

УДК 612.13:612.178.1/2:612.67

Ортостатические реакции кровообращения и вегетативной регуляции у здоровых людей разного возраста

О. В. Коркушко, В. Б. Шатило

Ортостатическая проба давно и широко применяется как функциональный и диагностический тест для оценки реактивных возможностей сердечно-сосудистой и симпатoadреналовой систем [1, 3, 5, 11, 16]. К настоящему времени накоплены многочисленные данные о реакциях центральной и периферической гемодинамики на ортостатические воздействия у молодых людей [2—5, 13, 16]. Менее изучены постуральные изменения кровообращения у людей пожилого и старческого возрастов. Согласно современным представлениям, сдвиги, наблюдаемые в системе кровообращения при ортотесте, включают в себя первичные изменения гемодинамики, обусловленные преимущественно физическими факторами, и вторичные (компенсаторные) реакции сердца и сосудов [6]. Первоначальные реакции гемодинамики у людей разного возраста анализируются в ряде работ [14, 15, 17]. Однако вопрос о роли компенсаторных механизмов, прежде всего симпатической нервной системы, в адаптации к ортостазу остается открытым.

Целью настоящего исследования явилось изучение особенностей вегетативного обеспечения ортостатических реакций кровообращения у здоровых людей пожилого и старческого возрастов.

Методика

Обследовано по 30 практически здоровых людей в возрасте 20—34, 60—74 и 75—89 лет. Ортостатическую пробу по методике Schellong [13] проводили в первой половине дня. В течение 20 мин испытуемый находился в положении лежа на спине. Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС, мин⁻¹), систолическое артериальное давление (АД_с, кПа) и диастолическое артериальное давление (АД_д, кПа). Непрерывно регистрировали ритмограмму сердца. Для спектрального анализа использовали двухминутные участки сердечного ритма на 15—17-й минуте исследования. Ударный объем (УО, мл) крови определяли методом тетраполярной грудной реографии [7]. Минутный объем кровообращения (МОК, л/мин) рассчитывали по формуле: $МОК = ЧСС \cdot УО$. Вычисляли ударный индекс (УИ, мл/м²) и сердечный индекс (СИ, л/мин·м²). Базовый импеданс (Z_0 , Ом) определяли с помощью реоплетизмографа РПГ 2-02. Общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПС, кПа·с·см⁻³) рассчитывали по формуле: $ОПС = \frac{80 \cdot САД}{МОК}$, где САД — среднее артериальное давление ($САД = АД_{д} + \frac{АД_{с} - АД_{д}}{3}$). Переход в вертикальное положение осуществляли активно в течение 3—5 с. В конце каждой минуты ортостаза определяли АД_с, АД_д, ЧСС; на 1, 5 и 10-й минутах — УО, МОК, СИ, УИ и ОПС. На 4—5-й минуте ортостаза записывали двухминутные стационарные участки сердечного ритма, которые затем использовали для спектрального анализа.

Как известно, сердечный ритм человека содержит высокочастотную (дыхательные волны сердечного ритма в диапазоне 0,15—0,5 Гц), среднечастотную (волны Траубе—Геринга сердечного ритма в диапазоне 0,05—0,15 Гц) и низкочастотную (медленные волны сердечного ритма в диапазоне 0,02—0,05 Гц) периодические составляющие. Для выявления и количественной оценки периодических составляющих сердечного

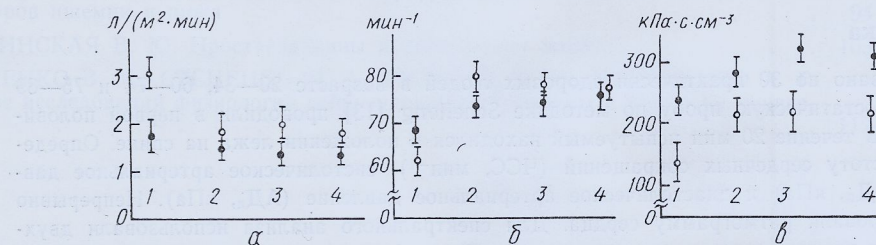
го ритма использовали спектральный анализ динамических рядов, состоящих из 125 последовательных интервалов R — R ЭКГ, на ЭВМ ЕС 1033 [18].

Об интенсивности парасимпатических влияний на сердце в положении лежа и ортостазе судили по мощности дыхательной составляющей сердечного ритма ($\sigma_{\text{ДВ}}$, мс) [10, 18]. Уровень симпатических влияний на сердце оценивали по показателям мощности волн Траубе — Геринга ($\sigma_{\text{ТГВ}}$, мс) и мощности медленных волн сердечного ритма ($\sigma_{\text{МВ}}$, мс) [12, 18]. Определяли также долю (%) мощности каждой из периодических составляющих сердечного ритма в структуре общей мощности спектра ритмограммы. Тип ортостатической реакции АД определяли в соответствии с общепринятыми критериями [1].

Статистическую обработку полученных результатов проводили на ЭВМ СМ-4 с использованием критерия t Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

У всех обследованных людей с момента перехода в ортостаз наблюдалось увеличение ЧСС, уменьшение УО и МОК, отмечался рост ОПС. Однако у молодых людей стабилизация всех показателей происходила к концу первой минуты ортостаза, тогда как у пожилых и старых перестройка гемодинамики и вегетативной регуляции продолжалась 3—5 мин (рисунок). Учитывая это, при изучении гемодинамического и вегетативного обеспечения ортостаза анализировали изменения гемодинамики и вегетативной регуляции на 5-й минуте ортостаза по сравнению с таковыми исходного состояния (положение лежа). В группе молодых людей при переходе в вертикальное положение АД_с не изменилось, тогда как АД_д достоверно повысилось (табл. 1). У пожилых достоверно уменьшилось АД_с, а АД_д изменилось незначительно. У старых людей не отмечено существенного изменения артериального давления, однако при индивидуальном анализе выявлены разнонаправленные изменения АД_с и АД_д на ортостаз. При переходе в ортостаз во всех возрастных группах наблюдалось уменьшение УИ (см. табл. 1), что обусловлено перемещением крови в нижнюю половину тела под действием гравитационного фактора и уменьшением венозного возврата к сердцу [6, 16]. Вместе с тем у людей старшего возраста, имевших



Изменение сердечного индекса (а), частоты сердечных сокращений (б) и общего периферического сосудистого сопротивления (в) при активной ортостатической пробе у людей молодого (○) и пожилого (●) возрастов:

1 — в положении лежа, 2 — в конце 1-й минуты ортостаза, 3 — в конце 5-й минуты ортостаза, 4 — в конце 10-й минуты ортостаза.

в исходном состоянии меньший по сравнению с молодыми УИ, снижение этого показателя в ортостазе было менее выраженным (у старых — на 18, у пожилых — на 35, у молодых — на 47 %). Аналогичные результаты получены и другими исследователями [14, 15, 17].

Возрастное снижение реакции на ортостаз можно объяснить менее значительным перераспределением внутриторакального объема крови в сосуды нижней половины тела [14]. Об уменьшении внутриторакального объема крови при ортостатической пробе можно косвенно судить по приросту базового импеданса (Z_0). По нашим данным (см. табл. 1), в группе молодых людей среднее значение Z_0 увеличилось на 3 Ом, тогда как у пожилых и старых — на 1,6 и 1,2 Ом соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о том, что у людей старшего возраста переход в ортостаз сопровождается меньшим перераспределением

крови из грудной полости в сосуды нижней половины тела, чем у молодых. Это, в свою очередь, может обусловить менее значительное падение УИ при активной ортостатической пробе у пожилых и старых людей.

Уменьшение УО при ортостатической пробе сопровождается включением компенсаторных механизмов, которые направлены на поддержание физиологического уровня системного артериального давления и обеспечивают сохранение оптимального мозгового кровообращения. Среди этих механизмов ведущая роль принадлежит усилению влияний симпатической нервной системы (СНС) и регионарным перераспределительным реакциям органных фракций сердечного выброса (в ортостазе существенно снижается мышечный, кожный, почечный, печеночный кровоток, тогда как мозговое кровообращение уменьшается незначительно). У людей разного возраста при переходе в ортостаз увеличиваются ЧСС и ОПС (см. табл. 1). Однако более выраженные изменения ОПС, ЧСС и СИ отмечались в группе молодых людей по сравнению с пожилыми и старыми. У молодых ОПС увеличивалось к 5-й минуте ортостаза на $(56 \pm 4) \%$ при уменьшении СИ на $(32 \pm 3) \%$, что обеспечивало сохранение АД_с на прежнем уровне и умеренное повышение АД_д на $(12 \pm 2) \%$. У пожилых людей приросты ОПС и ЧСС на 5-й минуте ортостаза были в 2 раза меньше, что по-видимому, и привело к падению АД_с и незначительному росту АД_д в этой возрастной группе.

Индивидуальный анализ ортостатических реакций гемодинамики у обследованных людей выявил следующее. У молодых наблюдался только нормотонический тип реакции АД, тогда как у представителей

Таблица 1. Изменение показателей гемодинамики при активной ортостатической пробе у людей разного возраста

Возраст, лет		УИ, мл/м ²	СИ, л/(м ² ·мин)	ЧСС, мин ⁻¹	ОПС, кПа·с·см ⁻³
20—34	1	49,7±2,7	3,04±0,17	60,8±2,6	141±9
	2	26,6±1,8	2,06±0,14	80,4±3,4	218±15
	Δ, %	-46	-32	+32	+56
	P ₁₋₂	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
60—74	1	31,0±2,0	2,05±0,11	65,2±1,6	235±14
	2	20,4±1,2	1,53±0,09	75,4±1,9	316±17
	Δ, %	-31	-25	+16	+34
	P ₁₋₂	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
75—89	1	25,9±1,4	1,76±0,09	68,1±2,7	258±16
	2	21,0±1,5	1,59±0,09	77,7±3,0	316±20
	Δ, %	-19	-10	+14	+22
	P ₁₋₂	<0,01	<0,05	<0,001	<0,01
Возраст, лет		Z ₀ , Ом	АД _с , кПа	АД _д , кПа	
20—34	1	21,8±0,7	15,9±0,4	9,9±0,2	
	2	24,8±0,6	15,6±0,4	11,2±0,2	
	Δ, %	+13,7	-0,7	+12	
	P ₁₋₂	<0,001	>0,5	<0,001	
60—74	1	24,8±0,6	16,9±0,4	10,6±0,2	
	2	26,4±0,6	16,0±0,4	10,7±0,3	
	Δ, %	+6,4	-5	+1,5	
	P ₁₋₂	<0,05	<0,01	>0,5	
75—89	1	24,9±0,5	17,0±0,3	10,5±0,2	
	2	26,1±0,6	17,0±0,4	10,6±0,2	
	Δ, %	+4,9	+0,7	+1,0	
	P ₁₋₂	<0,05	>0,5	>0,5	

Примечание. 1 — в положении лежа, 2 — в конце 5-й минуты ортостаза, Δ — сдвиг показателя относительно исходного значения, P₁₋₂ — достоверность сдвига; остальные обозначения в тексте.

старших возрастов встречались гипо-, нормо- и гипертонические типы (табл. 2). У молодых людей нормотонический тип реакции АД в одних случаях обеспечивался активацией преимущественно периферического механизма (преобладал прирост ОПС над увеличением ЧСС), в других — активацией преимущественно центрального механизма (преобладал прирост ЧСС над увеличением ОПС). Быстрая стабилизация САД на прежнем уровне у молодых людей обеспечивалась немедленным повышением ОПС, которое компенсировало снижение МОК. В исходном состоянии люди с гипотоническим типом реакции АД на ортостаз (пожилые — 12, старые — 9 человек) характеризовались более высоким ОПС и меньшим СИ по сравнению с людьми того же возраста, имевшими нормотоническую реакцию АД. Переход в ортостаз у них сопровождался неадекватно малым приростом ОПС и незначительным увеличением ЧСС. Люди с гипертоническим типом реакции АД на ортостаз (пожилые — 3, старые — 9 человек) в покое имели меньшие значения ОПС и более высокие ЧСС и СИ. При ортопробе у них отмечался выраженный прирост ОПС наряду с незначительным уменьшением СИ. Перестройка гемодинамики у людей старшего возраста с нормотоническим типом реакции АД на ортостаз была такой же, как у молодых, однако сдвиги ОПС, ЧСС и СИ в младшей возрастной группе были более существенными (см. табл. 2).

Компенсаторное повышение ЧСС и ОПС в вертикальном положении во многом определяется исходным тонусом и реактивностью СНС. Учитывая это, мы проанализировали изменения периодической структуры сердечного ритма при активной ортостатической пробе (АОП) у людей разного возраста. Результаты представлены в табл. 3. В исходном состоянии у молодых людей наблюдалось превалирование мощности дыхательной составляющей сердечного ритма, свидетельствующее о преобладании парасимпатических влияний на сердце. К 5-й минуте ортостаза произошла перестройка периодической структуры, заключающаяся в значительном увеличении мощности диапазона волн Траубе — Геринга и некотором увеличении мощности медленноволновой составляющей сердечного ритма. Энергия дыхательного ритма уменьшилась более чем в 3 раза. Наблюдаемая у молодых людей перестройка периодической структуры сердечного ритма свидетельствовала о значительном усилении влияний СНС на сердечно-сосудистую систему в ортостазе.

В исходном состоянии в группе пожилых людей отмечались меньшие значения мощности всех периодических составляющих сердечного ритма, что указывает на снижение общего вегетативного тонуса. При этом в структуре сердечного ритма преобладали медленноволновые составляющие, т. е. имелось относительное превалирование симпатических влияний на сердце. Направленность перестройки периодической

Таблица 2. Направленность и количественная характеристика перестройки гемодинамики и периодической структуры сердечного ритма в зависимости от типа реакции артериального давления на ортостаз у людей разного возраста

Возраст, лет	Тип реакции	Частота случаев, %	Δ УИ, %	Δ ЧСС, %	Δ ОПС, %	$\Delta\sigma^2_{ТГВ}$
20—34	Гипотонический	0				
	Нормотонический	100	—49	+32	+56	+18
	Гипертонический	0				
60—72	Гипотонический	40	—41	+10	+21	—7
	Нормотонический	50	—34	+14	+33	+10
	Гипертонический	10	—24	+21	+36	+18
75—89	Гипотонический	30	—23	+7	+4	—8
	Нормотонический	40	—14	+21	+14	+6
	Гипертонический	30	—25	+8	+38	+10

Примечание. Δ — сдвиг показателя относительно исходного; остальные обозначения в тексте.

Таблица 3. Изменение показателей периодической структуры сердечного ритма при активной ортостатической пробе у людей разного возраста

Возраст, лет		σ_{MB} , мс	σ_{TGB} , мс	$\sigma_{ДВ}$, мс	σ_{MB} , %	σ_{TGB} , %	$\sigma_{ДВ}$, %
20—34	1	23,8±2,1	18,7±1,0	32,1±3,0	30,5±2,7	21,2±2,1	47,6±3,2
	2	20,0±1,8	23,3±1,9	12,0±0,7	39,5±2,9	46,1±3,3	14,4±1,3
	P_{1-2}	<0,05	<0,01	<0,001	<0,01	<0,001	<0,0001
60—74	1	15,9±1,0	8,8±0,6	10,6±0,6	52,9±3,2	17,4±2,6	29,7±2,8
	2	14,2±1,0	8,9±0,6	6,2±0,3	59,6±3,5	26,2±2,8	13,8±2,1
	P_{1-2}	<0,05	>0,1	<0,001	<0,05	<0,05	<0,001
75—89	1	13,4±1,4	6,4±0,5	7,4±0,5	61,3±3,6	17,6±2,8	21,6±2,8
	2	11,1±1,2	6,3±0,6	6,0±0,4	57,2±3,6	20,5±3,0	20,3±3,1
	P_{1-2}	>0,05	>0,1	<0,05	>0,05	>0,05	>0,5

Примечание. 1 — в положении лежа, 1 — на 4—5-й минуте ортостаза, P_{1-2} — достоверность сдвига; остальные обозначения в тексте.

структуры сердечного ритма при АОП была такой же, как и у молодых людей: увеличивалась мощность волн Траубе — Геринга на фоне уменьшения мощности дыхательных волн сердечного ритма. Однако сдвиги изучаемых показателей у пожилых людей были меньше, чем у молодых. Это свидетельствует о том, что с возрастом снижается активация СНС в ортостазе. Эти различия становятся еще более рельефными у старых людей, где в целом по группе не выявлено существенных изменений периодической структуры сердечного ритма (см. табл. 3).

Таким образом, ведущий механизм, лежащий в основе возрастного снижения компенсаторных реакций кровообращения при АОП, — недостаточная активация симпатических влияний на сердечно-сосудистую систему. Показательными в этом отношении являются люди с гипотоническим типом реакции АД на ортостаз (см. табл. 3). При ортостатической пробе у них не наблюдалось увеличения мощности волн Траубе — Геринга сердечного ритма, что, вероятно, связано с несостоятельностью барорецепторного симпатического контроля ЧСС и ОПС. Это предположение находит подтверждение в ряде экспериментальных работ [8, 9], в которых показано снижение чувствительности барорецепторов к изменениям АД в старости, что связано со снижением упруговязких свойств стенки сосудов, изменениями нервных окончаний и сдвигами, происходящими в гемодинамическом центре. Наблюдаемое ослабление с возрастом общего вегетативного тонуса, относительная симпатикотония также способствуют тому, что в старости удлиняется латентный период развития рефлекторных изменений гемодинамики и уменьшается их выраженность.

В старческом возрасте часто встречается и диаметрально противоположный, гипертонический тип реакции АД на ортостаз. Отличительная черта изменений кровообращения у этих людей — отсутствие уменьшения СИ наряду с повышением ОПС. Перестройка периодической структуры сердечного ритма характеризуется увеличением мощности ритма волн Траубе — Геринга (см. табл. 2), что свидетельствует об активации симпатических влияний на сердечно-сосудистую систему. В условиях возрастного ослабления парасимпатического контроля и снижения депрессорных влияний с артериальных и сердечных барорецепторов это может явиться причиной развития рефлексогенной гипертонии (гипертонии растормаживания) в старческом возрасте.

Выводы

1. С возрастом снижается первичная реакция ударного объема сердца на ортостаз, что обусловлено менее значительным перемещением крови в сосуды нижних конечностей у пожилых и старых людей.

2. При старении уменьшается выраженность компенсаторного увеличения частоты сердечных сокращений и периферического сосудистого сопротивления при ортостатическом воздействии, что связано с возрастным снижением реактивности симпатической нервной системы.

ORTHOSTATIC REACTIONS OF BLOOD CIRCULATION AND VEGETATIVE REGULATION IN HEALTHY PEOPLE OF DIFFERENT AGE

O. V. Korkushko, V. B. Shatilo

The age-related changes in vegetative regulation of blood circulation during active orthostatic test (AOT) have been studied in 90 practically healthy people aged from 21 to 89. The stroke blood volume was determined using the tetrapolar thoracic rheography. The basic state of the vegetative heart regulation and its changes during AOT were studied by means of the spectral analysis of the stationary rhythmograms. It is shown that intensity of both primary and secondary compensatory circulatory responses during the AOT decreases with age. An age-related impairment of the reflectory influences on heart and vessels is induced by a decreased overall vegetative tonus and insufficient activation of the sympathetic system in orthostasis. The orthostatic hypotension in elderly and old people is probably mediated by an inadequately small increment of peripheral vascular resistance and cardiac rhythm resulting from the age-related impairment of baroreceptor sympathetic control of the blood pressure.

Institute of Gerontology,
Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

1. Большая медицинская энциклопедия / Под ред. Б. В. Петровского.— М.: Сов. энциклопедия, 1981.— Т. 17.—1515 с.
2. Дарцмелия В. А., Белканиа Г. С., Демин А. И. Типологический анализ центральной и периферической гемодинамики в ортостатике у здоровых лиц и больных артериальной гипертонией // Физиология человека.— 1985.—11, № 5.— С. 770—776.
3. Иоффе Л. А. Реакция сердца на ортостатическое воздействие // Кардиология.— 1968.—8, № 1.— С. 116—124.
4. Какурин И. Л., Шумаков В. И., Катков В. Е., Кузавев А. Е. Динамика и регуляция венозного возврата, минутного объема и ударного выброса при изменении положения тела // Косм. биология и авиакосм. медицина.— 1973.— № 5.— С. 60—65.
5. Москаленко Н. П., Глезер М. Г. Ортостатическая проба в практической работе врача-кардиолога // Кардиология.— 1979.—19, № 11.— С. 112—116.
6. Осадчий Л. И. Положение тела и регуляция кровообращения.— Л.: Наука, 1982.— 144 с.
7. Пушкарь Ю. Т., Большаков В. М., Елизаров Н. А. и др. Определение сердечного выброса методом тетраполярной грудной реографии и его метрологические возможности // Кардиология.— 1977.—17, № 7.— С. 85—90.
8. Фролков В. В., Безруков В. В., Шевчук В. Г. Кровообращение и старение.— Л.: Наука, 1984.— С. 89—147.
9. Gribbin D., Pickering T., Sleight P. et al. Effect of age and high blood pressure on baroreflex sensitivity in man // Circul. Res.— 1971.—29.— P. 424—431.
10. Katona P. G., Jin F. Respiratory sinus arrhythmia: noninvasive measure of parasympathetic cardiac control // J. Appl. Physiol.— 1975.—39, N 5.— P. 801—805.
11. Rosenthal T., Birch M., Osikovska B., Sever P. S. Changes in plasma noradrenaline concentration following sympathetic stimulation by gradual tilting // Cardiovasc. Res.— 1978.—12, N 3.— P. 141—147.
12. Sayers B. McA. Analysis of heart rate variability // Ergonomics.— 1973.—16, N 1.— P. 17—32.
13. Schellong F. Funktionsprüfung des Kreislaufs als Untersuchungsmethode // Klin. Wschr.— 1936.—11.— S. 361—366.
14. Smith J. J., Ebert T. J., Tristani F. E. et al. Effect of age and coronary heart disease on autonomic responses to circulatory stress. // Adv. Physiol. Sci.— 1981.— Vol. 9: Cardiovasc. Physiol. neural Control Mechanisms.— P. 357—364.
15. Strandell T. Circulatory studies on healthy old man.— Stockholm: Ab Nordiska Boklandeln.— 1964.— P. 12—20.
16. Ward R. J., Danziger F., Bonica J. J. et al. Cardiovascular effects of changes of posture // Aerospace Med.— 1966.—37, N 2.— P. 257—259.
17. Williams B. O., Cajro F. I., Lennox I. M. Haemodynamic response to postural stress in the elderly with and without postural hypotension // Age and Ageing.— 1985.—14, N 4.— P. 193—201.
18. Zemaitite D., Varoneckas G., Plaуска K., Kaukenas J. Components of the Heart Rhythm Power Spectrum in wakefulness and individual sleep stages // Int. J. Psychophysiol.— 1986.— N 2.— P. 129—141.

Ин-т геронтологии АМН СССР, Киев

Поступила 16.10.87