

ОРТОСТАТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ СОСУДИСТОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У ЖЕНЩИН В ОНТОГЕНЕЗЕ

Сабирьянов А.Р.¹, Ена С.А.¹, Сабирьянова Е.С.², Первухина Ю.А.¹

¹ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет Минздрава РФ», Челябинск, Россия (454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64), e-mail: kanc@chelsma.ru

²ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет физической культуры», Челябинск, Россия (454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1), e-mail: uralgufk@mail.ru

Изучены динамики показателей сосудистого кровообращения и вариабельности артериального давления у девочек и женщин в положении лежа и активного ортостаза у здоровых девочек и женщин 8-55 лет, разделенных на пять возрастных групп: младший школьный возраст (8-11 лет, n=189); подростковый (12-15 лет, n=171); юношеский (16-19 лет, n=153); первый (20-34 лет, n=121) и второй периоды зрелого возраста (35-55 лет, n=96). Анализ вариабельности систолического артериального давления показал, что независимо от возраста, регуляция сосудистого тонуса обеспечивается равнозначным участием гуморально-метаболических факторов и симпатической нервной системы. К юношескому возрасту наблюдается изменение структуры гуморальной регуляции, отражающая перераспределение роли таких механизмов, как активность гуморальных катехоламинов, ренин-ангиотензиновой системы, холинэргической активности в сосудах и метаболических факторов. Исследования показывают, что возрастной особенностью ортостатической реакции показателей является прогрессирующее увеличение степени снижения венозного возврата ко II периоду зрелого возраста. Ортостатическая реакция вариабельности не выявляет качественных возрастных изменений регуляции артериального давления и во всех возрастных группах. При этом наблюдается рост мощности спектра за счет увеличения активности гуморальных факторов и симпатической нервной системы при переходе в ортоположение, с разной значимостью механизма регуляции в зависимости от возрастного периода.

Ключевые слова: сосудистое кровообращение, вариабельность артериального давления, активный ортостаз, возрастные периоды.

ORTHOSTATIC RESPONSE OF VASCULAR BLOOD CIRCULATION IN WOMEN IN ONTOGENESIS

Sabiryanov A.R.¹, Ena S.A.¹, Sabiryanova E.S.², Pervukhina Y.A.¹

¹South Ural State Medical University of Health Ministry of Russia, Chelyabinsk, Russia (454092, Chelyabinsk, Vorovskogo str., 64), e-mail: kanc@chelsma.ru

²Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia (454091, Chelyabinsk, Ordzhonikidze St., 1), e-mail: uralgufk@mail.ru

The dynamics of vascular blood circulation indicators and variability of arterial pressure in a supine position and an active orthostasis in healthy girls and women of 8-55 years who were divided into five age groups: primary school age (8-11 years, n=189); adolescent (12-15 years, n=171); adolescent (16-19 years, n=153); young people (20-34 years, n=121) and mature adult (35-55 years, n=96) was studied. The analysis of systolic arterial pressure variability showed equivalent humoro-metabolic and sympathetic nervous system factors to provide regulation of a vascular tone irrespective of age. To adolescent age change of humoral regulation structure, reflecting redistribution of such mechanisms as activity of humoral catecholamines, the renin-angiotensin system, cholinergic activity in vessels and metabolic factors is observed. Studies show that age-related features of orthostatic reaction parameters are a progressive increase in the degree of reduction in venous return to the period of adulthood. Orthostatic response variability does not reveal the qualitative age-related changes in blood pressure regulation and in all age groups. The spectrum power intensity is observed due to the increase of the humoral factors activity and the sympathetic nervous system in the transition to the orthostatic position with a different value of regulation mechanism depending on the age period.

Keywords: vascular blood circulation, variability of arterial pressure, active orthostasis, age periods.

Анализ вариабельности ритма сердца широко используется в исследованиях активности уровней регуляции кровообращения, что определяется несомненными преимуществами данного метода [1, 4, 7, 11 и др.]. В первую очередь, это связано с

неинвазивностью метода и высокой степенью корреляции частотно-временных характеристик с активностью уровней и механизмов регуляции кровообращения. С другой стороны, вариабельность сердечного ритма не может характеризовать особенности регуляции кровообращения в сосудах, которая в основном определяется гуморально-метаболическими факторами и практическим отсутствием парасимпатических влияний.

Целью данных исследований являлось изучение возрастной динамики показателей сосудистого кровообращения и вариабельности артериального давления, как маркера активности уровней регуляции у девочек и женщин в положении лежа и активного ортостаза.

Материалы и методы исследования. В исследованиях участвовали девочки и женщины первой и второй медицинских групп (n=730), которые были разделены на пять возрастных групп: младший школьный возраст (8-11 лет, n=189); подростковый (12-15 лет, n=171); юношеский (16-19 лет, n=153); первый (20-34 лет, n=121) и второй периоды зрелого возраста (35-55 лет, n=96).

При помощи компьютерной системы «Кентавр П РС» фирмы «Микролюкс» (г. Челябинск) в положении лежа и активного ортостаза в течение 5 минут проводилась регистрация амплитуды пульсации пальца кисти (АППК, мОм), систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД, мм рт.ст.), амплитуды пульсации аорты (АПА, мОм), диастолической волны наполнения сердца (ДВНС, мОм).

Анализ медленноволновой вариабельности САД проводился при помощи компьютерной программы «Биоспектр» [6]. Изучались общая мощность спектра (ОМС, (мм рт.ст.²), абсолютная мм рт.ст.²) и относительная (%) мощность колебаний в диапазонах [11] (очень низкочастотный – VLF; низкочастотный – LF; высокочастотный – HF), мода и медиана (Мо и Ме, Гц) спектра. Кроме того, анализировались частотно-временные характеристики преобладающих гармоник в диапазонах спектра (мощность - абсолютная, мм рт.ст.² и относительная, %; амплитуда, мс; частота, Гц). Для устранения погрешностей при регистрации САД перед спектральным анализом проводилась интерполяция тренда.

При интерпретации результатов спектрального анализа использовались общепринятые представления о регуляторном генезе медленноволновых колебаний [1, 4, 7, 11 и др.].

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 1 представлены показатели сосудистого кровообращения у девочек и женщин в положении лежа и активного ортостаза, в возрастных периодах.

Таблица 1

Показатели сосудистого кровообращения в возрастных периодах у девочек и женщин

Показатели	АППК, мОм	САД, мм рт.ст.	ДАД, мм рт.ст.	АПА, мОм	ДВНС, мОм
Младший школьный возраст					
Лежа	53,66±2,42	107,17±0,73	68,17±0,82	286,77±2,66	21,96±1,05
Стоя	24,66±1,05	108±0,7	72,49±0,72	265,66±3,67	10,77±0,51
Динамика	54,04%	0,77%	6,34%	7,36%	50,95%
p	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Подростковый возраст					
Лежа	62,3±4,08	115,12±1	73,15±0,64	248,76±3,85	21,27±1,18
Стоя	24±1,5	117,65±1,16	78,11±0,67	223,24±3,8	15,49±0,87
Динамика	61,47%	2,2%	6,78%	10,26%	27,17%
p	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Юношеский возраст					
Лежа	90,24±3,1	118,67±0,65	74,29±0,44	237,14±4,7	23,33±0,77
Стоя	39,33±1,36	120,81±0,67	80,57±0,44	222,62±3,2	14,2±0,64
Динамика	56,41%	1,81%	8,46%	6,12%	39,14%
p	<0,001	<0,05	<0,001	<0,05	<0,001
I период зрелого возраста					
Лежа	110,94±3,63	119,23±0,64	78,94±0,62	225,06±3,76	22,39±0,65
Стоя	40,55±1,34	120,71±0,57	83,97±0,57	226,23±3,22	5,33±0,44
Динамика	63,45%	1,24%	6,38%	0,52%	76,18%
p	<0,001	-	<0,001	-	<0,001
II период зрелого возраста					
Лежа	108,02±3,71	126,95±1,24	87,1±0,73	190,72±4,05	22,08±1,83
Стоя	43,55±1,85	130,35±0,93	93,1±0,83	204,43±2,89	4,24±0,46
Динамика	59,68%	2,68%	6,89%	7,19%	80,8%
p	<0,001	<0,05	<0,001	<0,05	<0,001

Как видно из таблицы 1, в возрастных группах выявляются различия большинства представленных показателей кровообращения (по данным дисперсионного анализа $F=11,8-38,62$; $p<0,0001$), кроме ДВНС, характеризующая венозный возврат. Ко II периоду зрелого возраста наблюдается рост показателей артериального давления и АППК, что с одной стороны свидетельствует о росте сосудистого тонуса, с другой об увеличении периферического кровообращения, определяемое, в первую очередь, объемом гемодинамики. Амплитуда пульсации аорты, определяемая величиной ударного объема и упруго-эластичными свойствами аорты, с возрастом уменьшается, что может определяться

анатомическим увеличением ее просвета. При этом по данным дисперсионного анализа представленных показателей, АПА различает возрастные группы (статистика λ Уилкса 0,83; $p < 0,0001$), являясь показателем зависимым от центрального и периферического кровообращения, видимо, отражая морфофункциональное развитие сердечно-сосудистой системы.

Анализ ортостатической реакции, выявляет, как физиологические изменения закономерные не зависимо от возраста – снижение периферического кровообращения, рост ДАД [2, 5, 8], так и изменения связанные с возрастной группой. В частности, ко II периоду зрелого возраста наблюдается рост степени снижения венозного возврата (ДВНС), что может характеризовать нарастание, с возрастом, венозной недостаточности в ортоположении.

Ортостатические изменения временных характеристик variability САД, в первую очередь, проявляются ростом общей мощности спектра во всех возрастных группах, что проявляется во всех диапазонах медленноволнового спектра. Например, рост ОМС систолического артериального давления в активном ортостазе с $69,43 \pm 8,5$ до $437,87 \pm 59,59$ мм рт.ст.² ($p < 0,001$), сопровождается увеличением мощности в VLF диапазоне с $25,18 \pm 2,81$ до $125,69 \pm 25,7$ мм рт.ст.² ($p < 0,001$), LF с $33,01 \pm 4,46$ до $261,72 \pm 41,48$ мм рт.ст.² ($p < 0,001$), HF с $9,45 \pm 1,13$ до $46,29 \pm 10,16$ мм рт.ст.² ($p < 0,01$). При этом относительное распределение мощности в диапазонах значимо не меняется. Следовательно, ортостатические изменения гемодинамики сопровождаются ростом активности как симпатoadреналовых механизмов регуляции САД, так и, видимо, парасимпатических, которые посредством показателей кардиогемодинамики, отражаются увеличением высокочастотных колебаний показателя [7].

Необходимо отметить, что только в младшем школьном возрасте наблюдается умеренное преобладание VLF диапазона (43,11%) в положении лежа над LF (37,74%; $p < 0,05$ по Фишеру), тогда как в остальных группах преобладают оба диапазона (около 40,0% от ОМС), что показывает значимость как гуморально-метаболических факторов, так и симпатической нервной системы в регуляции САД не зависимо от возраста.

Общее увеличение регуляторных влияний на САД в ортостазе отражает и Me спектра, которая в положении стоя остается стабильной во всех возрастных группах (таблица 2).

Таблица 2

Частотные характеристики variability систолического артериального давления в возрастных периодах у девочек и женщин (Гц)

Показатели	Mo САД	Me САД	Mo VLF САД	Mo LF САД	Mo HF САД
Младший школьный возраст					
Лежа	0,022±0,001	0,052±0,0024	0,022±0,0006	0,077±0,0018	0,229±0,004

Стоя	0,026±0,001	0,052±0,0012	0,018±0,0006	0,076±0,0017	0,246±0,004
p	p<0,05	-	p<0,001	-	p<0,01
Подростковый возраст					
Лежа	0,023±0,001	0,055±0,0018	0,018±0,0006	0,074±0,0018	0,231±0,0038
Стоя	0,026±0,0012	0,054±0,0016	0,017±0,0006	0,084±0,0017	0,224±0,004
p	p<0,05	-	-	p<0,001	-
Юношеский возраст					
Лежа	0,029±0,0007	0,059±0,0015	0,015±0,0005	0,072±0,0015	0,263±0,0038
Стоя	0,027±0,0007	0,06±0,0018	0,019±0,0006	0,072±0,0017	0,222±0,0036
p	p<0,05	-	p<0,001	-	p<0,001
I период зрелого возраста					
Лежа	0,03±0,0011	0,066±0,0018	0,015±0,0006	0,083±0,0015	0,238±0,0039
Стоя	0,031±0,0013	0,061±0,0013	0,018±0,0006	0,072±0,0017	0,236±0,0038
p	-	p<0,05	p<0,001	p<0,001	-
II период зрелого возраста					
Лежа	0,027±0,0012	0,057±0,0018	0,016±0,0005	0,077±0,0018	0,231±0,0039
Стоя	0,027±0,0013	0,056±0,0017	0,015±0,0006	0,08±0,0018	0,248±0,004
p	-	-	p<0,05	-	p<0,01

Как видно из таблицы 2, в положении лежа наблюдается увеличение частоты M_0 спектра САД к юношескому возрасту, а M_e спектра к I периоду зрелого, что в первом случае может свидетельствовать об увеличении активности таких гуморальных факторов, как ренин-ангиотензиновая система, тогда как во втором, о росте симпатических влияний на показатель, соотносящееся с возрастной динамикой САД.

Возрастная динамика проявляется и на наиболее выраженных гармониках (по мощности и времени жизни) VLF и LF диапазонов, частота которых к юношескому возрасту снижается ($p<0,01$), что может быть связано с изменением значимости в регуляции САД гуморальных факторов регуляции, таких как гуморальные катехоламины [10] и ренин-ангиотензиновая система [9]. При этом возрастное изменение частот данных гармоник, сопровождается снижением их мощности. В частности, мощность преобладающей гармоники VLF диапазона снижается с $155,98 \pm 46,9$ мм рт.ст.² в младшем школьном возрасте до $57,05 \pm 11,31$ мм рт.ст.² ($p<0,001$) в юношеском, что может отражать процессы адаптации гуморально-метаболической и симпатической регуляции САД.

Необходимо отметить, что если динамика мощности преобладающих гармоник VLF и LF диапазонов, в целом отражает изменения ОМС в активном ортостазе, то их частотные

характеристики не проявляют закономерностей регуляторных изменений в сердечно-сосудистой системе при переходе в ортоположение.

Проведение дискриминантного анализа частотно-временных характеристик САД, как маркеров активности уровней и механизмов регуляции показывает, что в положении лежа наибольший вклад в общую дискриминацию между возрастными группами вносит Мо спектра показателя (статистика λ Уилкса 0,94; $p < 0,003$). Учитывая, что Мо спектра САД отражает наиболее выраженную и устойчивую гармонику, частота которой связана с гуморальными факторами, то видимо, различия регуляции в возрастных группах определяются соотношением активности гуморальных катехоламинов [10], ренин-ангиотензиновой системы [9], холинергической активности [3] и метаболических факторов [7]. В положении активного ортостаза, дискриминирующим возрастными группами и частотно-временные характеристики является ОМС САД (статистика λ Уилкса 0,93; $p < 0,001$), свидетельствующее о том, что в ортоположении возрастные группы, в первую очередь различаются степенью общего регуляторного ответа на изменения гемодинамики.

Дискриминантный анализ частотно-временных характеристик САД в положении лежа и активного ортостаза внутри возрастной группы показывает, что в младшем школьном возрасте показатели дискриминируются по ОМС САД (статистика λ Уилкса 0,93; $p < 0,007$), в подростковом и юношеском – мощностью LF колебаний (статистика λ Уилкса 0,97; $p < 0,05$), в I и II периодах зрелого возраста – мощностью HF диапазона (статистика λ Уилкса 0,92; $p < 0,05$). Следовательно, можно полагать, что ортоустойчивость САД в младшем школьном возрасте обеспечивается степенью регуляторного ответа, тогда как в подростковом и юношеском симпатической нервной системой, а в зрелой возрастной группе – парасимпатической нервной системой посредством изменений центрального кровообращения.

Кроме того, канонический анализ САД с частотно-временными характеристиками преобладающих гармоник диапазонов показывает, что ко II периоду зрелого возраста наблюдается увеличение степени зависимости показателя от парасимпатических влияний на центральное кровообращение. В частности, выявляется рост канонического коэффициента с 0,17 в младшем школьном возрасте, до 0,23 во II периоде зрелого ($p = 0,05$). При этом если в младшем школьном возрасте 0,76% изменчивости частотно-временных характеристик ведущей гармоники HF диапазона САД, соответствует 3,01% изменчивости показателя, то во II периоде зрелого данное соотношение составляет 1,1/5,22%. С другой стороны, в положении активного ортостаза выявляется снижение степени зависимости САД от симпатических влияний. Например, при каноническом анализе показателя и частотно-временных характеристик ведущей гармоники LF диапазона наблюдается снижение

канонического коэффициента с 0,52 ($p < 0,01$) до 0,38 ($p < 0,05$) с изменением соотношения с 5,91/27,78% до 4,19/14,71%.

Заключение. Проведенные исследования показывают закономерные изменения сосудистого кровообращения в возрастных группах у женщин, проявляющиеся ростом артериального давления, объема периферического кровообращения при относительной стабильности венозного возврата. При этом маркером морфофункционального развития сосудистой системы является кровообращение в аорте.

Анализ вариабельности систолического артериального давления выявляет, что независимо от возраста, регуляция сосудистого тонуса обеспечивается равнозначным участием гуморально-метаболических факторов и симпатической нервной системы. Изменения частотных характеристик вариабельности показателя показывают, что к юношескому возрасту наблюдается изменение структуры гуморальной регуляции, маркером которых является Мо спектра, отражающая перераспределение роли таких механизмов, как активность гуморальных катехоламинов, ренин-ангиотензиновой системы, холинергической активности в сосудах и метаболических факторов.

Исследования показывают, что возрастной особенностью ортостатической реакции показателей является прогрессирующее увеличение степени снижения венозного возврата ко II периоду зрелого возраста. Ортостатическая реакция вариабельности не выявляет качественных возрастных изменений регуляции артериального давления и во всех возрастных группах. При этом наблюдается рост мощности спектра за счет увеличения активности гуморальных факторов и симпатической нервной системы при переходе в ортоположение, с разной значимостью механизма регуляции в зависимости от возрастного периода.

Список литературы

1. Баевский, Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине / Р.М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т.28, №2. – С. 70-82.
2. Исаев, А.П. Физиологические механизмы действия методов мануальной терапии на ортостатическую реакцию сердечно-сосудистой системы / А.П. Исаев, А.Р. Сабирьянов, С.А. Личагина, Е.С. Сабирьянова // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 4. – С. 65-69.
3. Кассиль, Г.Н. Вегетативное регулирование гомеостаза внутренней среды / Г.Н. Кассиль // Физиология вегетативной нервной системы. – Л.: Наука, 1981. – С. 536–572.
4. Котельников, С.А. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С.А. Котельников, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинак и др. // Физиология человека. – 2002. – Т.28, №1. – С. 130-143.

5. Осадчий, Л.И. Положение тела и регуляция кровообращения / Л.И. Осадчий. – Л.: Наука, 1982. – 144 с.
6. Рагозин, А.Н. Информативность спектральных показателей variability сердечного ритма / А.Н. Рагозин // Вестник аритмологии. – 2001. - №22. – С. 38-40.
7. Сабирьянов, А.Р. Структура медленноволновой variability показателей гемодинамики, как интегральная характеристика активности уровней регуляции системы кровообращения у детей младшего и среднего школьного возраста: Автореф. дис. докт. мед. наук / А.Р. Сабирьянов. – Курган, 2005. – 40 с.
8. Сабирьянова, Е.С. Закономерности онтогенетической адаптации сердечно-сосудистой системы и уровней ее регуляции к комплексу факторов внешней среды у детей, проживающих в условиях села и города: Автореф. дис. докт. мед. наук / Е.С. Сабирьянова. – Курган, 2010. – 47 с.
9. Akselrod, S. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis / S. Akselrod, D. Gordon, J.B. Madwed et al. // Am J Physiol. – 1985. – Vol.249. – P.867.– H.875.
10. Cohen, S.I. Psychophysiological investigation of vascular response variability / S.I. Cohen, A. Silverman // Psychosomatic Research .– 1959. – Vol. 3. – P. 185-210.
11. 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. 1043-1065.

Рецензенты:

Ерохин А.Н., д.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории функциональных исследований научного клинико-инструментального отдела физиологии ФГБУ РНЦ «ВТО» им. ак. Г.А. Илизарова, г. Курган;

Соловьева С.В., д.м.н., доцент, заведующая кафедрой биологии ГБОУ ВПО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Тюмень.