

мукополисахаридов в стенке аорты, с одной стороны, и нарушение соотношения коллагена I и III типов, с другой стороны, лежат в основе КА.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л. А., Гудкова Р. Г. // Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. — М., 2002.
2. Осокина Г. Г., Абдулатипова И. В. // Физиология и патология сердечно-сосудистой системы у детей первого года. — М., 2002. — С. 146—160.
3. Шарыкин А. С. Врожденные пороки сердца. М., 2005.
4. Alberts G. F., Hsu D. K., Peifley K. A., Winkles J. A. // Circ. Res. — 1994. — Vol. 75. — P. 261267.

5. Alberts G. F., Peifley K. A., Johns A., Kleha J. F., Winkles J. A. // J. Biol. Chem. — 1994. — Vol. 269. — P. 10112—10118.

6. Aoyagi M., Yamamoto S., Azuma H., Yamamoto M. // Histochem. Cell Biol. — 1999. — Vol. 111. — P. 419—428.

7. Sergei D. Rybalkin, Chen Yan, Karin E. Bornfeldt, Joseph A. Beavo // Circ. Res. — 2003. — Vol. 93. — P. 280.

## Контактная информация

**Тодоров Сергей Сергеевич** — кандидат медицинских наук, заведующий отделением патологической анатомии Ростовского научно-исследовательского института акушерства и педиатрии, e-mail: sertodorov@mail.ru

УДК 612.13:616.1

## МЕДЛЕННО-ВОЛНОВАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СОСУДИСТОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ В ЗРЕЛОМ ВОЗРАСТЕ (I ПЕРИОДЕ)

**В. В. Наумова, Е. С. Земцова**

*Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей,  
Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний  
Сибирского отделения РАМН*

Проведен анализ вариабельности амплитуды пульсации аорты (АПА) и амплитуды пульсации микрососудов I пальца стопы (АПМ) у практически здоровых мужчин и женщин 22—35 лет. Установлено, что в спектре вариабельности АПА превалирует высокочастотная составляющая спектра (0,15—0,5 Гц), связанная с дыханием; в спектре вариабельности АПМ доминирует очень низкочастотная составляющая (0,025—0,075 Гц), являющаяся маркером гуморально-метаболической регуляции. Выявлены гендерные особенности абсолютных и относительных спектральных показателей вариабельности пульсации сосудов.

*Ключевые слова:* сосудистое кровообращение, амплитуда пульсации, возрастные особенности.

## SLOW-WAVE VARIABILITY OF VASCULAR CIRCULATION IN ADULTS (PERIOD)

**V. V. Naumova, E. S. Zemtsova**

An analysis of the variability of aortic pulse amplitude (APA) and microvascular pulse amplitude (MPA) of great toe has been performed in apparently healthy men and women aged 22—35. Power spectral analysis of APA variability showed the prevalence of high-frequency (HF) oscillation range (0,15—0,5 Hz) associated with respiration; and the prevalence of very low-frequency (VLF) oscillation (0,025—0,075 Hz) in MPA variability, which was found to be the marker of humoral-metabolic regulation. There were found gender related specifications of absolute and relative indices of vascular pulse variability.

*Key words:* vascular circulation, pulse amplitude, gender related specifications.

Колебательные процессы являются фундаментальным свойством живой материи. Эти колебания можно зарегистрировать во всех системах организма. В последние годы особый интерес проявляется к анализу медленных колебаний кровообращения из-за их высокой информативности и прогностической значимости. Анализ вариабельности параметров гемодинамики (ВПГ), и в частности ритма сердца, является современной неинвазивной методологией оценки состояния регуляторных процессов в организ-

ме и широко используется в прикладной физиологии, профилактической и клинической медицине [1, 3, 13].

Сегодня актуальным представляется изучение медленных колебаний параметров гемодинамики у здоровых лиц разного возраста и пола с целью выделения нормативных показателей. В опубликованных работах рассматриваются, как правило, возраст-половые аспекты вариабельности ритма сердца [2, 4, 7]. Работы по оценке вариабельности других параметров кровообращения (ударного объема кро-

ви, артериального давления, пульсации микрососудов и др.) единичны [12]. Следует отметить важность выявления гендерных особенностей ВПГ, так как «бесполая» физиология существенно искажает истинную картину. Более того, невнимание к половому составу экспериментальных групп может приводить к противоречивым результатам и выводам в экспериментах, проводимых по одной и той же методике, в зависимости от того, кто преобладал в данной выборке — мужчины или женщины [6].

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить особенности variability амплитуды пульсации аорты и микрососудов конечности у практически здоровых мужчин и женщин зрелого возраста I периода.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы практически здоровые лица зрелого возраста I периода (от 22 до 35 лет) — 61 мужчина ( $27,2 \pm 3,8$ ) и 61 женщина ( $27,0 \pm 4,4$ ) лет.

Исследование осуществлялось с информированного согласия испытуемых и соответствовало этическим нормам Хельсинской декларации (2000 г.).

Состояние кровообращения изучалось с помощью неинвазивной биоимпедансной технологии «Кентавр» (фирма «Микролюкс», Челябинск) и включало электрокардиографию, реографию и фотоплетизмографию. Регистрировались амплитуда пульсации аорты (АПА, мОм) и амплитуда пульсации микрососудов I пальца стопы (АПМ, отн. ед.) в режиме «от удара к удару» в течение 5—10 мин (500 ударов сердца) в положении лежа, в покое, при произвольном дыхании.

После окончания записи автоматически рассчитывалось среднее значение (M) изучаемых параметров в ряду из 500 значений; проводился спектральный анализ ВПГ по методике быстрого преобразования Фурье; оценивались общая мощность спектра ВПГ (T, баллы (1 балл — (ед. изм.)/Гц)), фактическая середина частоты спектра (Fm, Гц), абсолютные (баллы) и относительные (% от T) значения мощности в четырех частотных диапазонах спектра: ультранизкочастотном — с границами от 0,003 до 0,025 Гц (ULF, %ULF), очень низкочастотном — от 0,025 до 0,075 Гц (VLF, %VLF), низкочастотном — от 0,075 до 0,15 Гц (LF, %LF) и высокочастотном — от 0,15 до 0,5 Гц (HF, %HF).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакетов статистического анализа Stat Soft Statistica v6.0. Использовались следующие статистические методы: тест Колмогорова-Смирнова, критерий Манна-Уитни. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Интерпретация полученных результатов основывалась на имеющихся в литературе данных о связи ультранизкочастотной составляющей спектра ВПГ с

метаболическими процессами, очень низкочастотной компоненты — с периодичностью гормональной активности крови, низкочастотной составляющей — с барорефлексом, высокочастотных колебаний — с дыханием.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведено сопоставление эмпирического распределения каждого изучаемого показателя спектра variability АПА в выборке исследуемых с теоретическим нормальным распределением. Выявлено, что эмпирическое распределение T, ULF, VLF, LF, HF, %ULF и %VLF не подчиняется закону нормального распределения признака ( $p < 0,01$ ) и имеет выраженную левостороннюю, или положительную асимметрию (чаще встречаются более низкие значения признаков) (рис. 1). Из-за асимметричности распределения средние значения данных параметров в выборке исследуемых значительно превышали медианы. Эмпирическое распределение M, Fm, %LF и %HF не отличалось от теоретического нормального распределения.

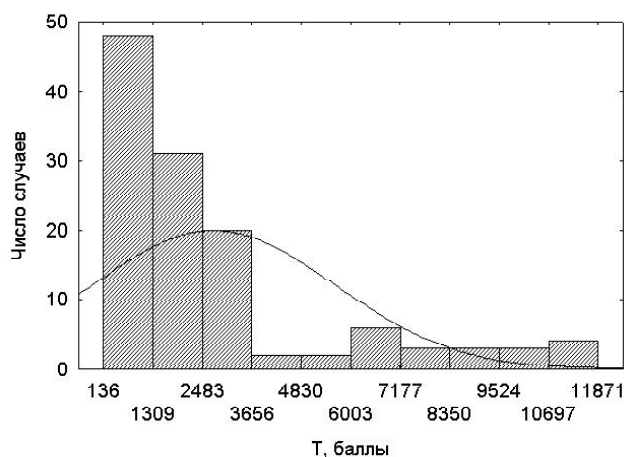


Рис. 1. Эмпирическое (гистограмма) и теоретическое нормальное (плавная кривая) распределения общей мощности спектра variability АПА в выборке исследуемых зрелого возраста (средняя величина T — 2738 баллов, медиана T — 1590 баллов)

В ряде исследований было отмечено, что характеристики variability других параметров гемодинамики, в том числе ритма сердца, также не подчиняются нормальному распределению [4, 11]. В случае несимметричности распределения значений признака данные целесообразно описывать с помощью медианы и процентилей, а при проверке статистических гипотез применять непараметрические критерии [5, 9, 10]. К сожалению, в большинстве работ по изучению variability показателей гемодинамики в качестве статистических характеристик данных используются средняя величина и среднеквад-

ратичное отклонение, которые не дают представления о характере распределения исследуемых признаков, а также неправомерно используются параметрические критерии (t-критерий Стьюдента, критерий корреляции Пирсона). Некорректное применение авторами методов статистики при анализе экспериментальных биомедицинских данных делает весьма сомнительными, а иногда и просто несостоятельными декларируемые ими выводы [10].

Определены описательные статистики спектральных показателей variability АПА в группе исследуемых — медиана, верхний и нижний квартили (или 25 и 75 перцентили) (табл. 1). В спектре колебаний АПА отмечено выраженное превалирование высокочастотных колебаний. Доля низкочастотных, очень низкочастотных и ультранизкочастотных колебаний значительно ниже. Таким образом, variability данного параметра кровообращения в основном определяется дыхательными влияниями и в меньшей степени зависит от активных факторов регуляции (нейрогенного, гуморального, метаболического механизмов). Известно, что аорта — упруго-эластический орган с незначительной долей гладкомышечных клеток — основной мишени нервных и гуморальных влияний, что обуславливает ее зависимость, главным образом, от пассивных регуляторных механизмов.

Выявлен значительный разброс индивидуальных значений абсолютных и относительных показателей спектра колебаний АПА.

Таблица 1

### Описательные статистики спектральных показателей variability АПА у исследуемых зрелого возраста I периода

Показатель	Медиана	Межквартильный диапазон
M	210	164–269
T	1590	828–3053
Fm	0,20	0,16–0,25
ULF	38	14–95
VLF	141	69–284
LF	387	183–827
HF	1073	602–1970
%ULF	2	1–5
%VLF	9	6–13
%LF	26	18–31
%HF	62	55–70

Выявлены гендерные особенности спектральных показателей variability АПА: у женщин чаще встречаются более высокие значения M, T, ULF, VLF, LF и HF ( $p < 0,01$ ). В группе женщин отмечен более широкий диапазон индивидуальных значений абсолютных спектральных показателей (рис. 2). Статистически значимых отличий по показателям Fm, %ULF, %VLF, %LF и %HF не определено.

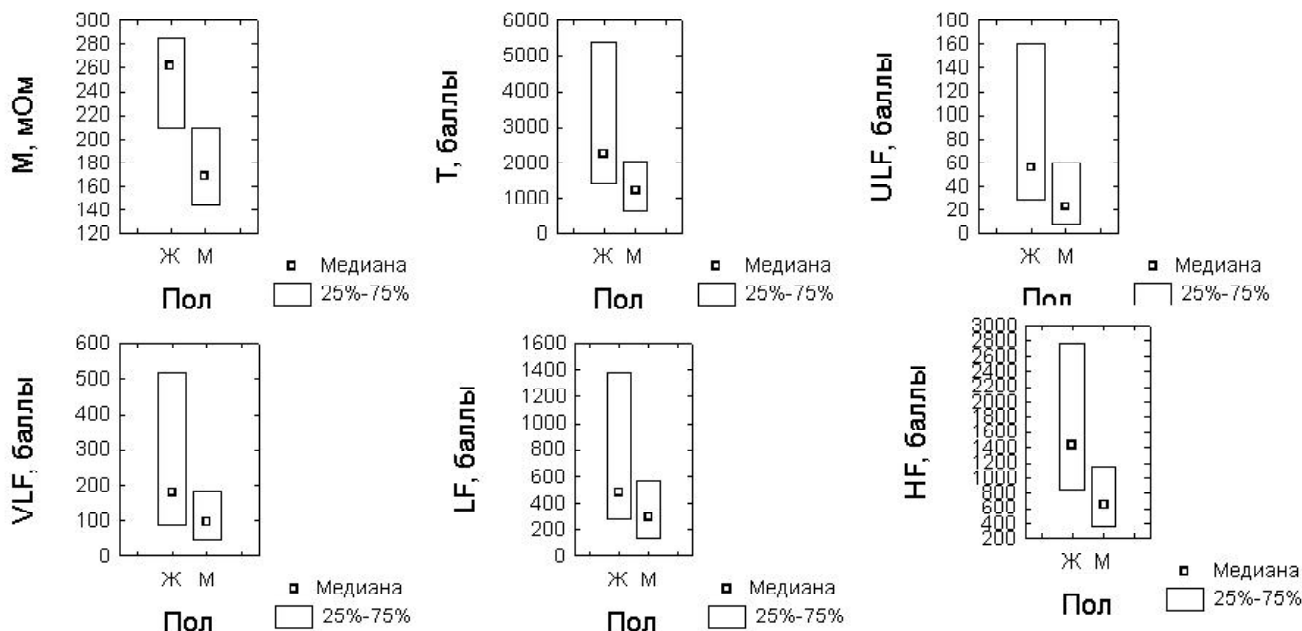


Рис. 2. Статистически значимые отличия спектральных показателей variability АПА женщин (ж) и мужчин (м)

Известно, что лица женского пола обладают рядом врожденных преимуществ, в частности большей эластичностью кровеносных сосудов [6], что может быть объяснением более высоких значений АПА (M).

Имеются данные, свидетельствующие о подобных половых отличиях АПА и ее variability в

других возрастных группах, а также о возрастном снижении данных параметров (табл. 2).

Изучен характер распределения спектральных показателей variability АПА в выборке исследуемых. Показано, что эмпирическое распределение T, Fm, HF, LF, VLF, ULF, %HF, %LF и %VLF от-

личается от теоретически нормального распределения данных параметров ( $p < 0,05$ ). При сопоставлении двух распределений (теоретического и эмпирического) %ULF статистически значимых отличий не выявлено.

Таблица 2

### Возрастно-половые особенности амплитуды пульсации арты

Возрастной период	Среднее значение АПА (МОМ)		Источник
	мужской пол	женский пол	
Младший школьный возраст	247	283	Сабирьянов А. Р., 2005
Средний школьный возраст	233	257	
Юношеский возраст	216	253	Наумова В. В., Земцова Е. С., 2008
Зрелый возраст, I период	179	251	
Зрелый возраст, II период	142	206	
Пожилой возраст	90	133	

Распределение абсолютных спектральных показателей (Т, HF, LF, VLF, ULF) имело резко выраженную левостороннюю асимметрию, в результате чего средние значения данных параметров многократно превышали медианы. Левосторонней асимметрии также характеризовалось распределение М, Fm, %HF и %LF.

Определены описательные статистики спектральных показателей variability АПМ в выборке исследуемых (табл. 3). В спектре отмечено преобладание низкочастотных и ультранизкочастотных колебаний, связанных с гуморально-метаболической регуляцией. Индивидуальные значения абсолютных и относительных спектральных показателей варьировали в широком диапазоне.

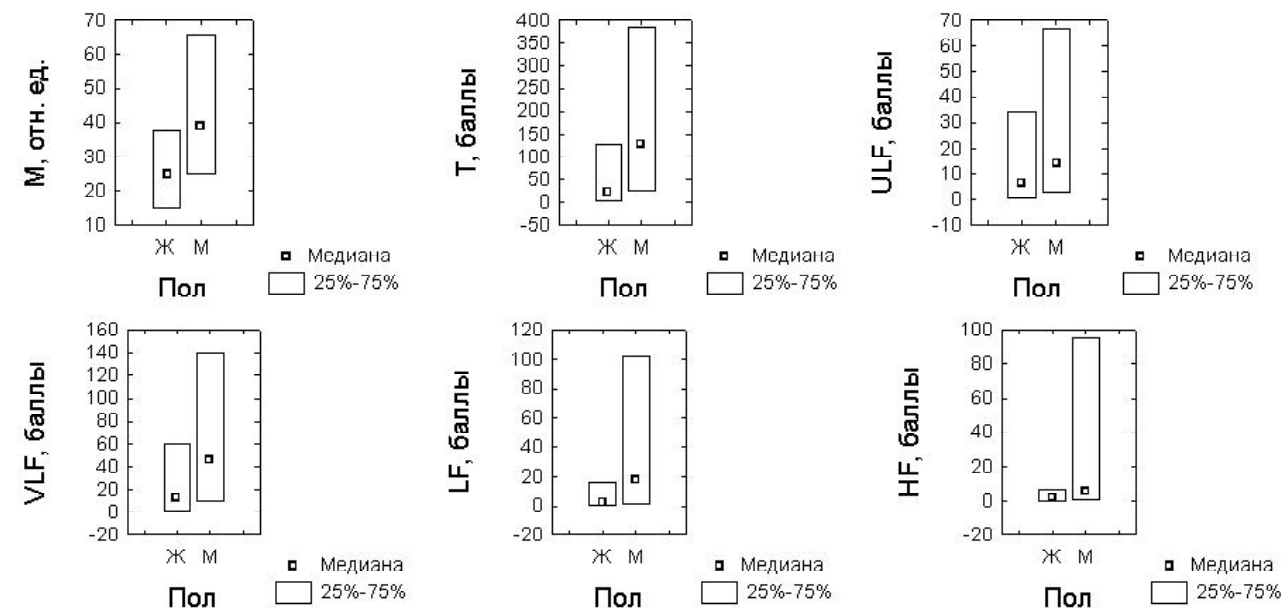


Рис. 3. Статистически значимые отличия спектральных показателей variability АПМ женщин (ж) и мужчин (м)

Таблица 3

### Описательные статистики спектральных показателей variability АПМ у исследуемых зрелого возраста (I периода)

Показатель	Медиана	Межквартильный диапазон
М	31,00	16,0–52,0
Т	43,60	9,7–307,2
Fm	0,03	0,03–0,06
ULF	8,70	1,5–44,5
VLF	20,40	3,9–87,5
LF	7,70	0,6–57,6
HF	2,10	0,4–32,0
%ULF	21,00	13–36
%VLF	46,00	28–54
%LF	15,00	8–25
%HF	6,00	2–27

При сравнении спектральных показателей колебаний АПМ мужчин и женщин выявлены следующие статистически значимые отличия ( $p < 0,01$ ): у мужчин чаще встречаются более высокие значения М, Т, HF, LF, VLF и ULF (рис. 3). В группе мужчин определен более широкий разброс индивидуальных значений абсолютных спектральных показателей. Статистически значимых отличий по показателям Fm, %ULF, %VLF, %LF и %HF не определено.

Интересно отметить, что у юношей по сравнению с девушками также были выявлены более высокие значения АПМ и ее variability [11].

Более низкие значения АПМ (М) у женщин в сравнении с мужчинами свидетельствуют о меньшем кровенаполнении периферических сосудов и могут быть связаны с более высоким тонусом их стенки. При увеличении тонуса сосудистой стенки снижена ее способность к физическим колебаниям [8].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В спектре variability амплитуды пульсации аорты превалирует высокочастотная составляющая (HF), связанная с дыханием.

2. В спектре variability амплитуды пульсации микрососудов пальца стопы доминирует очень низкочастотная составляющая (VLF), являющаяся маркером гуморально-метаболической регуляции.

3. Индивидуальные характеристики спектров variability амплитуды пульсации аорты и микрососудов здоровых исследуемых зрелого возраста отличаются значительным разнообразием.

4. У женщин чаще встречаются более высокие значения амплитуды пульсации аорты и ее variability (T, ULF, VLF, LF и HF).

5. У мужчин чаще определяются более высокие значения амплитуды пульсации микрососудов и ее variability (ULF, VLF, LF и HF).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов А. А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр»). — Т. 2. — Челябинск, 1996. — 162 с.

2. Баевский Р. М., Берсенев Е. Ю., Берсенева И. А. // Сборник трудов III Всероссийского симпозиума с международным участием. — Новокузнецк, 2001. — С. 105—109.

3. Баевский Р. М., Иванов Г. Г. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2001. — № 3. — С. 110—111.

4. Галеев А. Р., Игишева Л. Н., Казин Э. М. // Физиология человека. — 2002. — Т. 28. — № 4. — С. 54—58.

5. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. — М.: Практика, 1998. — 459 с.

6. Ильин Е. П. Дифференциальная психофизиология мужчины и женщины. — СПб.: Питер, 2002. — 544 с.

7. Коркушко О. В., Шатило В. Б., Шатило Т. В., Короткая Е. В. // Физиология человека. — 1991. — Т. 17. — № 2. — С. 31—39.

8. Крупаткин А. И. Клиническая нейроагиофизиология конечностей (периваскулярная иннервация и нервная трофика). — М.: Научный мир, 2003. — 328 с.

9. Ланг Т. // Международный журнал медицинской практики. — 2005. — Вып. 1. — С. 21—31.

10. Леонов В. П., Ижевский П. В. // Бюллетень ВАК. — 1997. — № 5.

11. Наумова В. В., Земцова Е. С., Щелев Д. Г., Пиляевский С. О. Способ подбора препаратов для лечения артериальной гипертонии (на основе анализа variability ритма сердца): Методические рекомендации для врачей курсантов и врачей лечебно-профилактических учреждений. — Новокузнецк, 2007. — 16 с.

12. Сабирьянов А. Р. Медленноволновые колебания показателей кровообращения у детей. — Челябинск, 2004. — 115 с.

13. Флейшман А. Н. Variability ритма сердца и медленные колебания гемодинамики. Нелинейные феномены: Учебный атлас для врачей. — Новокузнецк, 2004. — 99 с.

## Контактная информация

**Наумова Вера Васильевна** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры клинической и медико-социальной экспертизы Новокузнецкого государственного института усовершенствования врачей, e-mail: veracere@rambler.ru