\%$, подростков пригородного поселка – $62,9 \pm 9,3\%$, сельских подростков – $81,2 \pm 5,6\%$. Максимальная доля лиц с напряжением механизмов адаптации отмечена среди подростков пригородного поселка ($37,4 \pm 9,3\%$), городских подростков ($29,3 \pm 2,5\%$), а минимальная – у сельских подростков ($18,8 \pm 5,6\%$).

Учитывая, что информативным признаком ухудшения здоровья и снижения адаптивных возможностей организма является нарушение вегетативной регуляции сердечного ритма [1], представляет интерес распределение типов ВР сердечного ритма в группах обследованных подростков. Установлено, что у подростков всех трех групп преобладал оптимальный вариант вегетативной регуляции (III тип). Однако доля лиц с III типом ВР среди подростков пригородной территории в 1,4 и 1,5 раза меньше, чем в группах городских и сель-

ских подростков. Доля лиц с выраженным преобладанием автономной регуляции (IV тип ВР) у подростков пригородного поселка превышает значения показателя среди городских и сельских подростков в 1,8 и 1,6 раза соответственно. Подростки с нарушениями ВР I и II типа выявлены во всех группах обследованных. Изменения в функционировании ВНС при I типе ВР, заключающиеся в умеренном преобладании симпатической и центральной регуляции сердечного ритма, выявлены у городских подростков и подростков пригородного поселка в 2,4 и 3,9 раза чаще, чем у сельских подростков. Отмечено, что доля лиц с II типом ВР, характеризующаяся преобладанием центральной регуляции над автономной и функциональным напряжением деятельности регулирующих систем организма, среди городских и сельских подростков в 1,8 и 1,3 раза больше, чем среди подростков пригородного поселка (табл. 2).

Проведена сравнительная оценка показателя времени ПЗМР, который отражает интенсивность процессов восприятия информации и аналитико-синтезирующую функцию высших отделов нервной системы. Выявлено, что у городских подростков значение времени ПЗМР превышает величину показателя у подростков пригородного поселка в 2,2 раза, у сельских подростков – в 2,3 раза. Кроме того, медиана показателя времени реакции у городских подростков в 2,1 раза превышает показатель возрастной нормы. Установленный факт свидетельствует о снижении у городских подростков скорости восприятия и обработки информации, принятия решений. Показатель времени ПЗМР позволяет также оценивать подвижность нервных процессов. Величина анализируемого показателя у городских подростков указывает на ярко выраженную инертность нервных процессов. Тогда как у сельских подростков и подростков пригородного поселка значение времени реакции соответствует возрастной норме и среднему уровню подвижности нервных процессов (табл. 3).

Выполнение ПЗМР позволило оценить уровень функционального состояния по критериям Т.Д. Лоскутовой. Установлено, что у городских подростков он снижен по показателям ФУС, УР, УФВ. Уровень функциональных возможностей является проявлением адаптивной реакции организма, заключающейся в способности ЦНС индивидуума формировать в соот-

ветствии с задачей функциональную систему и удерживать ее продолжительное время. Сочетание низкой скорости реакции и ярко выраженной инертностью нервных процессов с низким уровнем функциональных возможностей указывает на рассогласование взаимоотношений между центрами зрительного и моторного анализаторов. У подростков пригородного села и сельских подростков анализируемые показатели находились в пределах условной нормы.

Проведенное исследование показало, что у значительной части обследованных подростков независимо от места жительства наблюдается снижение аэробных возможностей (согласно значениям ИР). При этом реализация центрального кровообращения осуществляется за счет повышенного расходования резервов организма (по данным КЭК), что сопровождается ослаблением сердечной мышцы (по величине КВ). Тем не менее в большинстве случаев функциональное состояние ССС подростков объясняется особенностями возрастного периода и характеризуется удовлетворительным состоянием компенсаторно-приспособительных возможностей. Обращает на себя внимание, тот факт что, напряжение адаптивных механизмов является компенсированным у $25 \pm 2,4\%$ городских подростков, $21,7 \pm 5,7\%$ – подростков пригородного поселка,

$14,7 \pm 4,3\%$ – сельских подростков. Вместе с тем нами выявлено, что высокий уровень химической ингаляционной нагрузки, характерной для промышленных городов и сельских населенных пунктов, расположенных в зоне влияния крупных индустриальных объектов, снижает уровень здоровья подрастающего поколения. Доля лиц с неудовлетворительным функциональным состоянием, сопровождающимся напряжением адаптивных механизмов среди подростков пригородного поселка в 3,7–3,8 раза больше, чем у городских и сельских подростков. Явления функциональной недостаточности более выражены у городских подростков и подростков пригородного села. У сельских подростков выявлены более высокие компенсаторные возможности ССС, что согласуется с исследованиями Суетновой Ю.Ю., Сетко Н.П. [5]. Особенности вегетативной регуляции у подростков городской и пригородной территорий является более значительная, чем у сельских подростков, доля лиц с I и II типом ВР. Таким образом, у городских подростков и подростков пригородного поселка чаще, чем среди сельских подростков, встречаются лица с признаками нарушения деятельности ССС в сочетании с вегетативной недостаточностью. Полученные нами результаты корреспондируют с данными, представленными в работах Михайловой С.В. [3].

Таблица 1

Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы подростков

| Группы обследованных подростков | Me/(Q ₁ -Q ₃), нормальные значения | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|------------------------|------------------|
| | ИР (70–84 у.е.) | КЭК (2500–3000 у.е.) | КВ (12,8–14,8 у.е.) | ИФИ (2,1 и <) |
| 1 – город | 86,2/(73,2–88,4) | 3040/(2950–3120) | 19,6/(18,5–20,4) | 1,93/(1,85–1,98) |
| 2 – пригород | 86,9/(72,5–89,1) | 3168/(3025–3250) | 19,8/(18,9–21) | 1,98/(1,84–2,01) |
| 3 – село | 76,6/(74,2–78,5) | 2945/(2850–3080) | 19,1/(18,7–19,9) | 1,87/(1,77–1,95) |

Таблица 2

Частота типа вегетативной регуляции у подростков (на 100 обследованных, P ± p)

| Тип регуляции | 1 – город | 2 – пригород | 3 – село | Достоверность различий по Стьюденту |
|---------------|------------|--------------|------------|--|
| I тип | 7,1 ± 1,4 | 11,5 ± 4,4 | 2,9 ± 2,1 | p < 0,001 ¹⁻³ p < 0,001 ²⁻³ |
| II тип | 8,2 ± 1,6 | 3,6 ± 3,5 | 4,5 ± 2,5 | p < 0,001 ¹⁻² p < 0,001 ¹⁻³ |
| III тип | 68,5 ± 2,7 | 50,0 ± 9,4 | 74,7 ± 5,3 | – |
| IV тип | 15,7 ± 2,1 | 28,6 ± 8,5 | 17,9 ± 4,7 | – |

Таблица 3

Показатели простой зрительно-моторной реакции у подростков [Me/Q₁-Q₃]

| Показатель | 1 – город | 2 – пригород | 3 – село | Достоверность различий по критерию Ван дер Вардена |
|----------------|---------------|---------------|---------------|--|
| Время ПЗМР, мс | 509/(490-520) | 227/(214-247) | 218/(208-233) | p < 0,001 ¹⁻² p < 0,001 ¹⁻³ |
| ФУС, у.е. | 2,7/(2,4-3,1) | 4,2/(3,9-4,6) | 4,5/(4,1-4,6) | p < 0,001 ¹⁻² p < 0,001 ¹⁻³ |
| УР, у.е. | 1,0/(0,7-1,2) | 1,7/(1,4-2,3) | 1,9/(1,6-2,2) | |
| УФВ, у.е. | 1,7/(1,5-2,2) | 3,3/(2,9-3,6) | 3,7/(3,2-3,8) | p < 0,001 ¹⁻² p < 0,001 ¹⁻³ |

Выводы

1. Установлено, что функциональное состояние ССС подростков является удовлетворительным. Лица с неудовлетворительным функциональным состоянием ССС и напряжением адаптивных механизмов чаще встречаются среди подростков городской и пригородной территорий.

2. Деятельность ВНС большинства подростков осуществляется по оптимальному типу вегетативной регуляции. Подростков с нарушениями вегетативной регуляции среди подростков города и пригородного села в 2 раза больше по сравнению с сельскими подростками.

3. Функциональные возможности ЦНС подростков пригородной и сельской территорий соответствуют возрастной норме. У городских подростков выявлено снижение функционального состояния ЦНС, проявляющееся снижением скорости времени реакции и инертностью нервных процессов.

Список литературы

1. Влияние тревожности на функционирование кардиореспираторной системы / Д.А. Дмитриев, Е.В. Саперова, А.Д. Дмитриев, Ю.Д. Карпенко // Физиология человека. – 2014. – № 4. – С. 91–98.
2. Мантрова И.Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике / И.Н. Мантрова. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2008. – 216 с.
3. Михайлова С.В. Особенности морфофункциональной адаптации сельских и городских школьников Нижегородской области в современных условиях // Современные научные исследования и инновации. 2013. № 12 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/12/30067> (дата обращения: 09.12.2014).

4. Рахманин Ю.А., Синицына О.О. Состояние и актуализация задач по совершенствованию научно-методологических и нормативно-правовых основ в области экологии человека и гигиены окружающей среды // Гигиена и санитария. – 2013. – № 5. – С. 4–11.

5. Суетнова Ю.Ю., Сетко Н.П. Особенности функционального состояния организма городских и сельских подростков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 12. – С. 197–200.

6. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: «Удмуртский университет», 2009.

7. Экологическая зависимость физиологических функций человека: научное издание / Л.К. Добродеева и др. – Архангельск: изд-во АГТУ, 2007.

References

1. Vlijanie trevozhnosti na funkcionirovanie kardiorespiratornoj sistemy / D.A. Dimitriev, E.V. Saperova, A.D. Dimitriev, Ju.D. Karpenko // Fiziologija cheloveka. 2014. no. 4. pp. 91–98.
2. Mantrova I.N. Metodicheskoe rukovodstvo po psihofiziologicheskoj i psihologicheskoj diagnostike / I.N. Mantrova. Ivanovo: ООО «Nejrosoft», 2008. 216 p.
3. Mihajlova S.V. Osobennosti morfofunkcional'noj adaptacii sel'skih i gorodskih shkol'nikov Nizhegorodskoj oblasti v sovremennyh uslovijah // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2013. no. 12 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/12/30067> (data obrashhenija: 09.12.2014).
4. Rahmanin Ju.A., Sinitsyna O.O. Sostojanie i aktualizacija zadach po sovershenstvovaniju nauchno-metodologicheskij i normativno-pravovyh osnov v oblasti jekologii cheloveka i gigeny okruzhajushhej sredy // Gigiena i sanitarija. 2013. no. 5. pp. 4–11.
5. Suetnova Ju.Ju., Setko N.P. Osobennosti funkcional'nogo sostojanija organizma gorodskih i sel'skih podrostkov // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo uchniversiteta. 2006. no. 12. pp. 197–200.
6. Shlyk N.I. Serdechnyj ritm i tip reguljacii u detej, podrostkov i sportsmenov. Izhevsk: «Udmurtskij universitet», 2009.
7. Jekologicheskaja zavisimost' fiziologicheskij funkcij cheloveka: nauchnoe izdanie / L.K. Dobrodeeva i dr. Arhangel'sk: izd-vo AGTU, 2007.