

**ФОРМИРОВАНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ ШКОЛЬНИКОВ СТАРШИХ КЛАССОВ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ НАЛИЧИЯ ИЛИ ОТСУТСТВИЯ ТРЕНИРОВОК НА  
ВЫНОСЛИВОСТЬ.**

Е.С.Лучицкая. *Институт медико-биологических проблем РАН г. Москва  
Хорошевское шоссе 76 А, Москва 123007 Россия  
Тел.: +7 (499) 195-2363*

В.Б.Русанов. *Владимирский государственный педагогический университет*

**Введение.** Изучение реакций сердца и сосудистой системы на разнообразные воздействия является одним из основных вопросов адаптации, поскольку изменение параметров кровообращения могут, как расширять, так и лимитировать приспособительные возможности организма [3, 6].

Типологические особенности церебрального, системного кровообращения и их вегетативного обеспечения определяют закономерности организации внутри- и межсистемных взаимодействий гомеостатических механизмов, их иерархичность, порядок включения и особенности вклада каждого из структурно-функциональных элементов в организацию процессов оптимизации мозгового кровообращения [4].

Большинство авторов, занимающихся исследованием мозгового кровообращения, указывают на большую изменчивость церебрального кровообращения и, следовательно, на широкие функциональные возможности в обеспечении метаболизма нервной ткани головного мозга в период резкой нейроэндокринной перестройки организма. Имеются данные о зависимости вариабельности показателей кровенаполнения мозга подростков от степени их физического развития [2].

Различные условия внешней среды и естественной деятельности приводят к разнонаправленным изменениям показателей центральной и церебральной гемодинамики, а также регуляции сердечного ритма, которые обеспечивают необходимый уровень метаболизма в развивающемся организме [7].

**Целью исследования** явилось изучение функциональных особенностей гемодинамики подростков в зависимости от условий двигательной активности и информационной среды.

**Материалы и методы исследования.** Изучены гемодинамические показатели у 138 практически здоровых подростков в возрасте 15-16 лет: 96 учащихся общеобразовательной школы (58 девочек и 38 мальчиков) и 42 школьника, регулярно занимающихся плаванием в школах олимпийского резерва (12 девочек и 30 мальчиков). Обследование групп подростков проводилось дважды – в начале и в конце учебного года (сентябрь, май). Изучаемые параметры рассматривались с учетом пола и уровня двигательной активности.

*Дата поступления: 30.10.2006.*

Исследования выполнены с использованием аппаратно-программных комплексов «Рео-Спектр-2» (для записи реоэнцефалокардиографии) и «Поли-спектр-3» (для исследования вариабельности сердечного ритма), выпускаемых фирмой «Нейрософт» г.Иваново. Для статистической обработки результатов использовалась специализированная программа «Статистика» (STATISTICA 6.0).

Метод вариабельности ритма сердца позволяет оценить состояние общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами автономной нервной системы. Метод основан на математической обработке временных интервалов между R-зубцами ЭКГ, построении динамических рядов кардиоинтервалов и последующем анализе полученных числовых рядов.

Реография основана на измерении биологического импеданса тканей, меняющегося пропорционально пульсовому кровенаполнению органа. Метод реоэнцефалокардиографии позволяет получить объективную информацию о кровоснабжении головного мозга и эластических свойствах церебральных сосудов.

**Результаты исследования.** При исходном обследовании подростки, не занимающиеся спортом, и пловцы такого же возраста не имели достоверных отличий по показателям центральной гемодинамики. Поэтому можно говорить о том, что имелась относительно однородная популяция в начале года. В результате действия разных факторов внешней среды, (а именно, наличия или отсутствия систематических тренировок на выносливость) были выявлены разнонаправленные изменения в функционировании и в регуляции работы сердца и сосудов.

Значительное увеличение ударного объема крови (УОК) и ударного индекса (УИ) в покое у спортсменов обоего пола подтверждает многочисленные данные об экономизации работы сердца. У девушек по отношению к юношам данные показатели имеют меньшую величину. Очевидно, это связано не только с половыми особенностями, но и с тем, что подобное явление обусловлено преобладающим влиянием парасимпатического отдела ВНС в организме девушек, тренирующихся на выносливость.

Динамика по минутному объему крови (МОК) и сердечному индексу (СИ), наоборот, является у спортсменов отрицательной. Наиболее экономически выгодным изменением кардиогемодинамики при занятиях спортом является увеличение МОК не за счет увеличения ЧСС, а за счет повышения УОК. Успех адаптации в большей мере лимитируется величиной ударного объема, непосредственно зависящей от сократительной способности миокарда и размера полости левого желудочка. Поэтому в результате

адаптации к тренировкам на выносливость у спортсменов наблюдается некоторое снижение МОК и СИ в покое.

У школьников таких четких закономерностей не наблюдается. Что говорит о более целенаправленном изменении и приспособительном результате в деятельности сердечно-сосудистой системы спортсменов, как мальчиков, так и девочек. Анализируя показатели центральной гемодинамики у школьников, не занимающихся спортом, можно отметить, что у представительниц женского пола адаптивные изменения носят более выраженный характер, что проявляется в достоверных изменениях всех исследуемых параметров к концу учебного года. Данный факт можно рассматривать как пример большей пластичности женского организма в ответ на действующие факторы среды, по сравнению с мужским.

При повторном исследовании показателей центральной гемодинамики у спортсменов обоего пола наблюдается отсутствие статистически значимых изменений. Это, скорее всего, объясняется сформированностью аппарата кровообращения за годы тренировок на выносливость. А регистрируемые изменения – лишь продолжающейся в определенном направлении адаптацией к постоянно действующему фактору. Что касается школьников, не посещающих спортивные секции, то у девочек все исследуемые параметры (УОК, МОК, УИ, СИ) уменьшаются и их изменения носят достоверный характер. У мальчиков таких четких закономерностей не наблюдается. Для них характерно при повторном обследовании лишь достоверное увеличение минутного объема крови (рис.1).

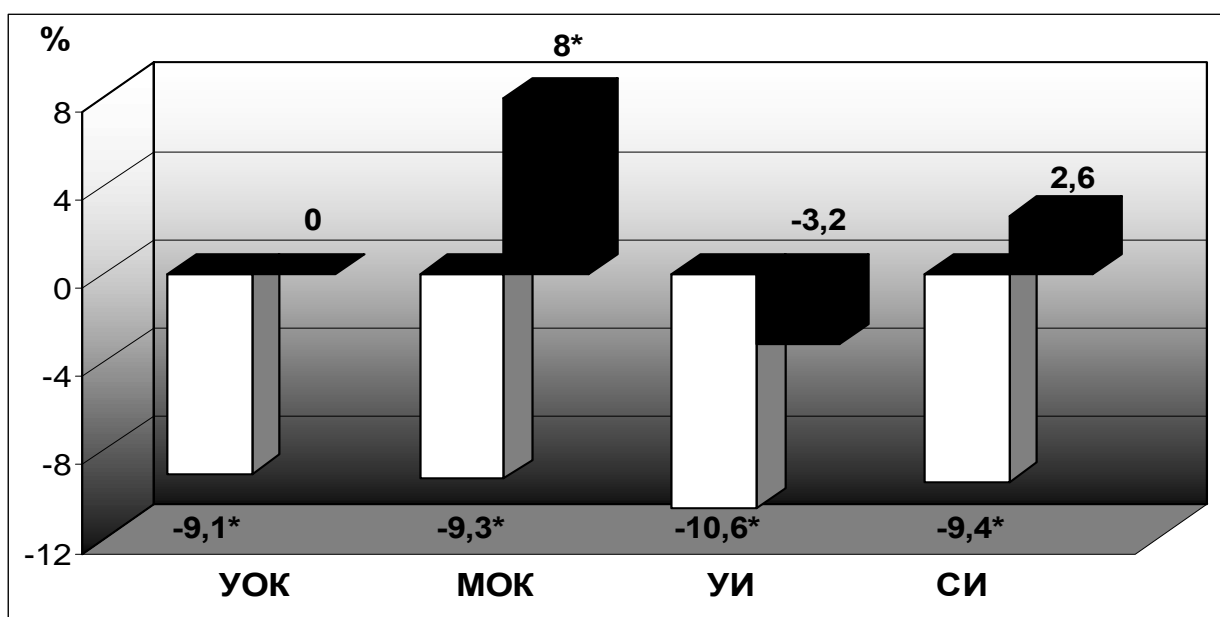


Рис. 2. Динамика изменений показателей центрального кровообращения к концу учебного года в группах школьников, не занимающихся спортом

■ – Мальчики

□ – Девочки

\* – достоверность отличий ( $P \leq 0,05$ )

Отсутствие достоверных изменений к концу года у спортсменов наблюдается и при исследовании особенностей церебральной гемодинамики. Процент поступающей крови в мозг у спортсменов, скорости быстрого и медленного кровенаполнения к концу года практически не изменяются. Отмечается лишь некоторое увеличение объемной скорости периферического кровотока у девочек, и незначительное ее уменьшение у мальчиков. У школьников, испытывающих повышенные интеллектуальные нагрузки, а так же при отсутствии у них высокой двигательной активности, наблюдаются совершенно другие изменения в показателях мозгового кровообращения. Все рассматриваемые показатели церебральной гемодинамики у школьников имеют тенденцию к увеличению, а в группах мальчиков и девочек изменяются однонаправлено примерно на одну и ту же величину (рис.2). У спортсменов меньшие показатели по скоростям кровенаполнения могут быть связаны с возможным перенапряжением мышечной системы, в первую очередь, мышц верхнего плечевого пояса.

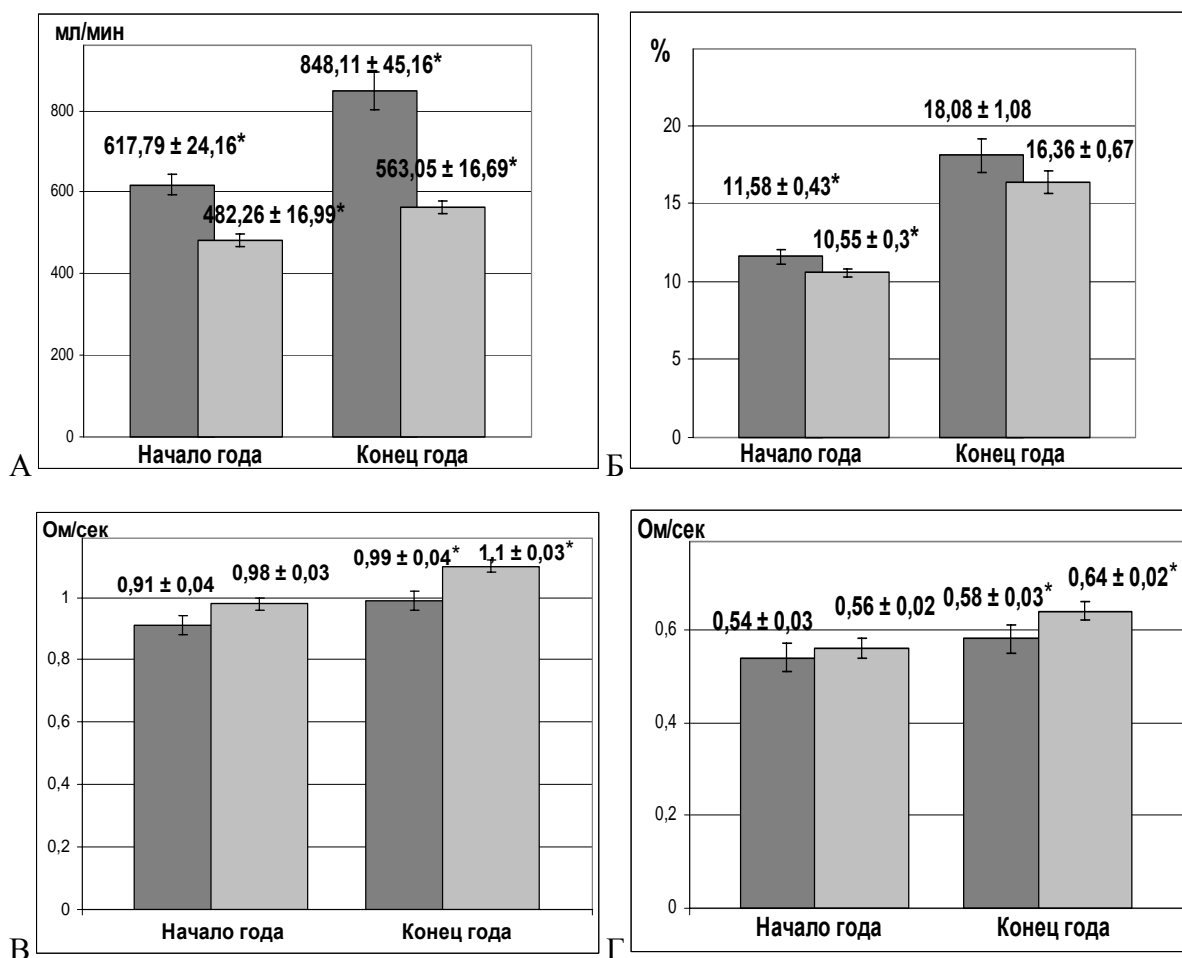


Рис. 4. Сравнимые показатели церебральной гемодинамики в группах школьников, не занимающихся спортом

*Дата поступления: 30.10.2006.*

А – объемная скорость периферического кровотока; Б – мозговая фракция сердечного выброса; В – скорость быстрого наполнения; Г – скорость медленного наполнения сосудов головного мозга.

■ – Мальчики

□ – Девочки

\* – достоверность отличий между группами ( $P \leq 0,05$ )

Для адекватной оценки параметров сердечной деятельности и управления этими процессами, необходимо иметь точную информацию о текущем состоянии автономной нервной системы. По современным данным наиболее эффективным методом изучения деятельности автономной нервной системы, способным дифференцировать активность симпатического и парасимпатического отделов, стал метод математического анализа variability сердечного ритма [1, 8].

В результате проведенных исследований выявлено, что у подростков, не занимающихся спортом, достоверность половых различий, отсутствовала на момент исходного обследования по всем показателям ВРС. К концу года общая мощность спектра у мальчиков достоверно снизилась на 73% ( $P=0,036$ ). Это может отражать развитие процесса утомления. У девочек также наблюдается снижение этого показателя (на 20,3%), но оно статистически не достоверно. Значимые изменения в структуре спектра у девочек проявляются лишь в уменьшении его сверхнизкочастотной составляющей (VLF). У мальчиков наблюдается достоверное снижение не только общей мощности спектра, но и VLF- и LF- составляющих. Отмечается также некоторое увеличение индекса вагосимпатического взаимодействия в обеих группах, что свидетельствует об относительном повышении активности подкоркового симпатического нервного центра [6].

Что касается спортсменов, то между мальчиками и девочками по показателям ВРС значимых и достоверных различий нет. В целом можно говорить о снижении к концу учебного года практически всех рассматриваемых параметров в обеих группах, но эти изменения также статистически не достоверны. У девочек наблюдается лишь некоторое увеличение показателя VLF, который косвенно отражает состояние испытуемых как гипердаптивное [1], в то время как его снижение в группах школьников, не занимающихся спортом, свидетельствует об энергодифицитном состоянии организма обследуемых. Снижение общей мощности спектра у спортсменов по сравнению со школьниками происходит незначительно – на 7,9 % у мальчиков и на 12 % у девочек.

У молодых людей, занимающихся плаванием, зарегистрировано характерное для спортсменов усиление вагусного контроля и снижение мощности медленных волн.

Процентный вклад HF-составляющей достигает почти половины от всей мощности спектра (рис.3).

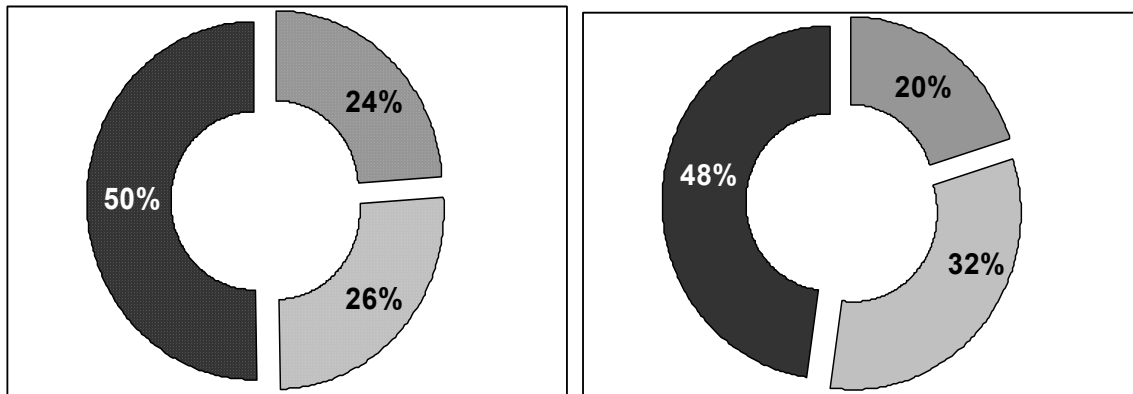
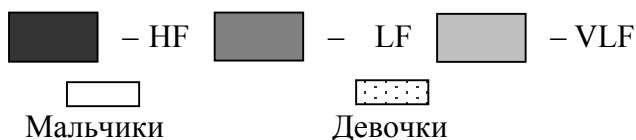


Рис. 3. Показатели спектрального анализа ВРС у подростков, занимающихся спортом в конце учебного года



Существенна разница в показателе индекса вагосимпатического взаимодействия (LF/HF), указывающем на баланс отделов ВНС (рис.4). Если у школьников он увеличивается (на 7,5 % у мальчиков и на 14 % у девочек), то у пловцов – значительно уменьшается (на 45,5 % у мальчиков и на 18,7 % у девочек). Это свидетельствует, что у людей, тренирующих качество выносливость парасимпатические влияния на сердце преобладают над симпатическими [2, 6].

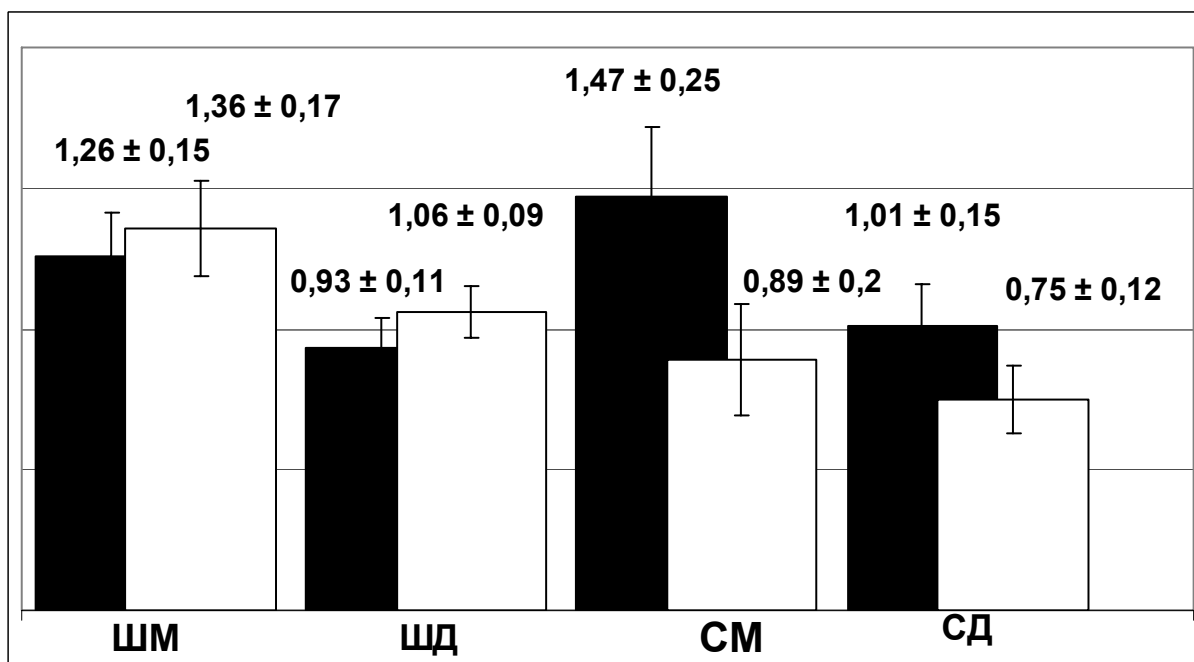




Рис. 4. Динамика изменений показателя LF/HF в исследуемых группах

-  – Начало учебного года
-  – Конец учебного года

Специальное исследование связи медленноволновых составляющих сердечного ритма с различными функциональными состояниями мозга показали, что амплитудные показатели компонентов спектра сердечного ритма являются адекватными маркерами церебральных эрготропных и барорецепторных симпатических механизмов регуляции [1]. В проведенном исследовании также выявлено наличие зависимостей и корреляционных взаимосвязей между показателями центрального и мозгового кровообращения и особенностями вариабельности сердечного ритма. При исходном обследовании у спортсменов выявляется наличие статистических взаимосвязей между показателем вагосимпатического взаимодействия и всеми параметрами центральной гемодинамики. Наблюдается также отрицательная корреляция между показателем общей мощности спектра и минутным объемом крови и сердечным индексом. В группе девочек, не занимающихся спортом, отрицательная корреляционная взаимосвязь наблюдалась между показателями ВРС и центральной гемодинамикой, а положительная – между ВРС и мозговым кровообращением. У мальчиков описанных закономерностей не выявлено.

**Выводы.** Разнонаправленная динамика системы кровообращения на заключительных стадиях периода полового созревания определяется влиянием условий двигательной активности.

Гемодинамика подростков занимающихся спортом является более сформированной и более устойчивой к влиянию среды, о чем свидетельствует отсутствие статистически значимых изменений в течение года показателей центрального, мозгового кровообращения и вариабельности ритма сердца у спортсменов.

Уменьшение общей мощности спектра и всех его составляющих у школьников в течение года отражает более интенсивное развитие у них процесса утомления и снижение адаптационных резервов организма.

Таким образом, у подростков, находящихся в разных условиях двигательной и информационной среды проявляется разнонаправленная тенденция в становлении функциональных особенностей сердечно-сосудистой системы. Показатели центральной, церебральной гемодинамики и вариабельности ритма сердца коррелируют между собой, что является свидетельством взаимосвязи всех звеньев сердечно-сосудистой системы и процессов регуляции ее деятельности.

#### Список литературы.

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997, 235с.
2. Березов В.М. Адаптация сердечно-сосудистой системы к значительным физическим нагрузкам и клинические методы ее оценки // Спортивная медицина и реабилитация в новом тысячелетии. – Донецк: ГМУ, 2000, 175 с.
3. Дубровский В.И. Спортивная медицина: учебник для студентов, ВУЗов. – М., Владос., 1999, 158 с.
4. Тупицын И.О. Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников. М.: Педагогика, 1985, 87 с.
5. Шахнович А.Р. О гуморальном механизме регулирования адекватного кровоснабжения ткани головного мозга // Регуляция мозгового кровообращения. – Тбилиси, 1980, с. 79-82.
6. Шлык Н.И. Сердечный ритм центральной гемодинамики при физической активности у детей. Монография. – Ижевск, 1991, 418с.
7. Tank J., Baevsky R.M. and Weck M. Hemodynamic regulation during postural tilt: Assessed by heart rate and Blood-Pressure variability combined with Impedance Cardiography. Wien.Med.Wschr. 145: 1995 – P. 616-625.
8. Task Force of the European Society of cardiology and the North American Society Pacing and Electrophysiology Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation and Clinical Use // Circulation 1996. – V.93, – P. 1043.