

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У ДЕВОЧЕК И ДЕВУШЕК В АКТИВНОМ ОРТОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛОЖЕНИИ

Е.С. Сабирьянова*, А.Р. Сабирьянов**, В.В. Епишев*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск,

**Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск

Рассматриваются возрастные особенности динамики частотно-временных характеристик показателей центрального кровообращения у девочек и девушек в активном ортостатическом положении. Исследования показывают, что комплексный анализ динамики абсолютных и относительных значений мощности в диапазонах частотных характеристик variability показателей кровообращения в активном ортостазе позволяет более полно представить возрастные особенности реакции уровней регуляции при функциональной нагрузке.

Ключевые слова: вариабельность, регуляция, центральное кровообращение, активный ортостаз.

Исследования variability показателей кровообращения, как маркеров активности уровней регуляции, является актуальным направлением научных исследований возрастной физиологии, которые неинвазивным путем позволяют не только анализировать особенности регуляции, но и разрабатывать критерии донозологической диагностики [3].

Детский организм в процессе роста и развития подвергается комплексу внешних и внутренних факторов [1, 4], проявляющемуся динамическими процессами адаптации организма, которые, в первую очередь, отражаются в сердечно-сосудистой системе и уровнях ее регуляции. Следовательно, анализ частотно-временных характеристик variability показателей кровообращения, особенно при физиологических нагрузках, позволяет оценить особенности регуляции в различные возрастные периоды, выявлять отклонения при функциональных тестах, которые могут быть маркерами донозологических состояний [3, 9].

Целью данных исследований являлся анализ показателей variability ритма сердца и фракции выброса в покое и в положении активного ортостаза у девочек и девушек 8–20 лет.

Материалы и методы исследования. В исследованиях участвовали девочки и девушки первой и второй медицинских групп г. Челябинска ($n = 448$), которые были разделены на три возрастные группы [6]: младший школьный возраст (8–11 лет, $n = 146$); старший школьный возраст (12–15 лет, $n = 152$); юношеский возраст (16–19 лет, $n = 150$).

Регистрация ритма сердца (РС, мс) и фракции выброса (ФВ, %) левого желудочка в положении лежа и активного ортостаза производилось в течение 5 мин при помощи биоимпедансной тетраполярной реополиграфии на базе компьютерной системы «Кентавр II РС» фирмы «Микролюкс», г. Челябинск (рекомендована к производству и при-

менению в медицинской практике протоколом № РОСС.RU.АЮ 45.В00211 от 28.11.2002 г.).

Анализ медленноволновой variability РС и ФВ проводился при помощи компьютерной программы «Биоспектр» [8]. Изучались общая мощность спектра (ОМС), абсолютная и относительная мощность колебаний в диапазонах (очень низкочастотный – ОНЧ от 0,003 до 0,04 Гц; низкочастотный – НЧ от 0,04 до 0,15 Гц; высокочастотный – ВЧ от 0,15 до 0,4 Гц) [14], мода и середина (M_o и M_e , Гц) спектра. Для устранения погрешностей при регистрации показателей перед анализом variability проводилась интерполяция тренда.

При интерпретации результатов анализа variability, использовались общепринятые представления о регуляторном генезе медленноволновых колебаний [2, 5, 10–14].

Результаты исследования и их обсуждение. Исследования показывают, от младшего школьного возраста к ювенильному выявляется четкое возрастное урежение частоты сердечных сокращений. При этом переход в активное ортостатическое положение сопровождается статистически достоверным ($p < 0,001$) увеличением ЧСС, в младшем школьном возрасте от $89,4 \pm 0,75$ до $102,0 \pm 0,85$ уд./мин (13,7 %), в старшем от $81,0 \pm 0,83$ до $97,9 \pm 0,85$ уд./мин (20,9 %), в ювенильном от $72,9 \pm 0,75$ до $88,9 \pm 0,72$ уд./мин (31,9 %). Несмотря на стабильность общей variability РС в ортоположении в диапазонах спектра наблюдается перераспределение абсолютной мощности, которое различается в разных возрастных группах. В частности, в младшем школьном возрасте увеличивается мощность ОНЧ диапазона от $2728,48 \pm 226,97$ до $6421,58 \pm 605,81$ мс² ($p < 0,001$), низкочастотного от $4125,8 \pm 369,07$ до $5845,6 \pm 725,94$ мс² ($p < 0,05$), при отсутствии достоверных изменений ВЧ колебаний. В старшем школьном возрасте, при ста-

бильности ОНЧ и НЧ диапазонов, наблюдается значительное снижение мощности ВЧ колебаний – от $9125,4 \pm 720,97$ до $5713,1 \pm 624,79$ мс² ($p < 0,001$). В юношеском возрасте у девушек изменения касаются всех диапазонов и проявляются ростом мощности ОНЧ диапазона с $2105,58 \pm 77,3$ до $2441,79 \pm 79,47$ мс² ($p < 0,001$), низкочастотного с $3021,5 \pm 113,97$ до $3758,5 \pm 170,63$ мс² ($p < 0,001$) и снижением мощности ВЧ колебаний с $2646,4 \pm 157,52$ до $1276 \pm 90,68$ мс² ($p < 0,001$).

Следовательно, анализируя данные изменения, можно полагать, рост ЧСС в активном ортостазе в младшем школьном возрасте определяется ростом активности надсегментарных механизмов, гуморальных факторов регуляции и симпатической нервной системой. В старшем школьном возрасте, в период активности пубертатных процессов, по результатам анализа абсолютных показателей мощности, реакция ЧСС в ортоположении связана, в основном, с уменьшением вагусных влияний на РС. В юношеском возрасте у девушек, когда наблюдается относительная стабилизация половых нейро-эндокринных изменений, выявляется реакция всех уровней регуляции РС. В частности, в активном ортостазе увеличивается активность надсегментарных механизмов, гуморальных факторов регуляции и симпатической нервной системы, что сопровождается уменьшением вагусных влияний.

Однако при анализе относительного распределения мощности в диапазонах спектра РС, также выявляются некоторые различия, которые являются физиологичными для активного ортостаза (табл. 1).

Как видно из табл. 1, изменения относительной мощности в диапазонах РС практически не различаются и, видимо, определяются увеличением относительной доли надсегментарных влияний, гуморальных факторов регуляции и снижением активности блуждающего нерва, что не отражалось при анализе абсолютных значений мощности.

У девушек юношеского возраста динамика относительных значений коррелирует с абсолютной мощностью колебаний в диапазонах спектра РС. Данное обстоятельство может определяться не только со стабилизацией нейроэндокринных пубертатных процессов, но и большей адаптированностью девушек к ортостатическому воздействию с оптимизацией реакции сегментарных и надсегментарных механизмов регуляции.

Отчасти это подтверждается и при анализе частотных характеристик. В частности, у девочек младшего и старшего школьного возраста выявляется снижение частоты как Мо, так и Ме спектра РС. Данное обстоятельство может определяться не только модуляцией частоты активности симпатической нервной системы в активном ортостазе, но и увеличением доли гармоник с более низкой частотой. Например, более низкая частота наблюдается у таких факторов регуляции, как циркулирующие катехоламины [13], ренин-ангиотензиновая система [12], активация которых, несомненно, наблюдается в ортоположении [7]. У девушек юношеского возраста частота Мо не меняется и остается в пределах НЧ диапазона, тесно связанного с симпатической активностью, на фоне снижения Ме, что также может определяться увеличением доли гармоник ОНЧ диапазона.

Изменения ФВ и ее частотно-временных характеристик при переходе в активное ортостатическое положение более однородны в возрастных группах. В частности, во всех группах выявляется снижение ФВ и ее общей вариабельности, что отражается и в диапазонах спектра показателя. В частности, в младшем школьном возрасте в активном ортостазе ФВ снижается с $70,0 \pm 0,2$ до $63,0 \pm 0,2$ % ($p < 0,001$), увеличивается ОМС показателя с $101,69 \pm 17,62$ до $329,73 \pm 22,54$ усл. ед. ($p < 0,001$) и мощность колебаний в диапазонах спектра: ОНЧ – с $50,06 \pm 10,39$ до $144,41 \pm 10,94$ усл. ед. ($p < 0,001$); НЧ – с $33,17 \pm 6,7$ до $114,98 \pm$

Таблица 1

Динамика частотно-временных характеристик ритма сердца у девочек и девушек при переходе в активное ортостатическое положение

Возрастная группа	Положение при исследовании	ОНЧ РС, %	НЧ РС, %	ВЧ РС, %	Мо РС, Гц	Ме РС, Гц
Младший школьный возраст	Лежа	23,97	36,25	38,68	$0,062 \pm 0,0024$	$0,11 \pm 0,0022$
	Стоя	39,62	36,07	21,6	$0,034 \pm 0,002$	$0,073 \pm 0,001$
	p	$P < 0,01$	–	$P < 0,01$	$P < 0,001$	$P < 0,001$
	Разница, %	15,65	–0,18	–17,08	–45,16	–31,13
Старший школьный возраст	Лежа	18,34	41,58	39,18	$0,055 \pm 0,0029$	$0,098 \pm 0,0011$
	Стоя	26,65	42,86	29	$0,043 \pm 0,0012$	$0,072 \pm 0,0012$
	p	$P < 0,05$	–	$P < 0,05$	$P < 0,001$	$P < 0,001$
	Разница, %	8,31	1,28	–10,18	–21,82	–26,53
Юношеский возраст	Лежа	26,64	38,23	33,48	$0,047 \pm 0,0029$	$0,094 \pm 0,0018$
	Стоя	32,22	49,6	16,84	$0,042 \pm 0,001$	$0,067 \pm 0,0009$
	p	$P < 0,05$	$P < 0,01$	$P < 0,01$	–	$P < 0,001$
	Разница, %	5,58	11,37	–16,64	–10,64	–28,72

Примечание. Здесь и в табл. 2 достоверность различий относительных величин по критерию Фишера, абсолютных – Стьюдента.

Таблица 2

**Динамика частотно-временных характеристик фракции выброса
у девочек и девушек при переходе в активное ортостатическое положение**

Возрастная группа	Положение при исследовании	ОНЧ ФВ, %	НЧ ФВ, %	ВЧ ФВ, %	Мо ФВ, Гц	Ме ФВ, Гц
Младший школьный возраст	Лежа	49,22	32,62	16,05	$0,081 \pm 0,0032$	$0,13 \pm 0,0021$
	Стоя	43,8	34,87	19,03	$0,044 \pm 0,0029$	$0,1 \pm 0,0013$
	p	$P < 0,05$	—	—	$P < 0,001$	$P < 0,001$
	Разница, %	-5,42	2,25	2,98	-45,68	-24,06
Старший школьный возраст	Лежа	48,74	33	15,97	$0,081 \pm 0,0031$	$0,13 \pm 0,002$
	Стоя	42,1	37,52	18,46	$0,042 \pm 0,0021$	$0,096 \pm 0,0019$
	p	$P < 0,05$	—	—	$P < 0,001$	$P < 0,001$
	Разница, %	-6,64	4,52	2,49	-48,15	-27,82
Юношеский возраст	Лежа	34,04	34,25	29,92	$0,067 \pm 0,0028$	$0,14 \pm 0,0014$
	Стоя	43,94	31,21	22,26	$0,056 \pm 0,0029$	$0,11 \pm 0,0011$
	p	$P < 0,05$	—	$P < 0,05$	$P < 0,01$	$P < 0,001$
	Разница, %	9,9	-3,04	-7,66	-16,42	-19,72

$\pm 8,71$ усл. ед. ($p < 0,001$); ВЧ – с $16,32 \pm 3,99$ до $62,76 \pm 4,67$ усл. ед. ($p < 0,001$). Учитывая изменения абсолютной мощности колебаний ФВ, можно полагать, что реакция сократимости миокарда в активном ортостазе способствует активации как надсегментарного уровня регуляции и гуморальных факторов, так и сегментарного.

Однако анализ динамики относительного распределения мощности в диапазонах спектра ФВ выявляет значимые различия в реакции уровней регуляции на снижение показателя в активном ортостазе (табл. 2).

Как видно из табл. 2, у девочек младшего и старшего школьного возраста в активном ортостазе наблюдается уменьшение доли ОНЧ колебаний, что, учитывая динамику ФВ, может определяться компенсаторным уменьшением активности высших центров парасимпатической регуляции [10], без адекватного роста симпатoadреналовых влияний. У девушек юношеского возраста более выраженная адаптация к ортостатической нагрузке способствует адекватной компенсаторной реакции, в ответ на снижение сократимости. В частности, наблюдается рост доли ОНЧ колебаний, который может определяться гуморальными факторами регуляции (циркулирующие катехоламины) и снижение относительной мощности ВЧ диапазона, тесно связанный с активностью блуждающего нерва.

Следовательно, если в активном ортостазе динамика РС коррелирует с изменениями уровней регуляции и является их следствием, то регуляторные изменения ФВ, наоборот, зависят от изменения показателя.

Однако изучение динамики частотных характеристик ФВ показывает, что реакция уровней регуляции показателя более сложна. В частности, во всех возрастных группах выявляется снижение частоты Мо и Ме спектра, что менее выражено у девушек юношеского возраста. Данное обстоятельство, может определяться как модуляцией частоты симпатической активности, так и увеличением более низкочастотных гармоник ОНЧ диа-

пазона. Следовательно, во всех возрастных группах не исключается активация и гуморальных факторов регуляции, таких как циркулирующие катехоламины [13], как мера компенсации при снижении сократимости миокарда.

Заключение. Таким образом, комплексный анализ динамики частотно-временных характеристик показателей кровообращения в активном ортостазе, с изучением абсолютных и относительных значений мощности в диапазонах, позволяет более полно представить реакцию уровней регуляции при функциональной нагрузке. В частности, изучение временных характеристик вариабельности ритма сердца показывает, что, несмотря на различия динамики абсолютных значений мощности в диапазонах спектра показателя, реакция частоты сердцебиений является следствием роста доли надсегментарных и гуморальных влияний и снижения сегментарных парасимпатических.

Исследования показывают, что динамика активности уровней регуляции фракции выброса в активном ортостазе в обследованных возрастных группах более сложна и является следствием снижения сократимости миокарда. Несмотря на рост медленноволновой вариабельности показателя, у девочек младшего и старшего школьного возраста выявляется снижение очень низкочастотных колебаний, тогда как в юношеском – рост данных колебаний и снижение высокочастотных, что является маркером увеличения надсегментарных и гуморальных влияний и снижения вагусных. При этом во всех возрастных группах в ортоположении снижаются значения частотных характеристик, что, несомненно, определяется долей более низкочастотных волн очень низкочастотного диапазона.

Литература

1. Антропова, М.В. Реакции основных физиологических систем организма детей 6–12 лет в процессе адаптации к учебной нагрузке / М.В. Антропова // Физиология человека. – 1983. – Т. 9, № 1. – С. 18–24.

2. Баевский, Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине / Р.М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 70–82.
3. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. – М.: Медицина, 1979. – 295 с.
4. Баранов, А.А. Фундаментальные и прикладные проблемы педиатрии на современном этапе / А.А. Баранов, Л.А. Щеплягина // Рос. педиатр. журнал. – 2005. – № 3. – С. 4–7.
5. Variability of heart rate: representation of mechanisms / С.А. Котельников, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинок и др. // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 1. – С. 130–143.
6. Мазурин, А.В. Препедевтика детских болезней / А.В. Мазурин, И.М. Воронцов. – СПб.: ИКФ «Фолиант», 2000. – 928 с.
7. Осадчий, Л.И. Положение тела и регуляция кровообращения / Л.И. Осадчий. – Л.: Наука, 1982. – 144 с.
8. Рагозин, А.Н. Информативность спектральных показателей variability сердечного ритма / А.Н. Рагозин // Вестник аритмологии. – 2001. – № 22. – С. 38–40.
9. Сабирьянов, А.Р. Медленноволновые колебания показателей кровообращения у детей / А.Р. Сабирьянов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 115 с.
10. Хаспекова, Н.Б. Регуляция variability ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Н.Б. Хаспекова. – М.: ИВНД и НФ РАН, 1996. – 40 с.
11. Хаятин, В.М. Спектральный анализ колебаний частоты сердцебиений: физиологические основы и осложняющие его явления / В.М. Хаятин, Е.В. Лукошкова // Рос. физиол. журнал им. И.М. Сеченова. – 1999. – Т. 87, № 7. – С. 893–909.
12. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis / S.D. Akselrod, D. Gordon, J.B. Madwed et al. // Am. J. Physiol. – 1985. – Vol. 249. – P. H.867–H.875.
13. Cohen, G.J. Physiological investigation of vascular response variability / G.J. Cohen, A. Silverman // Psychosom. Res. – 1959. – Vol. 3. – P. 185–210.
14. Heart Rate Variability. Standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. – Circulation. – 1996. – Vol. 93. – P. 1043.

Сабирьянова Е.С., доктор медицинских наук, профессор кафедры адаптивной физической культуры и медико-биологической подготовки, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), lfksar@mail.ru.

Сабирьянов А.Р., доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой медицинской реабилитации и спортивной медицины, Южно-Уральский государственный медицинский университет (Челябинск), lfksar@mail.ru.

Епишев В.В., кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tmfcs@mail.ru.

SPECIFIC FEATURES OF FREQUENCY-TIME PERFORMANCE INDICATORS CENTRAL BLOOD CIRCULATION IN GIRLS AND WOMEN IN THE ACTIVE ORTOSTASIS POSITION

E.S. Sabiryanova, A.R. Sabiryanov, V.V. Epishev

Considered age-specific dynamics of the time-frequency characteristics of central hemodynamics in girls and young women in the active orthostatic position. Studies show that a comprehensive analysis of the absolute and relative power values in ranges, the frequency characteristics of the variability indices of blood circulation in active orthostasis, makes better provide age-appropriate levels of regulation in response functional load.

Keywords: variability, regulation, central circulation, active orthostasis.

Sabiryanova E.S., Doctor of Medical Sciences (Grand MD), Professor of the Department of Adaptive Physical Culture and Medicobiological Training, South Ural State University (Chelyabinsk), lfksar@mail.ru.

Sabiryanov A.R., Doctor of Medical Sciences (Grand MD), Professor, Managing Chair of the Medical Rehabilitation and Sports Medicine, South Ural State Medical University (Chelyabinsk), lfksar@mail.ru.

Epishev V.V., Candidate of Biological Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of Theory and a Technique of Physical Training and Sports, South Ural State University (Chelyabinsk), tmfcs@mail.ru.

Поступила в редакцию 14 января 2013 г.