

В.Н.Федоров, Л.С.Каиржанова

Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева, Петропавловск

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В ЮНОШЕСКОМ ВОЗРАСТЕ

Оқыту үрдісі кезінде студенттердің жүрек ырғағының бейімделу реакцияларының қалыптастыру физиологиялық механизмдерінің зерттелуі жүргізілді. Жүктеме ретінде белсенді ортостатикалық өлшем анықталды. Регуляторлы жүйелердің вегетативті жүйке жүйесінің қалыпты жағдайына байланысты 2 типі анықталды: симпатикалық және парасимпатикалық.

The article reveals the mechanisms of adaptive reactions of students' heart rate during the academic year. Two types of reactions have been found: sympathetic and para-sympathetic resulting from the initial condition of the vegetative nervous system. Para-sympathetic impact was revealed for 17–20- year-old girls. This is one of the factors showing an individual resistance of female body to possible diseases of cardio-vascular system. Boys were characterized by increased impact of the sympathetic department of the vegetative nervous system that points to the stressed nature of adaptive mechanisms functioning. Decrease of absolute spectrum capacity of students' heart rate can be indicative of the impairment of student's organism functional state.

Оценка variability сердечного ритма (ВСР) как результата деятельности регуляторных систем, обеспечивающих поддержание гомеостаза и приспособление организма к условиям окружающей среды, основывается на концепции о сердечно-сосудистой системе как индикаторе адаптационных реакций всего организма [1].

Экстремальные условия Северного Казахстана определяют основные закономерности адаптации человека в данном регионе. Обширность территории, открытость пространств с севера и юго-запада, значительное удаление от океанов и высокий радиационный режим формируют своеобразный климат Северного Казахстана. По сравнению с районами тех же широт Русской равнины для климата Северного Казахстана характерна более суровая и продолжительная зима, короткое и жаркое лето, преобладание количества ясных дней, большая сухость, сильные ветры, резкие суточные перепады температуры и атмосферного давления [2].

Известно, что адаптация студентов к процессу обучения в университете приводит к неоднозначным изменениям вегетативной регуляции. Так, по мнению некоторых авторов, степень напряжения физиологических систем организма достигает наибольшей величины во время экзаменов [3]. Однако их небольшая продолжительность не позволяет считать их единственной причиной возможного отрицательного состояния организма студентов. Существует мнение, что напряженный характер учебы, значительный объем учебной нагрузки, дефицит времени для усвоения информации являются выраженными психотравмирующими факторами для студентов. Все это, в сочетании с уменьшением продолжительности сна и сокращением времени пребывания на свежем воздухе, снижением физической активности, оказывает стрессорное воздействие на молодой организм, что способствует формированию невротических расстройств с последующей их соматизацией и преобладанием в клинической картине висцеральных синдромов в виде нарушений деятельности сердца, желудка, кишечника и других органов [4].

Нарушение вегетативной регуляции, которое происходит значительно раньше, чем проявляются энергетические, метаболические и гемодинамические сдвиги, служит фактором, предопределяющим характер изменений умственной работоспособности студентов и возможности возникновения предпатологического состояния.

В настоящее время спектральный анализ ВСР является наиболее информативным методом оценки состояния тонуса вегетативной нервной системы (ВНС), который позволяет охарактеризовать активность различных отделов ВНС через их влияние на функцию синусового узла [5].

Материалы и методы исследования

В исследовании принимали участие 151 юноша и 157 девушек в возрасте 17–20 лет. Для изучения возрастных особенностей функционирования сердечно-сосудистой системы студентов использовали аппаратно-программный комплекс (АПК) «Валента+» (г. Санкт-Петербург). Исследование variability сердечного ритма (ВСР) проводили по методике Р.М.Баевского [6] в лаборатории ме-

дико-биологических исследований Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева. В качестве тестирующей нагрузки использовали активную ортостатическую пробу (АОП) [7]. В каждом эпизоде у обследуемых производили запись 150–210 кардиоциклов (R-R интервалов). Определялись параметры, характеризующие ВСР: М — среднее значение измеренных кардиоинтервалов R-R; мода (M_0), амплитуда моды (AM_0), частота сердечных сокращений (ЧСС), вариационный размах (ΔX) — разность максимального и минимального измеренных значений R-R; индекс напряжения регуляторных систем (ИН), который является достаточно чувствительным индикатором общей активности симпатической системы организма [8]. Применялись стандарты на измерения, физиологическую интерпретацию и клиническое использование вариабельности сердечного ритма, предложенные Европейской и Северо-Американской Ассоциациями кардиостимуляции и электрофизиологии в 1996 г. [9]: среднеквадратичное отклонение длительности всех синусовых кардиоинтервалов (SDNN), квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар RR-интервалов (RMSSD); процент от общего количества последовательных пар RR-интервалов, различающихся более чем на 50 мс (pNN_{50}); вегетативный баланс (VB), отражающий баланс симпатического и парасимпатического отделов ВНС; PW (Power spectrum) — общая мощность спектра ритма сердца, отражающая общую активность регуляторных систем.

Анализ волновой структуры ритма сердца проводился с использованием алгоритма дискретного преобразования Фурье (ДПФ) в трех частотных диапазонах: высокочастотном, HF (mc^2), низкочастотном, LF-колебания (mc^2) и сверхмедленном, VLF-колебания (mc^2). Анализировалось распределение мощности спектра в нормированных единицах (в %) от их суммарной мощности VLF %, LF % и HF %, индекс централизации (ИЦ): $ИЦ = (VLF+LF) / HF$ и треугольный индекс, показывающий характер влияния центрального контура регуляции сердечного ритма на автономный [10]. Достоверность оценивалась по критерию t-Стьюдента [11].

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования функционального состояния студентов 17–20 лет в период обучения в университете выявили разную степень напряжения регуляторных механизмов сердечного ритма. Анализ статистических показателей сердечного ритма (СР) студентов в этот период выявил высокую динамичность интегральных показателей ритма сердца. При этом анализ градации по индексу напряжения (ИН) регуляторных механизмов установил принадлежность испытуемых юношей 17–18 лет к нормотоникам. Симпатоников среди них в этот период выявлено не было. Юноши 20 лет относились к симпатоникам, тогда как у юношей 19 лет 57,16 % испытуемых были отнесены к ваготоникам, остальные юноши этого возраста характеризовались нормотонией. У девушек к нормотоникам были отнесены 17 и 19-летние, девушки 20 лет с наибольшими показателями ИН были отнесены к симпатоникам. Девушки 18 лет в основном характеризовались парасимпатическими влияниями на СР и относились к ваготоникам.

Анализ длительности средних значений R-R- интервалов (M) у юношей и девушек 17–20 лет выявил достоверно высокие показатели в 18-летнем возрасте. Наибольшему значению M в этом возрасте в состоянии относительного покоя соответствовала самая низкая частота сердечных сокращений (ЧСС). Некоторое ослабление симпатического тонуса вегетативной нервной системы (ВНС) у юношей 18, 19 лет обусловлено активацией гуморального и парасимпатического контуров регуляции ритма сердца (ΔX и M_0). В то же время высокая степень вариативности R-R- интервалов у юношей и девушек этих возрастов, свидетельствует об относительно слабой централизации управления сердечным ритмом (СР) и преобладанием парасимпатического тонуса в пределах автономного контура регуляции.

Анализ мощности спектра сердечного ритма в состоянии покоя показал доминирование мощности дыхательных волн (HF) над мощностью спектра в диапазонах LF и VLF, что указывает на преобладание влияния парасимпатического отдела ВНС у юношей 18–20 лет. У девушек достоверное превосходство мощности HF-волн над низкочастотными колебаниями в состоянии покоя выявлено в 18–19-летнем возрасте. По общепризнанному мнению некоторых авторов [12], в состоянии относительного физического и психического покоя у человека обычно преобладают высокочастотные колебания сердечного ритма, сопряженные с дыхательной периодикой и определяемые активностью центра блуждающего нерва.

В основном влияние ритма дыхания на ритм сердца выражается феноменом дыхательной аритмии, проявляющимся учащением сердцебиений на вдохе и их замедлением на выдохе, хотя собственно механизм этого явления до конца не выяснен [13]. Кроме того, абсолютные значения высокочас-

тотных колебаний сердечного ритма подтверждаются вкладом, который вносят HF в процентном отношении в общую мощность спектра. Так, показатель HF% увеличивался с $48,3 \pm 4,21$ % у 18-летних юношей до $57,26 \pm 4,1$ % — у 20-летних. Отсюда высокочастотные колебания рассматриваются как проявление активности автономного контура регуляции сердечного ритма и связываются с общим тонусом парасимпатического отдела ВНС [14].

При рассмотрении показателей мощности CP в низкочастотном диапазоне (low-frequency-LF), интерпретируемом как баррорефлекторные модуляции сердечного ритма, обращает на себя внимание достоверное доминирование ($p < 0,01$) мощности спектра LF у 17-летних юношей, которое указывает на преобладание симпатических влияний в вегетативном тонусе обследуемых. Это позволяет охарактеризовать исходное состояние механизмов саморегуляции как напряженный характер функционирования систем, обеспечивающих вегетативный гомеостаз. Мощность спектра в диапазоне LF снижается с 1533 ± 200 мс² у 17-летних юношей до 198 ± 36 мс² — у 20-летних. Кроме того, при сравнении величины LF% выявлено, что самая наибольшая LF% в группе 17-летних юношей равна $59,70 \pm 6,30$ %, в отличие от юношей 18–20 лет.

По мнению многих авторов, мощность LF% характеризует активность симпатического отдела ВНС и её увеличение в группе юношей 17 лет, вероятно, свидетельствует о росте функционального напряжения [15]. Совершенно другую картину наблюдали у девушек 17–20 лет. Мощность спектра LF у 20-летних девушек превышала HF, однако, статистически достоверных изменений не наблюдалось. Кроме того, у 17-летних девушек состояние вегетативного тонуса формировалось, как уже было выше сказано, вагусными (HF) и симпатическими (LF) влияниями, что может говорить о напряженном характере функционирования систем ВНС. Наибольший вклад мощности LF в состоянии покоя выявлен у 18-летних девушек и равен 1286 ± 111 мс². Если у юношей мощность спектра в диапазоне LF с возрастом снижалась, то у девушек мощность LF изменялась в возрастном диапазоне от 17 до 20 лет волнообразно.

Сравнительный анализ величины LF% выявил наибольший показатель у 20-летних девушек, равный $40,96 \pm 3,40$ %. По мнению многих авторов, мощность LF% характеризует активность симпатического отдела ВНС и её увеличение в группе юношей 17 лет и девушек 20 лет, вероятно, свидетельствует о росте функционального напряжения [16]. Наибольший интерес вызывают изменения CP в диапазоне VLF у юношей и девушек в состоянии покоя. Существует мнение, что мощность спектра сердечного ритма в диапазоне сверхнизких частот 0,05–0,015 Гц (VLF), характеризующего влияние высших подкорковых вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр, может использоваться как маркер связи сегментарных уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипоталамическим и корковым уровнем [17]. По результатам наших исследований наивысшая абсолютная мощность спектра сердечного ритма VLF-колебаний выявлена у 19-летних юношей, равная $845,50 \pm 88$ мс², а низкая, у 20-летних, составила $323,0 \pm 43$ мс². По-видимому, снижению мощности VLF-колебаний способствовал высокий показатель индекса напряжения (ИН) регуляторных механизмов CP. Так, по мнению Р.М. Баевского [6], в норме регуляция сердечным ритмом осуществляется с минимальным участием высших уровней управления, и только в условиях стресса или выраженной функциональной нагрузки управление сердечным ритмом переходит к вышележащим нервным центрам. Это положение подтверждается результатами наших исследований: вклад мощности VLF в общую мощность, выраженный в нормированных единицах (VLF%), составил у юношей 19–20 лет $25,66 \pm 4,2$ % и $26,50 \pm 3,8$ % соответственно.

Согласно нашим данным, отражающим уровень централизации в регуляции сердечно-сосудистой деятельности, проведена классификация обследованных по значениям вегетативного баланса ($VB = LF/HF$) и общей мощности спектра (PW) во время активной ортостатической пробы. Были выделены три уровня вегетативного баланса: $VB < 0,95$ — преобладание парасимпатической нервной системы (ПНС), $0,95 \leq VB < 1,05$ — баланс парасимпатической и симпатической нервной системы, $VB \geq 1,05$ — преобладание симпатической нервной системы (СНС). Наибольшее значение вегетативного баланса в состоянии покоя $2,30 \pm 0,07$ выявлено у 17-летних юношей, что соответствует преобладанию влияния симпатического отдела ВНС.

У юношей 18–20 лет показатель LF/HF указывает на превалирующее влияние мощности спектра дыхательных волн, отражающих уровень активности парасимпатического отдела ВНС. Аналогичные показатели вегетативного баланса (VB) у девушек 17–19 лет, в то же время у 20-летних выявлено снижение влияния парасимпатического отдела и усиление симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Снижение показателя вегетативного баланса LF/HF сопровождается повышением активности парасимпатического отдела ВНС, что, согласно нашему предположению, может свидетельствовать в пользу преобладающего влияния ВНС в регуляции ритма сердца у обследуемых студентов.

Анализ соотношения мощности спектра CP в диапазонах LF и VLF к мощности HF $(LF+VLF)/HF$, отражающего степень активности центрального и автономного контура регуляции сердечного ритма, показал, что существуют выраженные отличия его динамики у юношей и девушек. По литературным данным в ряде исследований [18] установлено снижение вариабельности сердечного ритма с возрастом. Возможно, это обусловлено общим снижением функциональных резервов организма человека. Для проверки данного предположения нами были проанализированы показатели общей мощности спектра (PW) сердечного ритма обследуемых студентов.

По значениям PW были выделены три уровня: $PW < 2300$ — низкая мощность спектра, $2300 \leq PW < 4200$ — средние показатели, $PW \geq 4200$ — высокая мощность спектра. Известно, что отношение мощности спектра сердечного ритма в диапазонах LF и VLF к мощности HF, называемое индексом централизации, показывает влияние центрального и автономного контура регуляции ритма сердца. В настоящей работе у 17-летних юношей значение индекса централизации (ИЦ) составило $2,86 \pm 0,32$ у.е., что показывает проявление активности центрального контура в регуляции сердечным ритмом. У юношей 18 и 19 лет отношение мощности диапазонов LF и VLF к HF отражает сбалансированное соотношение между центральным и автономным контурами регуляции сердечного ритма. У девушек выявлена совершенно другая картина. Индекс централизации у девушек 17 лет равнялся $1,13 \pm 0,1$ у.е., а наибольший ИЦ $2,00 \pm 0,09$ у.е. выявлен у 20-летних девушек.

При анализе спектральных характеристик ритма сердца во время проведения активной ортостатической пробы (АОП) наблюдали снижение мощности высокочастотных колебаний (HF) у 17-летних юношей до 295 ± 50 мс^2 ($p < 0,05$). У 18-летних юношей мощность спектра в диапазоне HF повысилась до 2915 ± 224 мс^2 ($p < 0,01$), в сравнении с первым эпизодом, в то же время изменения мощности спектра HF у юношей 19–20 лет были незначительны.

В группе 17-летних девушек после АОП выявлено увеличение мощности обоих диапазонов LF и HF. Как видно, переход на новый уровень функционирования обеспечивался увеличением активности как симпатической, так и парасимпатической систем. У 17-летних девушек мощность диапазона HF увеличилась до 1363 ± 105 мс^2 ($p < 0,05$), а LF до 978 ± 80 мс^2 . Аналогичное увеличение мощности диапазонов HF и LF наблюдалось у 18-летних девушек: до 2893 ± 230 мс^2 и до 1358 ± 120 мс^2 соответственно.

Как известно, показатель мощности дыхательных волн (HF) отражает состояние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) [1]. Мощность спектра в диапазоне HF после АОП у 19-летних девушек снижалась до 1642 ± 160 мс^2 , а у 20-летних наблюдали повышение до 1085 ± 140 мс^2 .

Анализ показателей HF% у юношей 17–20 лет подтвердил снижение HF% у 17-летних юношей после АОП до $32,42 \pm 0,4$ % ($p < 0,05$). Самый высокий показатель HF % выявлен нами у 20-летних юношей — $61,06 \pm 1,9$ %, а у 19-летних он снизился после АОП до $35,67 \pm 1,3$ % ($p < 0,01$). В группе юношей 18 лет этот показатель остался на том же уровне, что и в первом эпизоде. Выявленное в ходе работы увеличение активности парасимпатических влияний на сердечный ритм свидетельствует о развитии выраженного утомления у 20-летних юношей и у девушек 17–19 лет. Не очень ясным представляется механизм возрастания мощности низкочастотных колебаний (LF)- составляющей спектра или «вазомоторных волн», который наблюдался в наших исследованиях после активной ортостатической пробы. Полагают, что эти волны аналогичны медленным волнам Траубе-Геринга на кривых артериального давления и плетизмограммах [6, 19].

Наиболее распространенной является точка зрения о том, что LF-волны отражают изменение тонуса симпатической нервной системы [20], хотя другие исследователи не исключают участие парасимпатических компонентов в генерации этих волн [21], третьи предполагают комплексную природу LF [22]. Тем более известно, что конкретные мозговые структуры, генерирующие LF-колебания, пока не определены [19]. В наших исследованиях реакция на активную ортостатическую пробу (АОП) в разных возрастных группах 17–20 лет, как у юношей, так и у девушек, имела свои особенности. Так, после перехода из положения «лежа» в вертикальное положение тела (АОП) у обследуемых юношей наблюдали прирост абсолютной мощности вазомоторных волн (LF) с 1067 ± 109 мс^2 до 2002 ± 180 мс^2 ($P < 0,05$) у 18-летних юношей и с 855 ± 52 мс^2 до 2560 ± 230 мс^2 ($p < 0,001$) у 19-летних, что указывает на преобладание симпатических влияний. Относительная доля LF в общем спектре сердечного ритма (CP), измеренная в нормированных единицах (в %), наиболее значимо увеличилась с $25,94 \pm 2,05$ % в

покое до 48, $52 \pm 0,6$ % ($p < 0,001$) после АОП у 19-летних юношей, что указывает на преобладание симпатических влияний ВНС, сопровождаемое снижением показателей SDNN, pNN_{50} , а RMSSD изменяется незначительно. У 18-летних юношей показатель LF% после АОП остался на том же уровне. В то же время после АОП у 20-летних юношей абсолютная мощность спектра в диапазоне LF увеличилась со 198 ± 36 mc^2 до 313 ± 24 mc^2 , тогда как показатель LF% возрос с $16,25 \pm 1,8$ % до $26,17 \pm 0,3$ %.

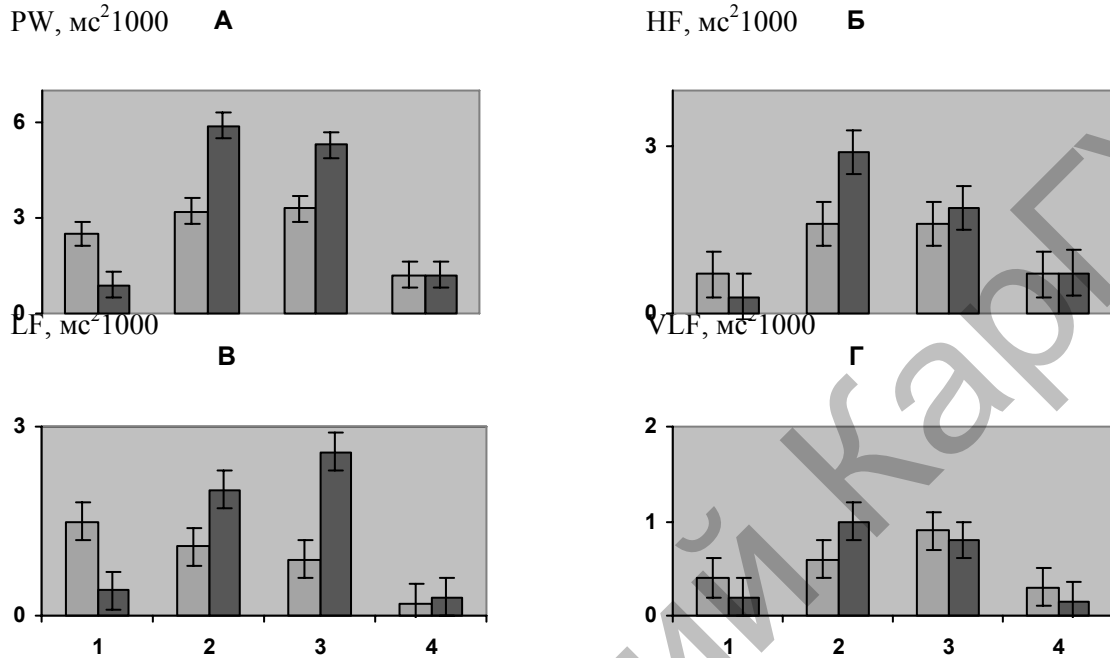


Рис. 1. Динамика показателей PW (А), HF (Б), LF (В), VLF (Г)/($mc^2 \cdot 1000$) в состоянии покоя (светлые столбики), во время АОП (темные столбики) у юношей 17 лет (1), 18 лет (2), 19 лет (3), 20 лет (4)

Но особый интерес вызывает снижение мощности LF после АОП у 17-летних юношей с 1533 ± 200 mc^2 до 398 ± 30 mc^2 ($p < 0,001$). Относительная доля LF% в общем спектре CP, хотя и снизилась, но осталась на довольно высоком уровне — $43,47 \pm 1,0$ %. По-видимому, увеличение индекса напряжения (ИН) до 103 ± 15 у.ед. у 17-летних способствовало снижению мощности LF-колебаний, в то же время снижение ИН у 20-летних выявило повышение мощности спектра в диапазоне LF. Поскольку вазомоторный центр интегрирует как симпатические, так и парасимпатические влияния в результате колебаний сосудистого тонуса, можно полагать, что разнонаправленная вариабельность этой спектральной составляющей отражает напряженный характер функционирования систем, обеспечивающих вегетативный гомеостаз у юношей 17, 19 и 20 лет.

В то же время у девушек 17–20 лет после активной ортостатической пробы наблюдали совершенно другую картину. Мощность спектра в диапазоне LF у 17-летних девушек повысилась до 978 ± 80 mc^2 ($p < 0,05$), у 18-летних осталась на том же уровне. У 19–20-летних девушек также наблюдалось увеличение мощности LF-колебаний.

Анализ данных нашего исследования показал, что при 5-минутном отведении кардиоинтервалов большая часть общей мощности спектра приходится на HF и LF-диапазоны, и поэтому нормированная оценка отражает соотношение активности нервных центров, генерирующих LF и HF-колебания. Поэтому кажущееся увеличение мощности LF-волн во время АОП показывает всего лишь ослабление активности центра блуждающего нерва. В то же время для большей убедительности наших рассуждений проанализируем отношение LF/HF в группах обследуемых юношей и девушек. У юношей 17 и 19 лет при проведении активной ортостатической пробы превалируют LF-волны, а у 18-летних юношей LF/HF-отношение указывает на усиление парасимпатических влияний, при этом наблюдается уменьшение ИН, АМо и увеличение показателей ΔX , SDNN, RMSSD и pNN_{50} . У девушек 17–19 лет LF/HF отношение указывает на преобладание мощности спектра в диапазоне HF, тогда как у девушек 20 лет состояние вегетативного тонуса формировалось уравновешенными вагусными (HF) и симпатическими (LF) влияниями.

Полученные нами результаты свидетельствуют о наличии закономерных колебаний величины показателя мощности спектра в сверхнизкочастотном диапазоне (VLF) при активной ортостатической пробе (АОП) у студентов 17–20 лет. Однако обращает на себя внимание тенденция к снижению мощности спектра в диапазонах LF и HF и особенно VLF-колебаний при высоких значениях индекса напряжения (ИН) регуляторных систем, независимо от пола обследуемых.

Если у юношей 17 и 20 лет мощность VLF-волн при АОП снизилась: у 17-летних до 217 ± 35 мс², у 20-летних до 154 ± 24 мс², то у 18-летних юношей наблюдали увеличение VLF-колебаний до 983 ± 70 мс². У 19-летних юношей мощность спектра VLF осталась на уровне покоя. Обратную картину наблюдали у девушек: увеличение VLF-волн выявлено в 17 и 20-летнем возрасте, в то же время у девушек 18–19 лет — снижение мощности спектра VLF.

По мнению Р.М.Баевского [6] только в условиях стресса или выраженной функциональной нагрузки управление сердечным ритмом переходит к вышележащим нервным центрам. Однако падение при стрессе абсолютной мощности всех составляющих спектра (ВСП), отмечаемое многими исследователями [21, 23], может свидетельствовать об обратном. Анализ показателей индекса централизации (ИЦ) сердечного ритма при активной ортостатической пробе (АОП) выявил усиление активности центрального контура СР у юношей 17 и 19 лет и у 20-летних девушек.

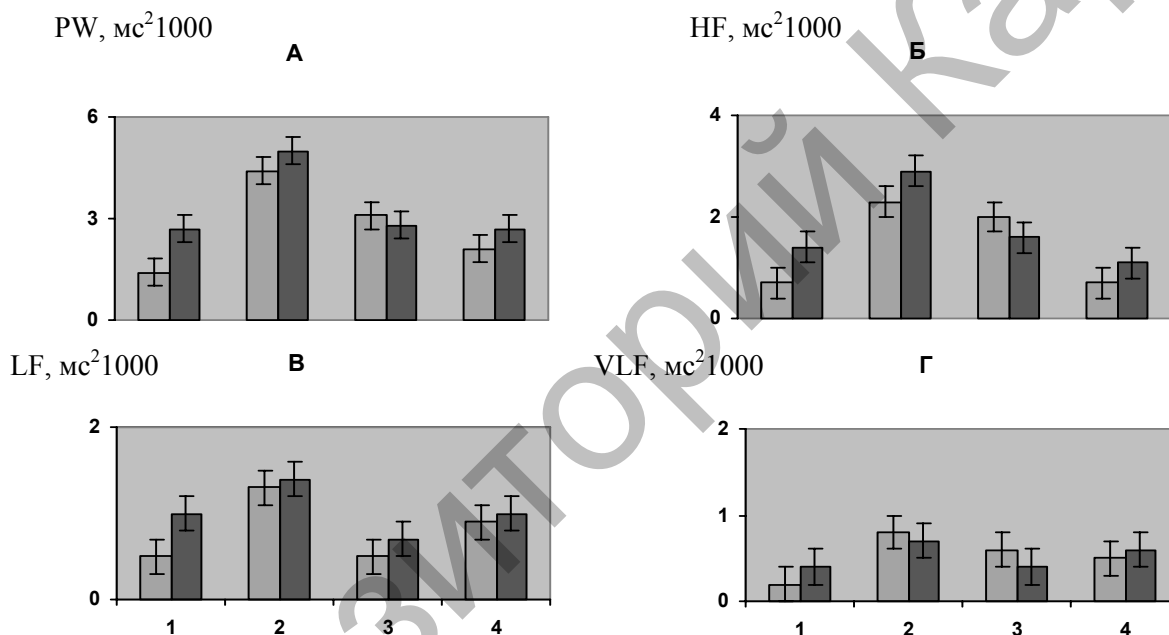


Рис. 2. Динамика показателей PW (А), HF (Б), LF (В), VLF (Г)/(мс²1000) в состоянии покоя (светлые столбики), во время АОП (темные столбики) у девушек 17 лет (1), 18 лет (2), 19 лет (3), 20 лет (4)

О высоком уровне функционирования центрального контура свидетельствует и наблюдаемое доминирование в спектре автокорреляционной функции сверхмедленных (VLF) и низкочастотных (LF) колебаний. Последние связывают с тонусом вазомоторных центров и активностью ренин-ангиотензивной системы, которые обусловлены деятельностью гипоталамо-лимбических и корковых структур [24, 25]. Наблюдаемые нами в группах испытуемых юношей и девушек 17–20 лет разнонаправленные изменения статистических показателей ритма сердца соответствуют имеющимся в литературе данным, согласно которым при интенсивной умственной работе, эмоциях и стрессах у разных лиц возможна как повышенная вариабельность, так и сглаженность изменений показателей сердечного ритма [26, 27].

Сравнительный анализ ВСП показал высокую вариативность R-R-интервалов у девушек 17–20 лет, что также свидетельствует о слабой централизации управления СР и усилении парасимпатического тонуса ВНС. О доминировании парасимпатических механизмов регуляции СР свидетельствует также синусовая аритмия, регистрируемая на ЭКГ у большинства девушек 17–20 лет. Кроме того, по литературным данным в норме сердечный ритм обычно демонстрирует не строго периодичную ди-

намику, а обладает некоторой нормальной нерегулярностью, которая вызвана многообразием управляющих воздействий на сердечную деятельность [28].

По результатам исследования можно заметить, что парасимпатические влияния, наблюдаемые у девушек 17–20 лет, уравнивают чрезмерный эффект симпато-адреналовой системы во время АОП, что является одним из факторов индивидуальной устойчивости женского организма к возможным поражениям сердечно-сосудистой системы. Однако высокий вклад парасимпатических влияний, измеренный в нормированных единицах (HF%), по нашему мнению, указывает на наступающее утомление у девушек 17–19 лет, хотя общая мощность спектра СР изменялась во всех возрастах незначительно. Наибольшее напряжение регуляторных механизмов сердечного ритма выявлено нами у юношей 17 и 20 лет и у девушек 20 лет. Это можно объяснить тем, что бывшие школьники 17 лет испытывали повышенные нервно-эмоциональные нагрузки при сдаче выпускных экзаменов в школе и при поступлении в университет, в то время как юноши и девушки 20 лет являются студентами старших курсов, для которых характерна особенно высокая учебная нагрузка (возрастающий объем самостоятельной подготовки, выполнение курсовых и дипломных проектов).

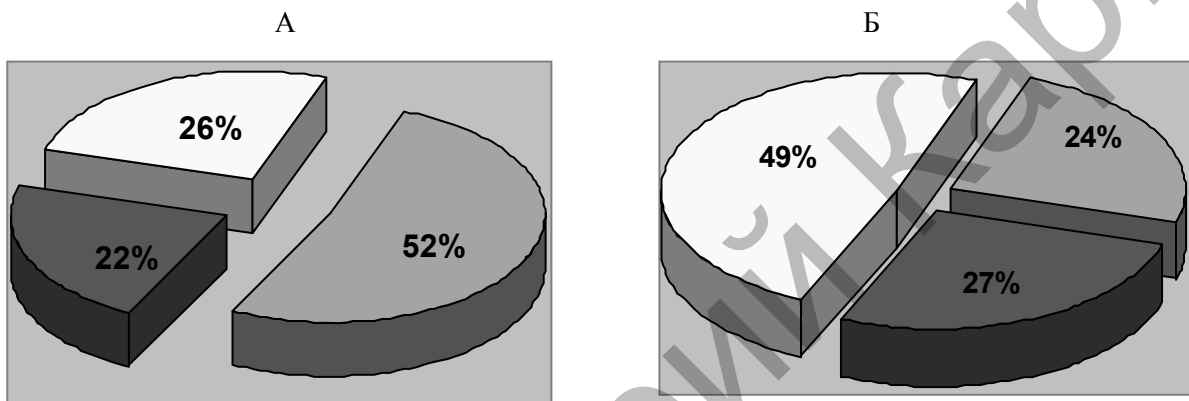


Рис. 3. Процентное соотношение студентов с различными вариантами вегетативного тонуса во время активной ортостатической пробы: А — девушки; Б — юноши; темные сектора — амфотония, белые — симпатикотония, серые — ваготония

Результаты нашего исследования подтверждают литературные данные о том, что основные изменения в динамике сердечного ритма в ходе ортостатической пробы происходят на 80–90 % из-за изменений парасимпатических влияний и, соответственно, лишь на 10–20 % — из-за симпатических [29]. Кроме того, в литературе имеются данные о том, что избыточный тонус симпатического отдела ВНС оказывает сильное отрицательное влияние на обучение и индивидуальную устойчивость к эмоциональному стрессу [30]. В то же время как умеренное преобладание парасимпатических влияний рассматривается в качестве одного из факторов индивидуальной устойчивости здорового организма к отрицательному влиянию нервно-эмоционального напряжения [31]. Некоторые авторы считают, что наиболее полную характеристику функционального состояния ВНС позволяет дать оценка реактивности сердечного ритма при выполнении ортостатической пробы [19, 32]. Анализ наших данных показал, что у 49 % обследованных юношей преобладали симпатические влияния в регуляции сердечного ритма, у 24 % — парасимпатические и у 27 % наблюдали сбалансированное влияние симпатического и парасимпатического тонуса (амфотония). У 52 % девушек выявлено доминирование парасимпатического отдела ВНС, у 26 % — симпатического тонуса и у 22 % — амфотония (рис. 3).

Наши данные отличаются от данных литературы. Так, по данным А.М.Вейна [33], в популяции доминируют люди с амфотонией — 64 %, по 18 % приходится на группы с преобладанием ваготонии и симпатикотонии. В работе И.В.Мухиной и А.П.Гаврилушкина [34] показано, что большая часть обследованных практически здоровых молодых людей (67 %) имеет парасимпатическое преобладание в регуляции СР, у 23 % наблюдался вегетативный баланс, а у 20 % — преобладание симпатического тонуса. Вероятно, что в процессе обучения в университете под влиянием неблагоприятных климато-экологических условий Северного Казахстана у студентов формируется иное соотношение типов вегетативной регуляции, отличающихся от литературных данных.

В нашем исследовании студентов 17–20 лет смешанная регуляция (амфотония) характеризуется как неустойчивый цикл, указывая на то, что при АОП у девушек увеличиваются влияния парасимпатического отдела ВНС на фоне уменьшения симпатических воздействий. Это свидетельствует о сни-

жении функционального напряжения адаптационных механизмов в период обучения. В отличие от девушек у юношей 17–20 лет наблюдалось увеличение влияния симпатического отдела ВНС, что указывает на напряженный характер функционирования адаптационных механизмов.

У юношей 17–20 лет снижение абсолютной мощности спектра сердечного ритма при увеличении индекса напряжения (ИН) регуляторных систем может служить индикатором ухудшения функционального состояния их организма [35].

Известно, что характер вегетативной регуляции в организме отражает фоновую активность структур, осуществляющих приспособление организма ко всем действующим на него внешним факторам. Поэтому у студентов в процессе обучения в университете формируется индивидуальный тип реагирования организма на специфические воздействия внешних факторов. Наблюдаемую зависимость адаптационных изменений в организме от исходного вегетативного тонуса, пола и возраста необходимо учитывать при составлении расписания занятий, ежедневной и недельной учебной нагрузки, поскольку в зависимости от индивидуально-типологических особенностей механизмов вегетативной регуляции отмечается различная устойчивость к учебной нагрузке и неодинаковая направленность изменений функциональных показателей.

Следует особо отметить, что большая напряженность адаптационных механизмов у значительного числа обследованных студентов, отражающая различный уровень их приспособления к обучению в университете, несомненно, во многом определяется и неблагоприятным влиянием на организм климатоэкологических условий Северо-Казахстанского региона.

Список литературы

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптивных возможностей и риск развития заболеваний. — М.: Медицина, 1997. — С. 236.
2. Белецкая Н.П. Северо-Казахстанская область (общая характеристика). — Петропавловск, 2001. — С. 69.
3. Юматов Е.А., Кузьменко В.А., Бадиков В.Н. Экзаменационный эмоциональный стресс у студентов // Физиология человека. — 2001. — Т. 27. — № 2. — С. 104–111.
4. Фролькис А.В. Функциональные заболевания желудочно-кишечного тракта. — Л., 1991. — С. 26–52.
5. Доцоев Л.Я., Усытин А. М., Вагнер Н. И. и др. Функциональное состояние учащихся 11–12 лет в условиях интенсивных учебных нагрузок по данным анализа вариабельности сердечного ритма // Физиология человека. — 2003. — Т. 29. № 4. — С. 62.
6. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ сердечного ритма при стрессе — М.: Наука, 1984. — 220 с.
7. Эдукайтис А., Варонекас Г., Жемайтите Д. Изменение нелинейных характеристик вариабельности сердечного ритма под влиянием физической нагрузки на функцию сердечно-сосудистой системы здоровых и больных ишемической болезнью сердца // Физиология человека. — 2006. — Т. 32. — № 3. — С. 5.
8. Соловьев В.С., Литовченко О.Г., Нифонтова О.Л. Состояние сердечно-сосудистой системы студентов — уроженцев Среднего Приобья // Гигиена и санитария. — 2004. — № 1. — С. 44–47
9. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // Circulation. 1996. — V. 93. — P. 1043.
10. Нидеккер Н.Г., Куприянова О.О. Возможности пульсограммы в оценке волновой структуры ритма сердца // Физиология человека. — 2006. — Т. 32. — № 4. — С. 42.
11. Лакин Г.Ф. Биометрия — М.: Высш. шк., 1990. — 351с.
12. Щербатых Ю.В. Саморегуляция вегетативного гомеостаза при эмоциональном стрессе // Физиология человека. — 2000. — Т.26. № 5. — С. 151–152.
13. Котельников С.А., Ноздрачев А.Д., Коваленко А.П., Одинак М.М. Индекс эрготропной активности — интегральный показатель состояния надсегментарных центров вегетативной регуляции // Физиология человека. — 2003. — Т. 29. — № 3. — С. 66.
14. Горбунов Н.П. Изменения показателей сердечного ритма под влиянием учебной деятельности у подростков с задержкой психического развития // Физиология человека. — 2004. — Т. 30. № 3. — С. 68.
15. Остроумова О.Д., Мамаев В.И., Нестерова М.В. и др. Спектральный анализ колебаний частоты сердечных сокращений у больных эссенциальной артериальной гипертензией // Российский кардиологический журнал. — 2000. — № 6. — С. 60.
16. Флейшман А.Н. Концептуальные модели анализа медленных колебаний гемодинамики // Медленные колебательные процессы в организме человека: теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике: Сб. науч. тр. — Новокузнецк, 1999. — С. 187.
17. Хаспекова Н.Б., Дюкова Г.М., Тумалаева З.Н. и др. Вегетативная регуляция у больных паническими атаками по данным лонгитудинального исследования вариабельности ритма сердца // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. — 1999. № 7. — С. 41.
18. Tsuji H., Venditti F.J., Manders E.S. et al. Determinants of heart rate variability // G.Am. Coll. Cardiol. 1996. V. 28. # 6. — P. 1539.

19. Ноздрачев А.Д., Щербатых Ю.В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы // Физиология человека. — 2001. — Т. 27. № 6. — С. 95–101.
20. Montano A., Ruscone T.G., Porta A. et al. Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt // Circulation. 1994. V.90. — P.1826.
21. Щербатых Ю.В. Что выявляет спектральный анализ variability сердечного ритма? // Прикладные информационные аспекты медицины. — Воронеж. 1999. — Т. 2. № 4. — С. 40.
22. Куприянова О.О., Нидеккер И.Г., Белова Н.Р., Кожевникова О.В. Возможности холтеровского мониторирования ЭКГ при исследовании ритма сердечной деятельности в педиатрии // Физиология человека. — 1999. — Т. 25. № 1. — С. 78.
23. Malliani F., Pagani M., Lombardi F., Carutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain // Circulation. — 1991. — V. 84. — P.1482.
24. Нидеккер Н.Г., Федоров Б.М. Проблема математического анализа сердечного ритма // Физиология человека. — 1993. — Т. 19. — № 3. — С. 80.
25. Андрианов А.А., Василюк Н.А. Variability сердечного ритма при выполнении различных результативных задач // Физиология человека. — 2001. — Т. 27. № 4. — С. 50–55.
26. Федоров Б.М. Головной мозг и сердце. К проблеме волнового поля человека // Физиология человека. — 2001. — Т.27. — № 4. — С. 42–49.
27. Геворкян Э.С., Минасян А.Г., Адамян Ц.И. и др. Динамика интегральных характеристик variability сердечного ритма и психофизиологических показателей студентов в режиме однодневной и недельной учебной нагрузки // Физиология человека. — 2006. — Т. 32. № 4. — С. 62.
28. Жемайтите Д. Ритмограмма как отражение особенностей регуляции сердечного ритма // Ритм сердца в норме и патологии. — Вильнюс, 1970. — С. 99.
29. Жемайтите Д., Варонецкас Г., Жилюкас Г. Автономный контроль сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца в зависимости от сопутствующей патологии или осложнений // Физиология человека. — 1999. — Т. 25. № 3. — С. 106.
30. Данилова Н.Н., Астафьев С.В. Изменение variability сердечного ритма при информационной нагрузке // Журнал высшей нервной деятельности. — 1998. — Т. 49. Вып. 1. — С. 28.
31. Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А., Безруких М.М. Психофизиология развития: психофизиологические основы детской валеологии. — М.: Владос, 2000. — 144 с.
32. Вегетативные расстройства: клиника, лечение, диагностика / Под ред. А.М.Вейна. — М., 1998. — 752 с.
33. Вейн А.М., Соловьева А.Д., Колосова О.А. Вегетососудистая дистония. — М.: Медицина, 1981. — 318 с.
34. Мухина И.В., Гаврилушкин А.П. Особенности регуляции кардиоритма у практически здоровых молодых людей на основе спектрального метода и геометрического анализа нелинейной хаотической динамики // Материалы IV Симпозиума «Медленные колебательные процессы в организме человека. Теоретические и прикладные аспекты нелинейной динамики в физиологии и медицине» / Под ред. А.Н.Флейшмана. — Новокузнецк: Изд-во ГУ НИИ КПП ПЗ СО РАМН, 2005. — 275 с.
35. Федоров В.Н. Вегетативная регуляция кардиоритма у лиц юношеского возраста, проживающих в неблагоприятных экологических условиях Северного Казахстана // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. — М., 2007. — № 3. — С. 52–60.