

Л.А. Михайлова

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЮНОШЕЙ-ПОДРОСТКОВ С РАЗЛИЧНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕАКТИВНОСТИ

ГБОУ ВПО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого МЗ РФ, г. Красноярск, РФ

Mikhaylova L.A.

## HEART RATE VARIABILITY IN MALE TEENAGERS WITH DIFFERENT TYPES OF VEGETATIVE REACTIVITY

Krasnoyarsk State Medical University n.a. Prof. V.F. Voyno-Yasenetsky, Russia

У юношей-старшеклассников в состоянии покоя поддержание стабильности сердечного ритма (СР) обеспечивается центральным и автономным контуром регуляции с преобладанием парасимпатических модуляций (ярче выражены у лиц с гиперсимпатикотоническим типом реактивности). Стабильность СР после ортостатической пробы у юношей с нормо- и гиперсимпатикотоническими типами вегетативной реактивности повышается, а у лиц с асимпатикотоническим типом реагирования снижается. Процесс восстановления сердечной деятельности сопровождается активацией автономного контура регуляции с преобладанием симпатических модуляций, а у юношей с гиперсимпатикотоническим типом вегетативной реактивности повышается также активность центрального контура регуляции и гуморальных факторов.

*Ключевые слова:* подростки, юноши, гемодинамика, сердечный ритм, волновая характеристика сердечного ритма, регуляция сердечной деятельности.

In male adolescents, high school students, the stability of heart rate (HR) at rest is maintained by central and autonomic regulator circuit with predominance of parasympathic modulation, clearly visible in individuals with hypersympathicotonic reactivity. The HR stability after orthostatic test increases in adolescents with normal and hypersympathicotonic reactivity types and decreases in individuals with asympathicotonic reaction type. The process of cardiac recovery is accompanied by activation of the autonomic regulator circuit with predominance of parasympathic modulation. In male adolescents with hypersympathicotonic reactivity type the activity of the central regulator circuit and humoral factors increases as well.

*Key words:* male adolescents, hemodynamics, heart rate, wave characteristics of heart rate, cardiac regulation.

Каждый возрастной период жизни человека характеризуется своими особенностями. Принято говорить о «критических» периодах развития, которые характеризуются определенной устойчивостью или, наоборот, предрасположенностью тех или иных функций к действию на организм патогенных факторов. Современный учебный процесс предъявляет организму под-

ростков серьезные требования, связанные с необходимостью усваивать постоянно увеличивающийся объем воспринимаемой информации, получаемой при использовании компьютерных средств и телекоммуникационных сетей. Это сопровождается нагрузкой на все функциональные системы, в т.ч. и сердечно-сосудистую [1–3]. Ряд исследователей отмечает различия в показа-

### Контактная информация:

Михайлова Людмила Аркадьевна – д.б.н., проф.  
каф. физиологии ГБОУ ВПО «Красноярский  
государственный медицинский университет  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» МЗ РФ  
Адрес: Россия, 660022 г. Красноярск,  
ул. Партизана Железняка, 1  
Тел.: (3912) 228-08-21, 228-36-40,  
E-mail: krasphysiol@mail.ru  
Статья поступила 4.12.13,  
принята к печати 24.09.14.

### Contact information:

Mikhaylova Lyudmila Arkadyevna – Ph.D., Prof.  
of Department of Physiology of Krasnoyarsk State  
Medical University n.a. Prof. V.F. Voyno-Yasenetsky  
Address: Russia 660022 Krasnoyarsk,  
Partizana Zheleznyaka street, 1  
Tel.: (3912) 228-08-21, 228-36-40,  
E-mail: krasphysiol@mail.ru  
Received of Dec. 4, 2013;  
submitted for publication on Sept. 24, 2014.

телях мощности левого желудочка (ЛЖ), ударного объема крови у школьниц с углубленным изучением профильных предметов и занимающихся по стандартной учебной программе, в то время как уровень частоты сердечных сокращений (ЧСС), диастолического артериального давления (АД) у этих групп остается стабильной величиной [4, 5]. Большинство исследователей сходятся во мнении, что к концу подросткового периода развития структура спектра вариабельности сердечного ритма (СР) достигает уровня взрослых [6–10], однако уровень гемодинамических показателей отличается от уровня взрослых и зависит от пола, возраста и ряда других показателей [2, 4, 11–14].

Цель исследования – выявить особенности регуляции стабильности СР у юношей-старшеклассников с различным типом вегетативной реактивности.

#### Материалы и методы исследования

Проведено динамическое обследование 66 школьников 15–16 лет, проживающих в г. Железногорске Красноярского края. Было выделено 3 группы: 1-я группа (33 человека) с нормотоническим, 2-я группа (23 человека) с гиперсимпатикотоническим и 3-я группа (10 человек) с асимпатикотоническим типом реагирования. Обследование проводили в сентябре в соответствии с юридическими и этическими принципами медико-биологических исследований у человека (заключение локального этического комитета КрасГМУ, протокол № 40 от 4.05.2012).

Состояние сердечно-сосудистой системы исследовали на аппаратно-программном комплексе «Valenta+», АД определяли по методу Короткова. Для выяснения особенностей регуляции и поддержания стабильности СР использовали активную ортостатическую пробу (АОП) и метод кардиоинтервалографии (КИГ). Полученные материалы обработаны с помощью пакета прикладных программ для Windows-2000. Преобразование рядов R-R-интервалов в кардиоинтервалограмму и математическую обработку кардиоинтервалов производили на КДК «Valenta+». Точность измерения R-R-интервалов составляла 1 мс. Из любой записи ЭКГ обрабатывали по 300

R-R-интервалов. Рассчитывали ЧСС, наиболее часто встречающееся значение кардиоинтервала в анализируемой кардиоинтервалограмме (Мо), разницу между максимальным и минимальным значениями в динамическом ряду R-R-интервалов, преобразованных в NN-интервалы кардиоинтервалограммы (ΔX), количество кардиоинтервалов, соответствующих модальному классу, выраженное в процентах от общего объема выборки (АМо), индекс вегетативного равновесия (ИВР, отношение АМо/ΔX). Индекс напряжения ИН рассчитывали по формуле Р.М. Баевского:  $ИН = АМо / (2 \cdot \Delta X \cdot Мо)$ . Спектральный анализ СР проводили в диапазонах: высокочастотном (HF; 0,1–0,5 Гц), низкочастотном (LF; 0,03–0,1 Гц), сверхнизкочастотном (VLF; менее 0,03 Гц). Определяли абсолютные значения мощностей в указанных диапазонах и рассчитывали нормированные мощности спектров (HF%, LF%, VLF%). Различия между группами оценивали по критерию Фишера с поправкой Бонферрони.

#### Результаты и их обсуждение

Согласно полученным данным основные показатели системной гемодинамики у старшеклассников с различным типом вегетативной реактивности соответствуют общепринятым возрастным нормативам (см. таблицу).

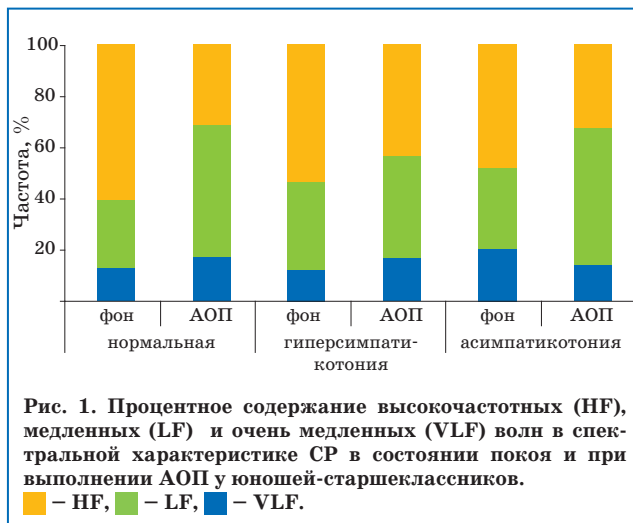
Однако юноши с асимпатикотоническим типом реагирования (3-я группа) имеют более высокое систолическое (САД) и пульсовое АД (ПАД) по сравнению с нормотоническим (1-я группа) и гиперсимпатикотоническим типом (2-я группа). По остальным показателям АД статистически значимых отличий не выявлено. Ведущим гемодинамическим показателем является минутный объем кровообращения (МОК), напрямую зависящий от уровня потребности организма в кислороде. Средний уровень МОК и систолического выброса (СВ) отмечены также в 3-й группе.

Каким же образом осуществляется регуляция сердечной деятельности у лиц с разным типом вегетативной реактивности? Во всех обследованных группах ритм сердечной деятельности стабилен и поддерживает ЧСС на уровне, соответствующем нижней границе физиологической

Таблица

Показатели центральной гемодинамики у юношей-старшеклассников (медиана и квартили [25–75])

Показатели	Нормотония (n=33)	Гиперсимпатикотония (n=23)	Асимпатикотония (n=10)	p
САД, мм рт. ст.	118,0 [115,0–122,0]	117,0 [110,0–127,0]	122,5 [118,0–127,0]	$p_{1,2-3} < 0,05$
ДАД, мм рт. ст.	78,00 [72,00–80,00]	75,00 [70,00–80,00]	77,50 [75,00–80,00]	
ПАД, мм рт. ст.	40,00 [35,00–47,00]	40,00 [37,00–45,00]	45,00 [40,00–50,00]	$p_{1,2-3} < 0,05$
СДД, мм рт. ст.	95,20 [89,70–98,80]	93,90 [86,80–100,16]	95,35 [93,10–99,74]	
СВ, мл	65,80 [62,20–69,90]	68,80 [62,80–70,30]	67,75 [64,00–70,80]	
МОК, л/мин	4,34 [4,07–4,95]	4,34 [3,88–4,83]	4,62 [4,23–5,05]	$p_{1,2-3} < 0,01$
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,39 [2,18–2,79]	2,41 [2,05–3,00]	2,58 [2,10–2,97]	$p_{1,2-3} < 0,05$



нормы, и медиана показателя  $M_o$  во всех группах одинакова и составляет 0,98. Наименьший уровень ЧСС отмечен у лиц с гиперсимпатикотоническим типом реагирования, в то время как у представителей 1-й и 2-й групп статистически значимых отличий не выявлено. Однако стабильность ЧСС у этих групп отличается.

Так, для 1-й группы с нормотоническим типом характерны наименьший вариационный размах ( $\Delta X$ ) и относительно высокая амплитуда моды, а ИН и индекс вегетативной реактивности (ИВР) свидетельствуют об эйтоническом типе реагирования.

У юношей 2-й группы характеристики СР следующие: более высокий вариационный размах ( $p < 0,01$ ), низкая  $A M_o$  ( $p < 0,05$ ) и невысокие показатели ИН и ИВР. У лиц с асимпатикотоническим типом характерны не отличающийся от 1-й группы  $\Delta X$ , более высокий показатель  $A M_o$  ( $p < 0,05$ ), свидетельствующий о высокой стабильности СР, а показатели ИН и ИВР – о большем, чем в других группах, участии центрального контура регуляции в этом процессе.

Анализ спектра ЧСС показал высокую мощность частотных характеристик у школьников: медиана этого показателя у юношей 1-й группы – 2198 у.е., 2-й группы – 4481 у.е., а в 3-й группе составила 1746 у.е. Состав спектра следующий (рис. 1).

В состоянии покоя доля высокочастотных волн I порядка (HF) в общем спектре во всех группах преобладает, далее по общему вкладу следуют медленные волны (LF) и очень медленные волны III порядка (VLF). Следовательно, на деятельность сердца в большей степени оказывают влияние автономный контур регуляции (в основном, вагус), а также гуморальные факторы.

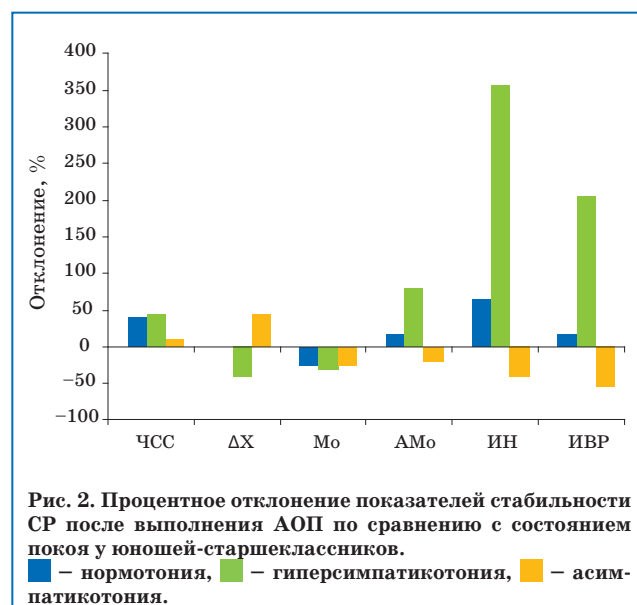
Выполнение нагрузочного теста (АОП) сопровождалось следующими изменениями по сравнению с состоянием покоя (рис. 2).

У школьников с нормотоническим типом вегетативной реактивности увеличивается ЧСС (на  $30 \pm 1,67\%$ ,  $p < 0,01$ ), а показатель  $\Delta X$  остается в прежних пределах, в то время как  $M_o$  снижается,  $A M_o$  возрастает (на  $16,7 \pm 1,27\%$ ,  $p < 0,05$ ), а

уровень ИН и ИВР свидетельствует об ауксотоническом типе реагирования, сохраняя ведущее влияние центрального контура регуляции сердечной деятельности. Спектральный анализ свидетельствует о снижении общей мощности частотных характеристик на  $40,28 \pm 2,3\%$  по отношению к исходному уровню, а также о снижении доли высокочастотных волн и повышении влияния симпатических модуляций (доля LF составляет  $51,41 \pm 3,22\%$ ).

При выполнении АОП у юношей 2-й группы ЧСС возрастает на  $37,2 \pm 2,8\%$ , при этом СР становится более стабильным, о чем свидетельствуют уменьшение вариационного размаха  $\Delta X$  на  $40,7 \pm 2,64\%$  и повышение  $A M_o$  на  $80 \pm 6,43\%$ . Поддержание СР после выполнения АОП у этой группы обеспечивается повышением центральных (ИН возрастает в 4,56 раза) и автономных влияний (ИВР увеличивается в 3,04 раза), при этом общая мощность частотных характеристик спектра по отношению к фону снижается в 5,59 раза. Подтверждением этого служат данные спектрального анализа: доля HF составляет  $43,45 \pm 3,68\%$ , а на долю LF приходится  $39,5 \pm 2,93\%$ . Кроме этого, следует отметить определенное влияние для лиц этой группы и гуморальных факторов (доля VLF возросла на  $5 \pm 0,12\%$ ).

Для лиц с асимпатикотонической реакцией выполнение АОП приводит к увеличению ЧСС (на  $9,5 \pm 1,62\%$ ,  $p < 0,05$ ). Но при этом стабильность СР снижается по сравнению с состоянием покоя, что проявляется в увеличении вариационного размаха (на  $45,0 \pm 4,1\%$ ,  $p < 0,001$ ) и  $A M_o$  (на  $21,4 \pm 2,3\%$ ,  $p < 0,01$ ), а регулирование СР при такой нагрузке не сопровождается подключением существующих нервных механизмов (ИН и ИВР ниже, чем в состоянии покоя). Спектральный анализ показал, что для юношей 3-й группы возрастает в 2,06 раза общая мощность частотных характеристик и преобладающее влияние на стабилизацию СР оказывают симпатические



влияния ( $LF=53,33\pm 3,23\%$ ). Кроме этого, доля парасимпатических модуляций снижается, а гуморальное звено никак не сказывается на восстановлении СР после выполнения АОП.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о наличии определенных особенностей в регуляции СР у юношей-старшеклассников с различным типом вегетативной реактивности, что демонстрирует разнообразие исполнительных механизмов исследуемой функциональной системы, обеспечивающих стабильность сердечной деятельности в состоянии покоя и при выполнении нагрузочных тестов. Так, независимо от типа реакции у юношей-старшеклассников стабильность СР в состоянии покоя обеспечивается преимущественно центральными и автономными (в большей степени парасимпатическими) влияниями. Восстановление СР после выполнения активного ортостаза обеспечивается в большей степени автономным контуром регуляции с преобладанием симпатических модуляций. Причем у лиц с нормотоническим и асимпатикотоническим типом отмечается снижение парасимпатических влияний, а у лиц с гиперсимпатикотоническим типом несколько возрастает и доля гуморальных факторов.

## Выводы

1. У юношей-старшеклассников с асимпатикотоническим типом вегетативной реактивности отмечаются более высокие по сравнению с лицами с нормотоническим и гиперсимпатикотоническим типами показатели систолического и пульсового АД, а также минутного объема кровообращения.

2. В состоянии покоя поддержание стабильности СР обеспечивается центральным и автономным контуром регуляции с преобладанием парасимпатических модуляций (ярче выражены у лиц с гиперсимпатикотоническим типом реактивности).

3. Стабильность СР после ортостатической пробы у юношей с нормо- и гиперсимпатикотоническим типами вегетативной реактивности повышается, а у лиц с асимпатикотоническим типом реагирования снижается. Процесс восстановления сердечной деятельности сопровождается активацией автономного контура регуляции с преобладанием симпатических модуляций, а у юношей с гиперсимпатикотоническим типом вегетативной реактивности повышается также активность центрального контура регуляции и гуморальных факторов.

## Литература

1. Алферова О.П., Осин А.Я. Особенности вегетативной регуляции и интегрированных показателей адаптированности сердца. Современные проблемы науки и образования. 2012; 2: 113.
2. Демидов В.А., Мальцев Д.Н., Мавлиев Ф.А. Влияние повышенной двигательной активности на кардиогемодинамическую устойчивость подростков в условиях напряженной информационной нагрузки. Физиология человека. 2008; 4: 133–140.
3. Лучицкая Е.С., Русанов В.Б. Функциональные особенности гемодинамики подростков в условиях различной двигательной активности. Физиология человека. 2009; 4: 43–50.
4. Койчубеков Б.К., Сорокина М.А., Коршуков И.В. Механизмы нелинейной динамики сердечного ритма: влияние вегетативной нервной системы. Успехи современного естествознания. 2013; 4: 42–46.
5. Молоканова Ю.П. Факторы, определяющие ритм сердечных сокращений у лиц юношеского возраста. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: естественные науки. 2013; 2: 63–66.
6. Кудря О.Н. Вегетативное обеспечение сердечно-сосудистой системы при ортостатическом тестировании спортсменов. Бюллетень Сибирской медицины. 2010; 9: 75–81.
7. Михайлова Л.А., Кимяева С.И. Показатели центральной гемодинамики у старшеклассников, имеющих повышенные учебные и двигательные нагрузки. Сибирское медицинское обозрение. 2013; 3: 55–58.
8. Панкова Н.Б. Функциональное развитие вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы человека в онтогенезе. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2008; 3: 267–275.
9. Покровский В.М. Ритм сердца в целостном организме: механизмы формирования. Кубанский научный медицинский вестник. 2006; 9: 22–26.
10. Доцоев Л.Я., Усынин А.М. Вариабельность сердечного ритма у учащихся 9-х классов при выполнении корректурной пробы. Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2006; 3 (1): 123–124.
11. Пушкина В.Н., Вареницова И.А. Вариабельность сердечного ритма у юношей с разным типом гемодинамики. Экология человека. 2012; 11: 38–43.
12. Сливак Е.М., Печникова Н.В., Гуштин А.Г. Показатели вариабельности сердечного ритма и психофизиологического состояния организма подростков с нормальным и повышенным артериальным давлением. Ярославский педагогический вестник. 2012; 3 (3): 159–161.
13. Степанова Г.К., Дмитриева С.М., Устинова М.В. Вариабельность сердечного ритма в различные сезоны года у юношей-якутов. Дальневосточный медицинский журнал. 2010; 2: 105–108.
14. Хураькина Н.В., Александрова Л.А., Чемерова Л.Ф. Возрастная динамика регуляции сердечного ритма у учащихся. Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2010; 4: 204–209.