

Возрастные особенности спектральных характеристик сердечного ритма детей 8-15 лет

А.Р. Сабирьянов, Е.С. Сабирьянова

The age peculiarities of the spectrum characteristics of cardiac rhythm in children at the age of 8-15 years

A.R. Sabirianov, E.S. Sabirianova

Челябинская государственная медицинская академия, г. Челябинск (ректор – д.м.н., профессор Ю.С. Шамуров)

Изучались особенности variability сердечного ритма детей первой группы здоровья в возрасте 8-15 лет при помощи электрокардиограммы в первом стандартном отведении на базе диагностирующей системы «Кентавр». Проведены спектральный и дисперсионный анализы полученных данных. Выявлены особенности спектральных характеристик изучаемых параметров в зависимости от возраста детей.

Ключевые слова: дети, ритм сердца, спектральный анализ, возрастные особенности.

The peculiarities of cardiac rhythm variability in children at the age of 8-15 years belonging to the first group of health were studied using the electrocardiograms of first standard leads based on «Kentavr» diagnostic system. Both spectrum and dispersion analyses of the data obtained were made. The peculiarities of the spectrum characteristics of the parameters studied were revealed depending on children's age.

Keywords: children, cardiac rhythm, spectrum analysis, age peculiarities.

Несмотря на то что в последнее время достаточно большое количество публикаций посвящено исследованию возрастной динамики колебательных процессов кровообращения у детей, в частности variability сердечного ритма [7, 8, 9, 11, 12 и др.], до настоящего времени нет целостной характеристики variability основных показателей центральной и периферической гемодинамики.

Детскому организму онтогенетически при-

сущ комплекс психофизиологических адаптивных процессов, приводящий к изменению функциональных процессов с формированием новых физиологических уровней его деятельности [1, 17, 18]. По нашему мнению, ведущим фактором биологической системной организации личности является социальная среда.

Целью данной работы являлось изучение особенностей variability сердечного ритма детей первой группы здоровья в возрасте 8-15 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследовали школьников первой группы здоровья (n=1118) гг. Миасса и Челябинска. Все дети были подразделены на 16 возрастно-половых групп.

Регистрация 500 кардиоинтервалов R-R проводилась при помощи электрокардиограммы в первом стандартном отведении на базе диагностирующей системы «Кентавр» [2; 3].

Спектральный анализ variability сердечного ритма проводился методом быстрого преобразования Фурье [13; 21; 22] при помощи компьютерной программы системы «Кентавр». Учитывая психомоторные особенности детей данного возраста, все результаты подвергались 60% фильтрации, что позволило устранить помехи и погрешности в процессе регистрации показателя.

Изучалась возрастная динамика следующих

спектральных характеристик ритма сердца: общая мощность спектра (Power, усл.ед.); середина спектра (Fm, Гц); относительная мощность колебаний в 4 диапазонах спектра (%).

При интерпретации результатов спектрального анализа учитывалось, что самые медленные волны (UVLF), расположенные в диапазоне с частотой колебаний от 0 до 0,025 Гц, являются следствием воздействия метаболических факторов на ритм сердца; очень медленные волны (VLF) – от 0,025 до 0,075 Гц связаны с активностью гуморальных факторов; медленные волны (LF) – от 0,075 до 0,15 Гц являются результатом активности симпатической и парасимпатической нервной системы, барорегуляции; высокочастотные волны (HF) – колебания в диапазоне от 0,15 до 0,5 Гц – связаны с деятельностью парасимпатической нервной системы [4; 5; 6; 10; 24].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлена возрастная динамика общей мощности и середины спектра колебаний ритма у детей 8-15 лет.

Как видно из таблицы 1, в обеих половых группах наблюдается двухэтапное снижение общей мощности спектра. На первом этапе Power снижается с 8 до 12 лет включительно. Далее, в 13 лет, наблюдается некоторое повышение (статистически достоверное у мальчиков), что связано с увеличением круга регулирующих воздействий на ЧСС [5; 19]. Данное обстоятельство, в первую очередь, может быть связано с препубертатным ростом влияний различных гуморальных факторов, в частности гормонов щитовидной железы, гипофиза и пр. В 14-15 лет продолжается падение Power. Следовательно, у детей наблюдается снижение мощности колебаний сердечного ритма, что может быть связано с сужением круга регулирующих воздействий и их интенсивности, вследствие онтогенетических адаптивных процессов в деятельности систем регуляции и кровообращения с формированием устойчивых условнорефлекторных связей, совершенствованием ауторегуляторных механизмов.

Межполовые различия показателей проявляются только в младшем школьном возрасте, когда у мальчиков наблюдаются более низкие значения Power. Кроме того, необходимо отметить тот факт, что во всех возрастно-половых группах наблюдается тесная положительная корреляционная связь данного спектрального показателя с частотой сердечных сокращений (ЧСС). Следовательно, снижение Power тесно связано с возрастным урежением сокращений сердца.

Возрастная динамика середины спектра колебаний ЧСС у девочек и мальчиков различается. При этом в обеих половых группах всех возрастов, за исключением 12-летних девочек, Fm располагается в очень низкочастотном диапазоне, где частота колебаний определяется различными гу-

моральными факторами, в частности катехоламинами и ренин-ангиотензиновой системой – до 0,04 Гц [20; 23], а колебания с большей частотой – до 0,12 Гц – могут являться следствием активности симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС). По результатам корреляционного анализа Fm спектра и ЧСС имеют обратно пропорциональную зависимость. Следовательно, чем больше частота колебаний ритма сердца, тем реже ЧСС, что, несомненно, связано с увеличением роли парасимпатических влияний в более низкочастотных диапазонах спектра.

У девочек "пограничного" школьного возраста младшей и средней подгрупп наблюдаются скачкообразные изменения Fm спектра ЧСС. В 10 и 12 лет резко возрастает частота колебаний ритма сердца – до 0,11 и 0,058 Гц, соответственно ($p < 0,0001$), что, скорее всего, связано не с изменениями в уровнях регуляции ЧСС, а с общими гормональными перестройками у девочек. Таким образом, с 8 до 15 лет наблюдается рост середины спектра колебаний сердечного ритма, что может быть связано с увеличением парасимпатических влияний.

У мальчиков с 8 до 11 лет наблюдается статистически достоверное увеличение Fm спектра колебаний ЧСС с $0,042 \pm 0,001$ до $0,057 \pm 0,001$ Гц, далее данный показатель к 13 годам снижается до $0,031 \pm 0,0006$ Гц, а к 15 годам повышается до $0,037 \pm 0,001$ Гц. Заметны и межполовые различия Fm спектра колебаний. Если в 8-9 лет средняя частота колебаний сердечного ритма у мальчиков статистически достоверно больше, то в 13-15 лет она преобладает у девочек.

Некоторую ясность в достаточно сложную возрастную динамику частотных характеристик variability ЧСС вносит рассмотрение относительного распределения мощности по четырем диапазонам спектра колебаний, что представлено в таблице 2.

Таблица 1

Возрастные особенности спектральных характеристик variability сердечного ритма у детей 8-15 лет

Показатели	Power, усл.ед.			Fm, Гц.		
	Девочки	Мальчики	Р д-м	Девочки	Мальчики	Р д-м
Возраст, лет						
8	26,9 $\pm$ 1,59	25,11 $\pm$ 2,23		0,033 $\pm$ 0,001	0,042 $\pm$ 0,001	$P < 0,0001$
9	23,5 $\pm$ 0,81	17,87 $\pm$ 2,15	$P < 0,05$	0,038 $\pm$ 0,0009	0,045 $\pm$ 0,003	$P < 0,0001$
Р 8-9		$P < 0,05$		$P < 0,0001$		
10	18,88 $\pm$ 1,48	13,3 $\pm$ 1,04	$P < 0,005$	0,11 $\pm$ 0,009	0,047 $\pm$ 0,005	$P < 0,0001$
Р 9-10	$P < 0,01$			$P < 0,0001$		
11	20,76 $\pm$ 0,97	10,91 $\pm$ 0,42	$P < 0,0001$	0,037 $\pm$ 0,003	0,057 $\pm$ 0,001	$P < 0,0001$
Р 10-11				$P < 0,0001$	$P < 0,0001$	
12	13,83 $\pm$ 0,79	12,26 $\pm$ 1,28		0,058 $\pm$ 0,004	0,055 $\pm$ 0,004	
Р 11-12	$P < 0,0001$			$P < 0,0001$		
13	16,13 $\pm$ 0,88	18,59 $\pm$ 0,88		0,05 $\pm$ 0,001	0,031 $\pm$ 0,0006	$P < 0,0001$
Р 12-13		$P < 0,0001$			$P < 0,0001$	
14	12,32 $\pm$ 0,83	12,55 $\pm$ 0,64		0,047 $\pm$ 0,001	0,035 $\pm$ 0,0006	$P < 0,0001$
Р 13-14	$P < 0,001$	$P < 0,0001$			$P < 0,0001$	
15	9,59 $\pm$ 0,48	9,45 $\pm$ 0,55		0,051 $\pm$ 0,003	0,037 $\pm$ 0,001	$P < 0,0001$
Р 14-15	$P < 0,001$	$P < 0,001$				

Примечание: Power – общая мощность спектра колебаний; Fm – середина спектра колебаний; Р д-м – достоверность разницы показателей мальчиков и девочек; Р 8-9, Р 9-10, Р 10-11, Р 11-12, Р 12-13, Р 13-14, Р 14-15 – достоверность разницы возрастных показателей.

Таблица 2

Возрастная динамика относительного распределения мощности спектра колебаний ЧСС по четырем диапазонам у детей 8-15 лет

Возраст, лет	Девочки				Мальчики			
	UVLF, %	VLF, %	LF, %	HF, %	UVLF, %	VLF, %	LF, %	HF, %
8	22±1,49	52,62±2,51*	23,76±2,9*	1,6±0,36*	20,4±1,46	47,2±2,32*	28,97±2,72*	3,42±0,58*
9	21,59±1,17	52,78±2,09*	22,81±2,27*	2,82±0,59*	19,12±1,25	48,61±1,87*	25,85±2,25*	6,43±1,87*
10	14,4±1,48	32,57±2,2*	23,57±2,7*	29,49±2,83*	18,27±1,4	44,86±2,48*	19,92±2,94*	16,94±2,85
11	21,04±1,24	54,72±2,02*	16,81±1,71*	7,46±1,95*	15,59±1,76	37,73±2,4*	35,06±2,69	11,61±2,01*
12	14,35±0,94	49,26±2,04*	24,97±2,06*	11,45±2,25*	15,56±1,33	40,9±2,31*	31,64±2,97*	11,89±3,04*
13	21,6±1,56	47,53±2,73*	20,58±2,59*	10,28±3,14*	20,92±1,35	63,26±1,5*	11,83±0,75*	4,01±0,87*
14	12,57±1,03	49,85±2,76*	28,63±2,78*	8,94±1,49*	20,85±1,72	52,23±2,54*	18,21±2,56*	8,71±3,01*
15	15,48±1,29	44,07±2,53*	31,82±3,06*	8,55±2,25*	22,51±1,55	51,31±2,27*	17,82±2,92*	8,37±2,43*

Обозначения: * - статистическая достоверность различия по критерию Фишера с более низкочастотным диапазоном; **жирный шрифт** - статистическая достоверность различия по критерию Фишера с предыдущим возрастом; HF - короткие волны; LF - низкочастотные волны; VLF - очень низкочастотные волны; UVLF - самые низкочастотные волны.

Как видно из таблицы 2, во всех возрастно-половых группах мощность значительно преобладает в очень низкочастотном диапазоне спектра колебаний ритма сердца, который тесно связан с гуморальными факторами регуляции. У девочек 8-9 лет различий распределения мощности по диапазонам нет. Однако в 10 лет наблюдается выраженное уменьшение VLF колебаний и рост HF, что сопровождается сдвигом Fm в более высокочастотную часть спектра. При этом, как видно, отсутствуют изменения в диапазоне низких частот, и имеется статистическая значимость в динамике мощности самого низкочастотного диапазона. Следовательно, данные изменения у девочек 10 лет связаны со снижением гуморально-метаболических и ростом парасимпатических влияний на ритм сердца. При изучении антропометрических характеристик обращает на себя внимание более выраженное увеличение в данном возрасте роста и массы тела девочек, что, вероятно, связано с эндокринными изменениями, и, в свою очередь, может вызвать адаптивные изменения в системах регуляции кровообращения.

У девочек в 11-летнем возрасте мощность колебаний в гуморально-метаболическом диапазоне практически восстанавливается до уровня 8-9 лет, при этом уровень высокочастотных колебаний снижается, но остается выше значений 8-9 лет. Кроме того, статистически достоверно уменьшаются колебания в HF диапазоне. Если предположить, что изменения вариабельности в 10 лет являлись возрастными адаптивными изменениями в системах регуляции в результате онтогенетических процессов, то динамика в 11-летнем возрасте - это дальнейшее развитие регуляторных приспособительных процессов, проявляющееся, по-видимому, в снижении симпатических влияний.

Далее, в 12 лет, динамика распределения мощности в диапазонах повторяет направленность 10-ти лет. Следовательно, можно предположить, что в основе данных изменений лежит волнообразность адаптивных и онтогенетических эндокринных процессов девочек. В 13-15-

летнем возрасте распределение мощности в диапазонах несколько стабилизируется. Однако в самом низкочастотном диапазоне волнообразность возрастной динамики сохраняется (рис. 1), что, вероятно, связано с непосредственным участием метаболических и церебральных механизмов в процессах гормональных перестроек у девочек данного возраста.

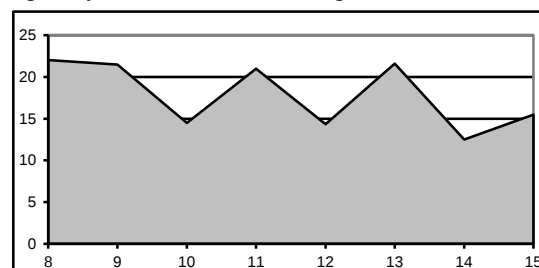


Рис. 1. Возрастная динамика относительного распределения мощности колебаний в самом низкочастотном диапазоне спектра ЧСС у девочек 8-15 лет

Таким образом, возрастная динамика распределения мощности в диапазонах спектра ЧСС у девочек определяется снижением вариабельности, связанной с гуморально-метаболическими влияниями и увеличением вегетативных воздействий.

У мальчиков 8-9 лет также не наблюдается существенной динамики распределения мощности в диапазонах. Причем характерно отсутствие изменений в самом низкочастотном диапазоне во всех возрастных группах. В 10-летнем возрасте у мальчиков наблюдается значительное увеличение доли колебаний в высокочастотной части спектра колебаний ЧСС, которые в последующем снижаются до 13 лет и далее вновь повышаются, составляя к 15 годам 8,37±2,43% вариабельности всего спектра. В 11-летнем возрасте резко возрастает вариабельность, связанная с низкочастотными колебаниями (до 35,06±2,69%), которая так же резко снижается к 13 годам, и к 15 годам несколько возрастает до 17,82±2,92%.

В очень низкочастотном диапазоне колебания у мальчиков снижаются в возрасте 11 лет, а к 13 годам (рис. 2) значительно повышаются.

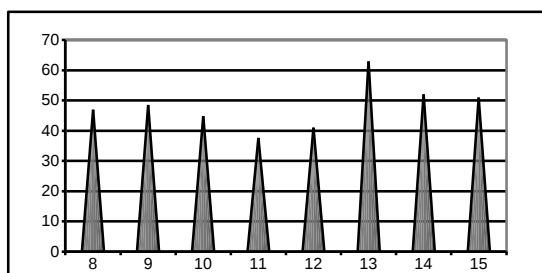


Рис. 2. Динамика относительного распределения мощности в очень низкочастотном диапазоне спектра у мальчиков 8-15 лет

Учитывая закономерное урежение ЧСС с возрастом, данное увеличение VLF колебаний можно связать с общим ростом гормональной активности в организме мальчиков вследствие эндокринных препубертатных изменений, который, по сравнению с девочками, наблюдается на два года позже.

Обращает внимание тот факт, что у мальчиков в конечном итоге статистически значимые изменения наблюдаются только в ВЧ диапазоне. Прослеживается снижение доли колебаний в данном диапазоне с $28,97 \pm 2,71\%$ до $17,82 \pm 2,92\%$, что, в частности, может определять возрастную динамику снижения ЧСС, в отличие от девочек, у которых урежение ритма сердца больше связано с ростом высокочастотных колебаний, то есть парасимпатических влияний, и снижением гуморально-метаболических.

Для определения зависимости изменений ЧСС и ее спектральных характеристик от возраста нами проведен факторный дисперсионный анализ при наличии нормального распределения результативного признака (тест Левена) [14; 15; 16].

В таблице 3 представлены результаты дисперсионного анализа ЧСС и ее спектральных характеристик по возрасту у детей 8-15 лет.

Как видно из таблицы 3, у девочек в периоде отрочества изменения ЧСС и ее вариабельность носят возрастной характер, за исключением динамики распределения мощности в LF диапазоне спектра. Обращает на себя внимание большая статистическая достоверность, по сравнению с остальными диапазонами, зависимости мощности HF колебаний от возраста. Следовательно, именно рост парасимпатических влияний боль-

ше связан с возрастными изменениями, что может лежать в основе возрастной динамики частоты сердечбиений.

Таблица 3

Результаты факторного дисперсионного анализа ЧСС и ее колебательных характеристик по возрасту у детей 8-15 лет

Показатель	MS _{факт}	MS _{случ}	Критерий F Фишера	p
Девочки				
ЧСС	530,1	60,21	8,80532	0,000000
Power	306	84	3,640515	0,0012
Fm	0,00000683	0,000001	6,853229	0,000001
UVLF	372	131	2,82955	0,0086
VLF	1181	304	3,888625	0,00066
LF	366	391	0,935375	0,48
HF	1352	198	6,832841	0,000001
Мальчики				
ЧСС	490,6	56,98	8,61109	0,000000
Power	202	99	2,034793	0,057
Fm	0,00000222	0,000001	2,224118	0,037
UVLF	121	132	0,918348	0,49
VLF	879	245	3,586231	0,0016
LF	1098	283	3,880647	0,00082
HF	174	95	1,824915	0,089

Обозначения: MS_{факт} - математическое ожидание суммы квадратов фактическое; MS_{случ} - математическое ожидание суммы квадратов случайное; ЧСС - частота сердечных сокращений; Power - общая мощность спектра; Fm - середина спектра колебаний; HF - короткие волны; LF - низкочастотные волны; VLF - очень низкочастотные волны; UVLF - самые низкочастотные волны; p - достоверность разницы показателей.

У мальчиков возрастная зависимость данных показателей несколько иная. В частности, с изменениями данного причинного фактора статистически значимо связаны ЧСС, Fm, а также мощность колебаний в диапазоне VLF и низких частот. Кроме того, видно, что наибольшую статистическую достоверность возрастной зависимости имеет динамика колебаний в низкочастотном диапазоне, мощность в котором к 15 годам снижается. Необходимо отметить, что возрастная динамика ЧСС не связана с изменениями мощности колебаний в VLF диапазоне. У мальчиков и девочек при однонаправленных возрастных изменениях частоты сердечбиений разнонаправленно меняются мощности в диапазоне гуморальных влияний, что может свидетельствовать о вегетативной основе возрастной динамики ЧСС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, изучение спектральных характеристик колебаний ритма сердца показывает, что с возрастом у детей 8-15 лет наблюдается снижение общей мощности спектра. При этом возрастная динамика распределения мощности в диапазонах спектра у девочек определяется снижением вариабельности, связанной с гуморально-метаболическими влияниями и повышением колебаний, зависящих от вегетативных воздействий. У мальчиков к 15 годам статисти-

чески значимое снижение доли колебаний наблюдается только в низкочастотном диапазоне, что, в частности, может определять возрастную динамику снижения ЧСС, в отличие от девочек, у которых урежение ритма сердца больше связано с ростом высокочастотных колебаний, т.е. парасимпатических влияний и уменьшением гуморально-метаболических.

Следовательно, спектральный анализ вариабельности ритма сердца является достаточно

эффективным методом изучения возрастных особенностей регуляции ЧСС, а также общих

онтогенетических гуморальных изменений в организме детей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин, П.К. Рефлексы и функциональная система как факторы физиологической интеграции / П.К. Анохин // Физиол. журн. СССР. – 1949. – Т. 2, № 5. – С. 491–503.
2. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр») / А.А. Астахов. В 2 т. – Челябинск, 1996. – Т.1. – 174 с.
3. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр») / А.А. Астахов. В 2 т. – Челябинск, 1996. – Т.2. – 162 с.
4. Астахов, А.А. Медленноволновые процессы гемодинамики / А.А. Астахов // Инженеринг в медицине. Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы: Сб. науч. тр. II науч.-практ. конф. и I Всерос. симпозиума. – Челябинск: АТМН, 2000. – С. 50-63.
5. Астахов, А.А. Медленные волновые процессы гемодинамики как новое перспективное направление мониторинга в анестезиологии и реаниматологии // Инженеринг в медицине. Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы: Сб. науч. тр. II науч.-практ. конф. и I Всерос. симпозиума. – Челябинск, 2002. – С. 217-227.
6. Бубнова, И.Д. Центральные механизмы гуморально-метаболической и автономной регуляции кровообращения при критических состояниях, обусловленных патологией головного мозга: Дис ... д-ра мед. наук / И.Д. Бубнова. – Челябинск, 2001. – 299 с.
7. Доцоев, Л.Я. Возрастные особенности вариабельности сердечного ритма у детей дошкольного возраста / Л.Я. Доцоев // Инженеринг в медицине. Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы: Сб. науч. тр. II науч.-практ. конф. и I Всерос. симпозиума. – Челябинск: АТМН, 2000. – С. 151-153.
8. Галеев, А.Р. Использование показателей сердечного ритма для оценки функционального состояния школьников с учетом их возрастных особенностей и уровня двигательной активности: Автореф. дис ... канд. биол. наук / А.Р. Галеев. – Новосибирск, 1999. – 20 с.
9. Гринене, Э. Особенности сердечного ритма у школьников / Э. Гринене, В.Ю. Вайткявичус, Э. Марачинскене // Физиология человека. – 1990. – Т. 16, № 1. – С. 88.
10. Клешеногов, С.А. Диагностическая ценность спектральных параметров вариабельности кардиоритма беременных для раннего распознавания акушерской патологии / С.А. Клешеногов, А.Н. Флейшман, Н.Н. Васильева // Инженеринг в медицине. Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы: Сб. науч. тр. II Всерос. симпозиума и III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. – Челябинск, 2002. – С. 252-261.
11. Леус, Э.В. Характеристика временного и частотного спектра вариабельности сердечного ритма у детей 7-10 лет / Э.В. Леус // Физиология развития человека: Материалы междунар. конф., посвящ. 55-летию Ин-та возрастной физиологии РАО. – М.: НПО «от А до Я», 2000. – С. 268.
12. Макаров, Л.М. Циркадная вариабельность ритма сердца у здоровых детей 3-15 лет по данным холтеровского мониторирования электрокардиограммы / Л.М. Макаров // Педиатрия. – 1998. – № 6. – С. 7-11.
13. Марпл, С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ.; Под ред. И.С. Рыжака / С.Л. Марпл. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
14. Прикладной статистический анализ данных. Теория. Компьютерная обработка. Область применения / Под ред. В.В. Криницына. – М.: ПРИОР, 1998. – Т. 1. – 336 с.
15. Прикладной статистический анализ данных. Теория. Компьютерная обработка. Область применения / Под ред. В.В. Криницына. – М.: ПРИОР, 1998. – Т. 2. – 352 с.
16. Сидоренко, Е.В. Методы математической обработки в психологии / Е.В. Сидоренко. – СПб.: ООО Речь, 2001. – 350 с.
17. Судakov, К.В. Системная организация функций человека: теоретические аспекты / К.В. Судakov // Успехи физиол. наук. – 2000. – Т. 31, № 1. – С. 81.
18. Судakov, К.В. Физиология. Функциональные системы: Курс лекций / К.В. Судakov. – М.: Медицина, 2000. – 784 с.
19. Флейшман, А.Н. Медленные колебания гемодинамики: Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике / А.Н. Флейшман. – Новосибирск: Наука, 1999. – 264 с.
20. Cohen, G.J. Physiological investigation of vascular response variability / G.J. Cohen, A. Silverman // Psychosom. Res. – 1959. – Vol. 3. – P. 185-210.
21. Cooley, J.W. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series / J.W. Cooley, J.S. Tukey // Math. Comp. – 1961. – Vol. 19. – P. 267-301.
22. Kay, S.M. Spectrum analysis: a modern perspective / S.M. Kay, S.L. Marple // Proc. IEEE. – 1981. – Vol. 69. – P. 1380-1418.
23. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat to beat cardiovascular control / S.D. Akselrod, D. Gordon, F.A. Ubel et al. // Science. – 1981. – Vol. 213, N 10. – P. 220.
24. Role of sinoaortic afferents in modulating BP and pulse-interval spectral characteristics in unanesthetized cats / M. Di Rienzo, G. Parati, P. Castiglioni et al. // Am. J. Physiol. – 1991. – Vol. 251, N 6, Pt. 2. – P. H1811-H1818.

Рукопись поступила 07.10.03.