

УДК 612.17

ВЛИЯНИЕ МУЗЫКИ С РАЗНЫМИ РИТМИЧЕСКИМИ СОСТАВЛЯЮЩИМИ НА РЕГУЛЯЦИЮ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК

© А.Ю. Катаранова, Т.Н. Маляренко, М.А. Татарко

Kataranova A.Yu., Malyarenko T.N., Tatarko M.A. The influence of music with different rhythm on heart rate regulation in young people. The variability of heart rate under the influence of music with different rhythm is investigated. The reaction of the majority of girls consists in the strengthening of centralization of heart rate regulation. This reaction is not dependent on the music style, but strongly dependent on their emotional perception of music. Young men's reaction consists in both decrease and increase of the separate level of heart rate regulation (by 50%). Under the influence of techno-music, the heart rate and breathing of young men is tuned with music rhythm. Music of different styles activates different heart rate regulating mechanisms, and influence on the integrative processes in human brain.

Количественные и качественные изменения сердечного ритма при адаптации организма к различным условиям определяются не только состоянием миокарда и интенсивностью активации водителей сердечного ритма, но и целостным характером реакций организма. Организация комплексных регуляторных процессов при этом осуществляется как по горизонтальным, так и по вертикальным связям между центрами регуляции функций. Одной из возможностей исследования реакций сердечно-сосудистой системы на внешние воздействия является математический анализ ритмограмм сердечного ритма и его вариабельности [1 – 6], в частности, анализ скрытой периодичности, или волновой структуры сердечного ритма [1].

В настоящее время цели изучения сердечного ритма достаточно разнообразны. В зависимости от поставленных задач используют суточное мониторирование показателей сердечного ритма [7], различные функциональные нагрузки: управляемое глубокое дыхание, ортостатическую пробу [8, 9], умственную (информационную) нагрузку [9, 10, 11]. Имеются данные о влиянии музыки на регуляцию сердечной деятельности у детей [12]. Тем не менее, вопрос о сенсорных влияниях на регуляцию сердечного ритма остается мало изученным и еще ждет своего решения. Возможно, что воздействие внешних факторов через сенсорные системы позволит подойти к прогнозированию функционального состояния организма, изучению механизмов адаптационных процессов, возможности их корректирования и оптимизации.

В нашей работе ставилось целью исследовать влияние акустического сенсорного притока в виде музыки с различной ритмической составляющей на механизмы регуляции сердечного ритма. В задачи исследования входило изучение эмоционального восприятия музыки на основе динамики дисперсии кожно-гальванической реакции, а также установление кардио-респираторного сопряжения путем определения корреляции между спектрами ритмограммы и пневмограммы.

МЕТОДИКА

Нами было обследовано 58 испытуемых обоего пола в возрасте 20 ± 1 лет, без сердечно-сосудистой и мозговой патологии, не имеющих специального музыкального образования. Запись и анализ сердечного ритма (СР), кожно-гальванической реакции (КГР) и пневмограммы осуществлялась на автоматизированной системе регистрации биопотенциалов типа «Полиграф-1». Анализировались дисперсия КГР, спектры плотности мощности частотных диапазонов СР: высокие частоты (High Frequency – HF – 0,15–0,4 Гц), которым соответствуют дыхательные волны; низкие частоты (Low Frequency – 0,04–0,15 Гц), которым соответствуют медленные волны 1-го порядка [13, 14]. Активация слуховой сенсорной системы осуществлялась с помощью специально составленных программ из музыкальных произведений с преобладающей мелодической составляющей и высокой вариабельностью ритма (произведения Моцарта, Вивальди, Грига, Чайковского), а также произведений с преобладающей ритмической составляющей и низкой вариабельностью ритма (композиции группы Deep Forest).

Регистрация биопотенциалов проводилась в первой половине дня в положении лежа в спокойном состоянии и во время звучания музыки через 15 минут после начала ее прослушивания. ЭКГ регистрировали в I стандартном отведении на протяжении 15 мин. 15-минутная эпоха анализа автоматически построенных ритмограмм позволяет выделить дыхательные волны в диапазоне 0,15–0,4 Гц и медленные волны 0,04–0,15 Гц. Оценка достоверности волновой структуры зависит от длительности записи и считается статистически значимой, если в эпоху анализа попало не менее 10 волн [1]. В нашей работе для получения достоверных оценок была необходима непрерывная запись анализируемого процесса длительностью 300 с (5-минутная запись ритмограммы). 15-минутная эпоха анализа позволяет выделить участки, лишенные артефактов и переходных процессов, неприемлемых для обработки методом Фурье.

Достоверность результатов определялась с помощью непараметрического критерия Вилкоксона.

АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализируя отдельно мощности диапазонов LF и HF до и после воздействия музыки, ярко выраженных направленных изменений мы не выявили. Однако пересчет спектра плотности мощности на отношение LF/HF способствовал выявлению групп испытуемых по типу регуляции CP в зависимости от реакции на прослушивание музыки. Подобное действие позволяет выявить долю преобладания автономного контура управления или централизацию в регуляции сердечной деятельности.

На I этапе проводилась активация слуховой сенсорной системы с помощью классической музыки. Спектральный и автокорреляционный анализ (в частности, 5-минутных отрезков 40 симфонии Моцарта) показал, что произведения данного стиля характеризуются более высоким временем корреляции и более разнообразной плотностью музыкальной фактуры. Автокорреляционная функция имеет монотонный спадающий характер, характеризующий высокую вариабельность ритма в этих произведениях (рис. 1а).

В таблице 1 представлена динамика среднegrupповых показателей отношения LF/HF, корреляции спектров CP и дыхания, а также дисперсии КГР в группах испытуемых с увеличением отношения LF/HF после прослушивания музыки с высокой вариабельностью ритма. Оказалось, что у 71 % девушек и 50 % юношей классическая музыка вызвала достоверное увеличение отношения LF/HF, на 61,8 % и 91,5 % соответственно, по сравнению с исходным уровнем (рис. 2а, 3а). Подобная реакция может свидетельствовать о повышении напряжения регуляции сердечной деятельности. Величина коэффициентов корреляции спектров дыхания и CP, характеризующих степень взаимодействия сердечно-сосудистого и дыхательного центров, в этих группах заметно снизилась, на 23 % у девушек и 13 % у юношей (рис. 4). Это свидетельствует о том, что на

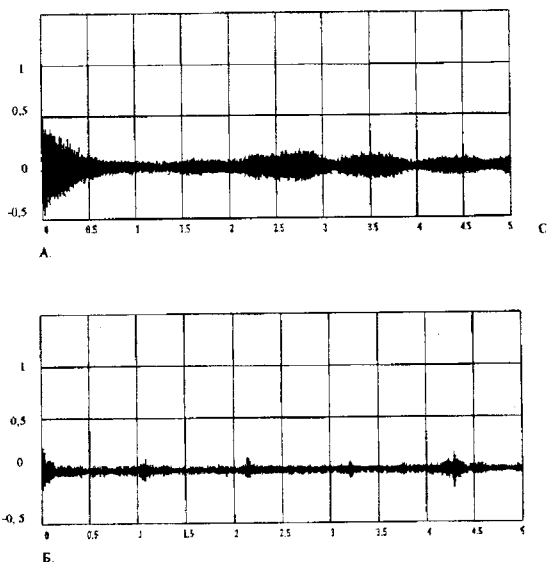
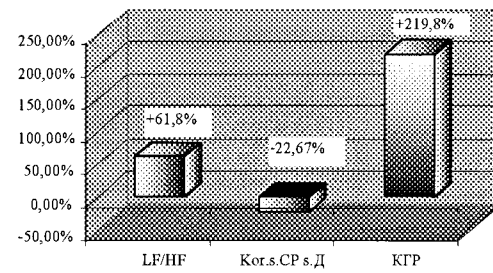
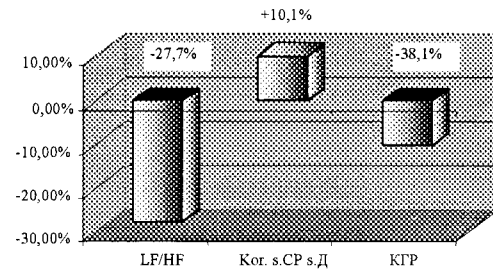


Рис. 1. Вариабельность автокорреляционной функции классической музыки (А) и техно-музыки (Б).

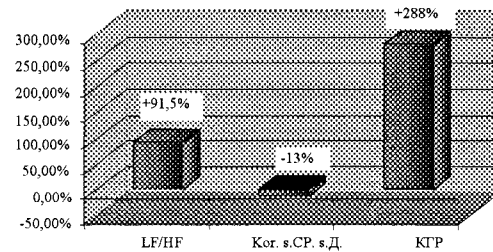


А

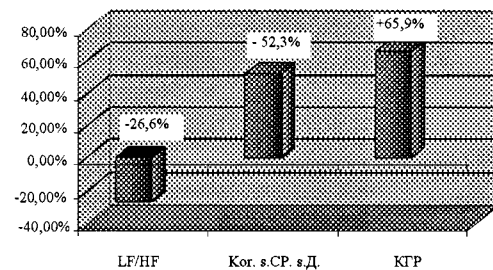


Б

Рис. 2. Динамика исследуемых вегетативных показателей под влиянием классической музыки у девушек в группах с увеличением (А) и уменьшением (Б) отношения LF/HF.



А



Б

Рис. 3. Динамика исследуемых вегетативных показателей под влиянием классической музыки у юношей в группах с увеличением (А) и уменьшением (Б) отношения LF/HF.

фоне усиления активности центральных структур управления вегетативными функциями произошло снижение доли автономного контура регуляции и ослабление связи «дыхательный центр – сердечно-сосудистый центр» в продолговатом мозге.

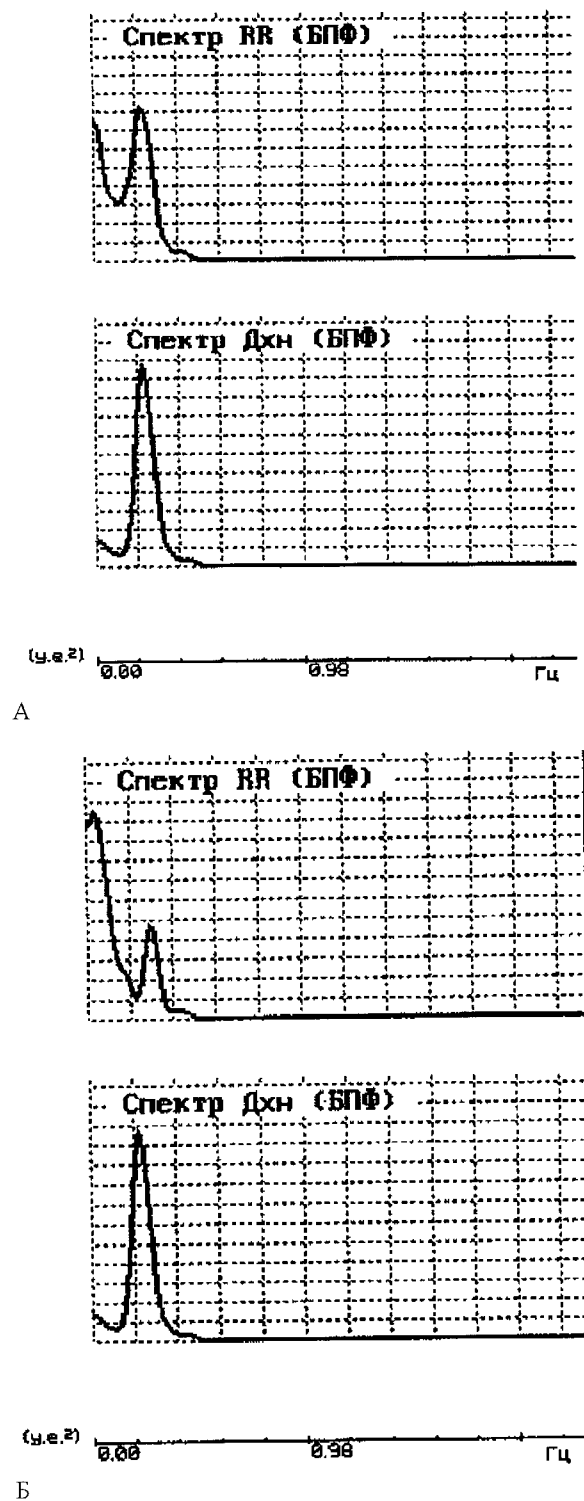


Рис. 4. Соотношение спектров сердечного ритма и дыхания в исходном состоянии (А) и после воздействия (Б) слухового сенсорного притока в случае уменьшения корреляции между ними.

Замечено, что в этих группах у девушек дисперсия КГР возросла в 2, а у юношей в 2,8 раза (рис. 5а). Причиной такой реакции может быть значительное повышение эмоционального возбуждения, связанного с активацией лимбико-ретикулярного комплекса при прослушивании классической музыки [12]. Подобная активация способна оказывать возбуждающее влияние

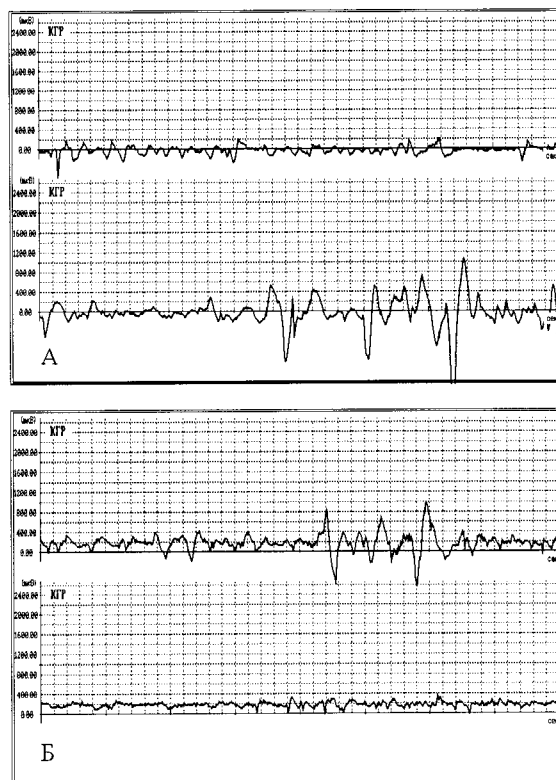


Рис. 5. Увеличение дисперсии КГР в группах испытуемых с увеличением LF/HF (А) и уменьшение дисперсии КГР в группах испытуемых со снижением LF/HF (Б).

Таблица 1.

Динамика среднegrupповых показателей анализируемых вегетативных функций в группах с увеличением отношения LF/HF после прослушивания классической музыки

Параметры	Юноши (50 % случаев)		Девушки (71 % случаев)	
	Исходное	Прослуш.	Исходное	Прослуш.
LF/HF	2,23 ± 0,98	4,27 ± 2,86**	1,44 ± 0,69	2,33 ± 0,98***
Корреляция s. CP и s. Дых.	0,692 ± 0,159	,604 ± 0,197**	0,75 ± 0,19	0,58 ± 0,21***
Дисперс. КГР	55,93 ± 21,3	217,43 ± 53,5*	65,64 ± 19,8	209,71 ± 65,7**

* – результаты достоверны ($P \leq 0,05$), ** – результаты достоверны ($0,01 \leq P \leq 0,05$), *** – результаты достоверны ($P \leq 0,01$).

на многие отделы ЦНС, в том числе на высшие вегетативные центры, которые, в свою очередь, оказывая централизованное воздействие, подчиняют себе регуляцию сердечно-сосудистого центра и ослабляют его взаимосвязь с дыхательным центром.

Таблица 2 отражает изменение среднegrupповых показателей CP, кардио-респираторного сопряжения и дисперсии КГР в группах испытуемых с уменьшением отношения LF/HF после прослушивания классической музыки. Исходя из полученных данных, противоположная динамика результатов наблюдалась у 50 % юношей и 29 % девушек. Под влиянием слухового сенсорного притока у них заметно снизилось отношение LF/HF (на 27 % и 28 % соответственно) по сравнению с исходным уровнем. Сравнение значений корреляции спектров дыхания и CP выявило ее достоверное увеличение на 52 % у юношей и только на 10 % у девушек

Таблица 2.

Динамика среднегрупповых показателей анализируемых вегетативных функций в группах с уменьшением отношения LF/HF после прослушивания классической музыки

Параметры	Юноши (50 % случаев)		Девушки (29 % случаев)	
	Исходное	Прослуш.	Исходное	Прослуш.
LF/HF	3,72 ± 1,01	2,73 ± 0,9*	1,12 ± 0,11	0,81 ± 0,13*
Корреляция s. CP и s. Дых.	0,323 ± 0,09	0,492 ± 0,17**	0,77 ± 0,19	0,848 ± 0,18*
Дисперс. КГР	161,04 ± 91,01	267,1 ± 0,93,1*	136,52 ± 71,2	84,44 ± 59,1

Обозначения те же.

(рис. 26, 36), по-видимому, в связи с тем, что исходный уровень этого показателя был значительно ниже в мужской группе, чем в женской (0,323 и 0,77 соответственно). Динамика данных результатов может свидетельствовать о том, что у испытуемых этих групп становится более выраженным преобладание связей между дыхательным и сердечно-сосудистым центром над централизацией управления функцией, активизируется деятельность автономного контура регуляции.

Замечено, что дисперсия КГР в этой группе юношей также увеличилась, (на 66 %), в то в то время как у девушек этот показатель снизился на 38 % (рис. 5б). Причиной этого снижения может быть проявление релаксационного эффекта на классическую музыку в этой группе студенток. В женских группах наблюдалась большая вариабельность в эмоциональном восприятии музыки, выражавшаяся в разнонаправленной динамике дисперсии КГР, тогда как юноши реагировали однонаправленно. Кроме того, для всех показателей реакций на классическую музыку была свойственна высокая индивидуальная вариабельность, которая выражалась значительной дисперсией результатов.

Анализируя частоту дыхательных волн в группах испытуемых в исходном состоянии и после прослушивания произведений с высокой вариабельностью ритма, какой-либо закономерности изменений как у юношей, так и у девушек обнаружено не было. Судя по полученным данным, прослушивание классической музыки не вызывает подстройки хронотропной функции сердца под определенную частоту ритма прослушанных фрагментов.

На II этапе исследования активация слуховой сенсорной системы осуществлялась с помощью музыкальных произведений с высокой ритмической составляющей и низкой вариабельностью ритма. В табл. 3 представлена динамика показателей исследуемых функций под влиянием техно-музыки. Математический анализ физических характеристик показал, что анализируемый фрагмент техно-музыки характеризуется меньшим временем корреляции. Автокорреляционная функция 5-секундных отрезков этого фрагмента имеет немонотонный периодический характер, похожий на суперпозицию нескольких периодических функций, периоды которых совпадают с ритмом партий отдельных инструментов (рис. 1б), то есть данная музыка обладает низкой вариабельностью ритма. Выраженные всплески функции, приходящиеся на сильные доли ударных инструментов, находятся на частотах, кратных 1,04 с (т. е. приблизительно 2,08 с, 3,12 с, 4,16 с и т. д.).

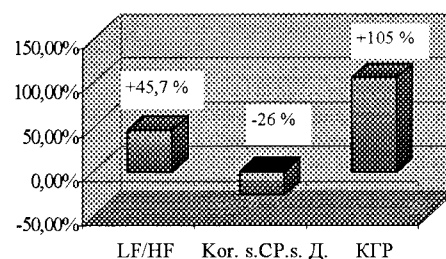
Таблица 3.

Динамика среднегрупповых показателей анализируемых вегетативных функций у юношей и девушек после прослушивания техно-музыки

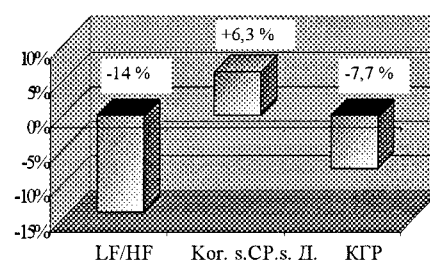
Параметры	Юноши (92% случаев уменьшения LF/HF)		Девушки (83% случаев увеличения LF/HF)	
	Исходное	Прослуш.	Исходное	Прослуш.
LF/HF	3,36 ± 1,9	2,89 ± 1,75**	0,92 ± 0,302	1,34 ± 0,56*
Корреляция s. CP и s. Дых.	0,853 ± 0,21	0,907 ± 0,19*	0,941 ± 0,083	0,695 ± 0,083 *
Дисперс. КГР	136,46 ± 96,03	125,9 ± 82,05 *	50,8 ± 30,4	104,3 ± 50,8 **

Обозначения те же.

Выявлено, что музыка с выраженной ритмической составляющей оказывает противоположное действие на вегетативные функции юношей и девушек. В 92 % случаев в мужской и в 83 % – женской группах проявляется разнонаправленная динамика анализируемых показателей (рис. 6). Отношение LF/HF достоверно снижается (на 14 %) у юношей и увеличивается на (45,7 %) у девушек, что свидетельствует о снижении напряжения регуляции в первом случае и его повышении – в другом. Предположительно, в мужской группе происходит подстройка ритмов сердца и дыхания под четкий ритм техно-музыки. Практически все юноши имели в исходном состоянии частоты дыхательных волн CP ниже 0,32 Гц (за исключением испытуемого К., имевшего частоту HF, равную 0,35 Гц). При прослушивании музыки в 70 % случаев наблюдалось достоверное нарастание частоты высокочастотной части спектра CP и приближение ее к 0,32 – 0,33 Гц (а у испытуемого К. частота HF снизилась до 0,32 Гц).



А



Б

Рис. 6. Динамика исследуемых вегетативных показателей под влиянием техно-музыки в группах девушек с увеличением LF/HF (А) и юношей с уменьшением LF/HF (Б).

Таблица 4.

Индивидуальные показатели частоты (Гц)
дыхательных волн СР в исходном состоянии
и в течение прослушивания техно-музыки

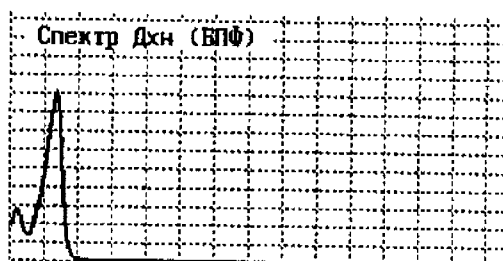
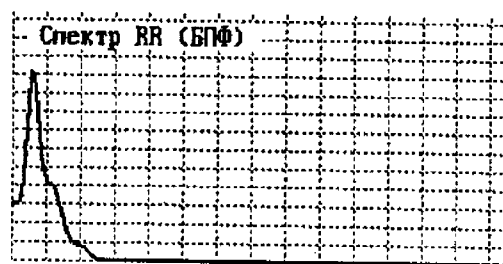
Юноши			Девушки		
№	Исходное	Прослуш.	№	Исходное	Прослуш.
1	0,31	0,32	1	0,19	0,22
2	0,21	0,22	2	0,31	0,31
3	0,16	0,17	3	0,28	0,28
4	0,22	0,32	4	0,28	0,28
5	0,3	0,33	5	0,21	0,21
6	0,26	0,32	6	0,29	0,3
7	0,27	0,29	7	0,25	0,26
8	0,35	0,32	8	0,33	0,35
9	0,25	0,32	9	0,27	0,26
10	0,29	0,32	10	0,28	0,29

Таким образом, частота дыхательных волн, характеризующаяся высокой индивидуальной вариабельностью в исходном состоянии в мужской группе, в процессе прослушивания музыки стремится подстроиться к частоте с периодом 3 – 3,12 с (что соответствует приблизительно утроенному минимальному периоду 1,04 с) или 0,33 – 0,32 Гц (табл. 4). В женской группе такой закономерности не наблюдалось.

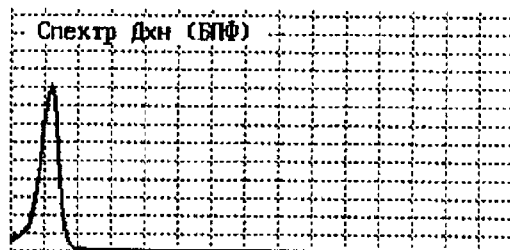
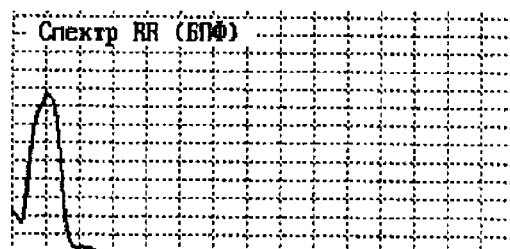
Дисперсия КГР под влиянием техно-произведений снижалась у юношей на 7,7 %, но в женской группе повышалась почти в 2 раза. Возможно, что этот стиль музыки вызвал у девушек эмоциональное напряжение, в то время как юноши отреагировали реакцией релаксации на прослушивание ритмической музыки. В женской группе под воздействием акустического сенсорного притока этого типа наблюдалось увеличение напряжения регуляции сердечной деятельности, а у юношей – увеличение доли влияния автономного контура регуляции и снижение централизации управления. Это подтверждается и динамикой коэффициентов корреляции спектров дыхания и СР. У юношей происходил его прирост на 6,3%, то есть становилось выраженным преобладание связи «дыхательный центр – сердечно-сосудистый центр» над централизацией управления сердечной деятельностью (рис. 7). Девушки отреагировали уменьшением корреляции на 26 %, что свидетельствует в пользу активации и превалирования высших центров управления вегетативными функциями и снижения автономного контура регуляции СР при прослушивании девушками техно-музыки.

Таким образом, проанализировав изучаемые параметры вегетативных функций и выявив различия между влиянием слухового сенсорного притока и показателями волновой структуры СР, дыхания и дисперсией КГР, можно сделать следующие выводы:

1. Влияние слухового сенсорного притока (в частности, классической и техно-музыки) зависит от ритмических характеристик музыки и пола испытуемых.
2. Дополнительный сенсорный приток независимо от стиля музыки вызвал у большинства девушек по сравнению с юношами снижение автономного контура регуляции СР и централизацию управления сердечной деятельности. Связь «дыхательный центр – сердечно-сосудистый центр» при этом ослабевает. Подобная реакция целесообразна в условиях эмоционального возбуждения, творческой, умственной деятельности, когда требуется концентрация внимания и подчинение функций высшим центрам управления.



(ц.з.) 0.00 0.98 1.95 Гц
А



(ц.з.) 0.00 0.98 1.95 Гц
Б

Рис. 7. Соотношение спектров сердечного ритма и дыхания в исходном состоянии (А) и после воздействия (Б) слухового сенсорного притока в случае увеличения корреляции между ними.

3. В мужской группе под влиянием слухового сенсорного притока в виде классической музыки зарегистрирована разнонаправленная динамика вегетативных показателей. В половине случаев у юношей выявлена реакция, аналогичная женской группе, то есть повышение напряжения регуляции СР. Остальные 50 % испытуемых отреагировали увеличением преобладания автономного контура регуляции в ответ на прослушивание. Кардио-респираторное сопряжение в этом случае усиливалось.

4. Воздействие техно-музыки на мужскую и женскую группы было различным. Реакция на влияние музыки с низкой вариабельностью ритма у большинства юношей была однонаправленной и характеризовалась ослаблением напряжения регуляции СР и активацией автономного контура. Причиной подобной реакции может быть большая чувствительность юношей к ритмической составляющей музыки в связи с более выраженной у них активностью левого полушария. У юношей происходила подстройка вегетативных показателей (хронотропной функции сердца и дыхания) под четкий ритм техно-музыки. Девушки более восприимчивы к эмоциональной окраске музыки (преобладание правополушарных функций), и подстройки сердечного ритма и дыхания под определенную частоту, в отличие от юношей, у них не наблюдалось.

5. Музыка классического и техно-стиля, имеющая различные ритмические составляющие, является причиной активации различных механизмов регуляции СР, затрагивающих как автономные, так и высшие центры управления. Она способна влиять на вегетативные функции организма и интегративные процессы в мозге.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нидеккер И.Г., Федоров Б.М.* Проблема математического анализа сердечного ритма // Физиология человека. Т. 19. №3. 1993. С. 80-87.
2. *Баевский Р.М.* Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом // Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения. М.: Медицина, 1976. С. 161-175.
3. *Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З.* Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. 224 с.
4. *Жемайтис Д.И.* Возможности клинического применения и автоматического анализа ритмограмм: Дис. ... д-ра мед. наук. Каунас: Мед. ин-т, 1972. 285 с.
5. *Жемайтис Д.И.* Вегетативная регуляция синусового ритма сердца у здоровых и больных // Анализ сердечного ритма. Вильнюс, 1982. С. 22-32.
6. *Нидеккер И.Г.* Выявление скрытых периодичностей методом спектрального анализа: Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. М.: ВЦ АН СССР, 1968. 131 с.
7. *Куприянова О.О., Нидеккер И.Г., Бродяцкая Е.Е.* // Физиология человека. №2. 1988. С. 328-331.
8. *Куприянова О.О., Нидеккер И.Г., Кожеевникова О.В.* Метод компьютерного анализа ритма сердца у детей по данным суточного мониторирования // Физиология человека. Т. 21. №2. 1995. С. 160-164.
9. *Кутерман Э.М., Хаспекова Н.Б.* Типологические особенности тонических составляющих ритма сердца // Физиология человека. Т. 21. №6. 1995. С. 146-152.
10. *Сирота Т.И., Тупицын И.О.* Анализ особенностей хронотропной функции сердца // Физиология человека. Т. 11. №5. 1985. С. 801-807.
11. *Станкус А.И.* Изменение волновой структуры сердечного ритма при информационной нагрузке // Физиология человека. Т. 20. №2. 1994. С. 17-22.
12. *Маларенко Т.Н., Хватова М.В.* Развитие функций мозга ребенка сенсорными притоками. Тамбов: Изд-во ТГУ, 1998. 96 с.
13. *Явелов И.С., Грацианский Н.А., Зуйков Ю.А.* Вариабельность ритма сердца при острых коронарных синдромах: значение для оценки прогноза заболевания (часть I) // Кардиология. №2. 1997. С. 61-69.
14. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation 1996. V. 9. P. 1043-1065.

Поступила в редакцию 10 марта 1999.