

Национальный вестник медицинских ассоциаций. 2026. Т. 3, № 2. С. 27-34
National Bulletin of Medical Associations. 2026;3(2):27-34
Научная статья / Original article
УДК 612.8.04; 796.011.3; 159.9.07

Спицин Анатолий Павлович[✉], Чельшев Игорь Владимирович,
Камакина Ирина Николаевна, Бяков Иван Сергеевич

Кировский государственный медицинский университет, Киров, Россия
[✉] spitsin1948@gmail.com

РЕАКЦИИ КАРДИОГЕМОДИНАМИКИ В ОТВЕТ НА АКТИВНЫЙ ОРТОСТАЗ С РАЗЛИЧИЯМИ УДАРНОГО ОБЪЕМА КРОВИ У ДЕВУШЕК 17–20 ЛЕТ

Аннотация. Активная ортостатическая проба дает возможность изучать компенсаторные гемодинамические и вегетативные изменения и тем самым позволяет судить о функции системы кровообращения.

Цель. Выявление особенностей регуляции системной гемодинамики при выполнении активной ортостатической пробы у студентов в зависимости от исходного ударного объема крови, а также особенности корреляционных плеяд показателей.

Материал и методы. Обследованы 83 девушки в возрасте 17–20 лет, студенты младших курсов медицинского университета. Средний возраст $18,5 \pm 1,5$ года. У обследуемых как в состоянии покоя, так и при проведении активного ортостатического теста измеряли АД и ЧСС автоматическим тонометром с дальнейшим расчетом гемодинамических индексов. Для углубленного анализа из выборки были сформированы 2 группы: 1-я — ударный объем крови (УО) больше должного (ДУО) в состоянии покоя ($n = 31$); 2-я — УО меньше ДУО ($n = 16$).

Результаты. Анализ комплекса вазомоторных, хроно- и инотропных реакций гемодинамических показателей, а также их корреляционные взаимосвязи при предъявлении активной ортопробы позволил выявить различные паттерны реагирования у обследуемых двух групп. Так, в 1-й группе вклад минутного объема кровообращения в обеспечение ортостатической реакции возрастал при неизменных величинах сосудистого сопротивления. Это наблюдалось на фоне симпатического вегетативного сдвига. Во 2-й группе при симпатической недостаточности (по изменениям ВИК) наблюдается возрастание сопротивления сосудов в ответ на ортостаз.

Заключение. Проведенные исследования показали, что лица молодого возраста, у которых в исходном состоянии УО был больше должного, более благоприятно реагировали на активный ортостаз, что может свидетельствовать о достаточно высоком уровне функциональных резервов сердечно-сосудистой системы. Величина ударного объема крови в исходном состоянии является информативным маркером оценки состояния кардиогемодинамики и вегетативных перестроек при проведении активной ортостатической пробы.

Ключевые слова: активная ортостатическая проба, кардиогемодинамика, студенты, ортостаз, ударный объем крови, вегетативный индекс Кердо, функциональные резервы, минутный объем кровообращения

Для цитирования: Реакции кардиогемодинамики в ответ на активный ортостаз с различиями ударного объема крови у девушек 17–20 лет / А. П. Спицин, И. В. Чельшев, И. Н. Камакина, И. С. Бяков // Национальный вестник медицинских ассоциаций. 2026. Т. 3, № 2. С. 27-34

ВВЕДЕНИЕ

Активная ортостатическая проба (АОП) дает возможность изучать компенсаторные гемодинамические и вегетативные изменения и тем самым позволяет судить о функции системы кровообращения. Переход обследуемого из положения лёжа в положение стоя, создаёт гемодинамическую нагрузку на сердечно-сосудистую систему [1, 2]. У здоровых людей рефлекторные механизмы, например барорефлекс, позволяет поддерживать кровяное давление в положении стоя [3, 4]. Гемодинамические реакции, вызванные АОП, позволяют дать оценку вегетативной функции сердечно-сосудистой системы. Активный ортостатический тест клинически используется для выявления неадекватной

реакции симпатической нервной системы на ортостаз [5]. Ортопроба в 2024 году была принята в качестве обязательной при диагностике гипотензии на всемирном конгрессе кардиологов (2024).

Сердечно-сосудистые реакции в динамике ортостаза (частота сердечных сокращений (ЧСС), АД) предсказывают состояние сердечно-сосудистой системы у лиц без явной патологии сердца и сосудов [6].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявление особенностей регуляции системной гемодинамики при выполнении активной ортостатической пробы у студентов в зависимости от исходного ударного объема крови, а также особенности корреляционных плеяд показателей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование являлось наблюдательным с функциональной пробой.

Обследовано 83 девушки в возрасте 17–20 лет (средний возраст $18,5 \pm 1,5$ года), студенты младших курсов медицинского университета. В исследование включались только лица женского пола для минимизации влияния гендерных различий на показатели гемодинамики. Из общей выборки в 83 человека для углубленного анализа корреляционных плеяд и сравнения полярных типов гемодинамики были сформированы две группы на основе сопоставления фактического ударного объема (УО) с должностным (ДУО). Критерием включения в 1-ю группу ($n = 31$) являлось значение УО, превышающее ДУО на 5% и более. Во 2-ю группу ($n = 16$) вошли лица с УО, сниженным относительно ДУО на 5% и более. Остальные 36 обследуемых, у которых УО находился в диапазоне $\pm 5\%$ от ДУО, были исключены из дальнейшего корреляционного анализа для повышения контрастности сравниваемых групп. Таким образом, в основной анализ вошли 47 человек.

В исследование отбирали студентов третьего курса медицинского университета. Выборку формировали сплошным методом из числа здоровых студентов, удовлетворяющих критериям включения.

Критерии включения: лица женского пола в возрасте 17–20 лет, отнесение к 1–2-й группе здоровья на основании данных медицинской документации и заключения врача-терапевта, индекс массы тела не менее 18,5 или не более 29,9 кг/м², отсутствие жалоб на состояние здоровья в течение 7 дней до исследования, добровольное подписание информированного согласия.

Критерии исключения: наличие подтвержденных хронических заболеваний, наличие острых инфекционных заболеваний или повышенной температуры тела в течение 14 дней до обследования, ортостатическая гипотензия или вазовагальные обмороки в анамнезе, регулярный прием лекарственных препаратов, влияющих на ЧСС, АД или вегетативную регуляцию (β -блокаторы, блокаторы кальциевых каналов, антиаритмики, психотропные средства, гормональные контрацептивы), индекс массы тела менее 18,5 или более 29,9 кг/м²; отказ от участия в исследовании.

Описание медицинского вмешательства. В рамках исследования участникам измеряли основные характеристики сердечно-сосудистой системы: систолическое (САД, мм рт. ст.) и диастолическое (ДАД, мм рт. ст.) АД, а также частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин) автоматическим тонометром Nesei DS-1862 (Япония). Полученные показатели использовали для расчета индексов функционального состояния сердечно-сосудистой системы: общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС, $\text{дин}^2 \times \text{с} \times \text{см}^{-5}$) по формуле Пуазейля; ударный объем кровообращения (УОК, мл, по Старру), минутный объем кровообращения (МОК, л/мин) [7].

Для оценки кардиогемодинамического ответа на функциональную нагрузку использовали активную ортоклиностатическую пробу (АОП). Во время выполнения АОП испытуемый не менее 5 мин лежал на твер-

дой кушетке (фон), затем по команде (в течение 30 сек) быстро вставал. Во время фона и ортостаза проводили измерение АД и ЧСС в течение 5 мин.

Условия проведения и основные конечные точки исследования. Исследования проведены в осенний период 2025 г. Особое и тщательное внимание было уделено формированию репрезентативных выборок. Обследование добровольцев проводили в первой половине дня в помещении с комфортной температурой 19–21 °С. У всех обследуемых взяли письменное информированное согласие до включения в исследование, а также провели анкетирование, направленное на установление семейного анамнеза. Обследуемые, принимавшие лекарства, которые могут изменять ЧСС, употреблявшие никотин, алкоголь или любые другие запрещенные вещества, имеющие в анамнезе диабет, гипертонию, заболевания щитовидной железы, любые сердечные расстройства, а также заболевания, потенциально связанные с вегетативными расстройствами, были исключены из исследования.

В работе анализировали следующие показатели: удельное периферическое сопротивление сосудов (УПСС, $\text{дин}^2 \times \text{с} \times \text{см}^{-5}$) по формуле Пуазейля; ударный объем кровообращения (УОК, мл, по Старру), минутный объем кровообращения (МОК, л/мин) [7].

Способы представления и обработки данных. Результаты подвергли статистической обработке с применением пакета прикладных программ «Statistica 7.0» (StatSoft, США). Проверку на нормальность распределения измеренных переменных осуществляли на основе теста Шапиро–Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в виде медианы (Me) и межквартильного диапазона [Q_1 25%; Q_3 75%], а параметрических — как среднее значение и его ошибка ($M \pm m$). При сравнении несвязанных выборок статистическую значимость различий определяли с помощью t -критерия Стьюдента для независимых выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна–Уитни для выборок с распределением, отличающимся от нормального. При этом критический уровень статистической значимости (p) принимали равным 0,05; 0,01; 0,001.

Ввиду отсутствия предварительных данных о величине ожидаемого эффекта расчет размера выборки априорно не проводился; данное исследование следует рассматривать как пилотное. При множественных сравнениях показателей в динамике ортостаза (5 временных точек) применялась поправка Бонферрони для снижения вероятности ошибки первого рода. Критический уровень статистической значимости с учетом поправки составил $p < 0,01$. В таблицах представлены исходные p -значения, но интерпретация результатов основывалась на скорректированном пороге.

Соблюдение норм этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом Кировского медицинского университета (заключение № 002/021 от 26.11.2021 г.). В соответствии с законом персональные данные были деперсонализованы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выборка участников состояла из 83 девушек 17–20 лет (средний возраст — $18,5 \pm 1,5$ года). Исследуемые группы не различались по величине САД и ДАД. В то же время ЧСС была меньше в группе с более низким ударным объемом сердца (УО). Также в группе с меньшим УО были более низкие значения МОК, но высокое удельное периферическое сосудистое сопротивление (таблица 1).

Таблица 1 — Показатели гемодинамики у девушек старших курсов в зависимости от фактического и должного значения ударного объема крови в исходном состоянии ($M \pm m$)

Показатель	УО > ДУО n = 31	УО < ДУО n = 16	p*
АДС, мм рт. ст.	$122,0 \pm 1,54$	$122,0 \pm 2,89$	0,88
АДД, мм рт. ст.	$75,0 \pm 1,33$	$78,5 \pm 2,16$	0,44
ЧСС, уд/мин	$77,1 \pm 1,51$	$63,6 \pm 1,59$	0,007
УО, мл	$68,0 \pm 1,25$	$62,7 \pm 1,72$	0,09
МОК, мл/мин	$5195,0 \pm 85,3$	$3956,6 \pm 93,9$	0,001
УПСС, $\text{динкс}^{-1}\text{хсм}^5$	$24,1 \pm 0,73$	$36,6 \pm 2,0$	0,001
ДП, у. е.	$94,0 \pm 2,38$	$77,7 \pm 2,8$	0,015
ВИК, у. е.	$2,34 \pm 1,52$	$-24,0 \pm 3,7$	0,001

Примечание: 1 — первая группа, 2 — вторая группа, n — количество испытуемых, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; ДП — двойное произведение; ВИК — вегетативный индекс Кердо.

В последние годы ведутся активные дискуссии по поводу механизмов и особенностей формирования ответных реакций на АОП. Так, в исследованиях R. V. Torres и соавт. [8] показано, что повышенная реакция АД при активном ортостазе имеет клиническое значение, поскольку может быть связана со скрытой гипертензией и будущим развитием артериальной гипертензии [9].

В той и другой группе САД увеличились до 10 мм. рт.ст. Согласно P. Palatini и соавт. [10], реакция ДАД не имеет достаточной прогностической ценности, однако отчетливое повышение ДАД примерно на 10 мм рт. ст. при АОП считается нормальной реакцией [11, 12], что в полной мере соответствует результатам наших исследований, полученных для представителей двух групп. В первой группе ДАД увеличилось на 5 мм рт. ст., а во второй — также на 5 мм рт. ст.

Показано, что при высоких резервах организма изменение ЧСС является ведущим механизмом в обеспечении адекватного уровня функционирования системы кровообращения, в меньшей мере изменяется АД [13].

В первой группе ЧСС увеличилась на 12 уд. мин, а во второй только на 9 уд. мин. Важно отметить, что недостаточное увеличение периферического сопротивления в ответ на ортостатический стресс в 1-й группе не приводит к венозному депонированию в нижних конечностях, что свидетельствует об отсутствии снижения венозного возврата к сердцу (МОК), и, по-видимому, компенсируется за счёт возрастания ЧСС (на 28,5%) и не столь зна-

чительным снижением УОК (на 4,2%). Во второй группе изначально ОПСС было высоким и оно осталось высоким и при переходе в ортостаз. УО в этой группе снизился всего на 2, 4%, а ЧСС возросла на 14,4%.

На первой минуте ортоперехода САД первой группе падает на 7 мм рт. ст., а во второй — на 4 мм рт. ст. ДАД не значимо увеличивается в группах. ЧСС также снижается не значимо в обеих группах (таблица 2). Ударный объем продолжает снижаться практически одинаково как в первой так и во второй группе. Соответственно уменьшается и МОК в обеих группах (таблица 3). УПСС значительно больше во второй группе. Следует отметить, что активации автономного отдела АНС не происходит ни в той и ни в другой группе по сравнению с ортопереходом (ВИК не изменяется). Отсутствие нарастания/снижения ЧСС в первую минуту при переходе в вертикальное положение при выполнении ортостатической пробы может служить маркером гипосимпатикотонического типа реакции на ортостатическое воздействие, отражающей нарушение в компенсаторной реакции симпатoadренальной системы на переход тела из горизонтального положения в вертикальное [14].

Таблица 2 — Показатели гемодинамики у девушек старших курсов в зависимости от фактического и должного значения ударного объема крови в ортопереходе ($M \pm m$)

Показатель	УО > ДУО n = 31	УО < ДУО n = 16	p*
АДС, мм рт. ст.	$129,0 \pm 2,4$	$130 \pm 3,83$	0,81
АДД, мм рт. ст.	$80,8 \pm 1,36$	$83,7 \pm 2,6$	0,48
ЧСС, уд/мин	$89,6 \pm 2,1$	$72,7 \pm 3,15$	0,004
УО, мл	$65,0 \pm 1,14$	$61,2 \pm 1,91$	0,18
МОК, мл/мин	$5787,55 \pm 133,53$	$4392,0 \pm 142,08$	0,001
УПСС, $\text{динкс}^{-1}\text{хсм}^5$	$23,4 \pm 0,87$	$35,5 \pm 2,40$	0,002
ВИК, у. е.	$8,56 \pm 2,33$	$-17,0 \pm 4,49$	0,021

Примечание: 1 — первая группа, 2 — вторая группа, n — количество испытуемых, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; ДП — двойное произведение; ВИК — вегетативный индекс Кердо.

Таблица 3 — Показатели гемодинамики у девушек старших курсов в зависимости от фактического и должного значения ударного объема крови на первой минуте ортостаза ($M \pm m$)

Показатель	УО > ДУО n = 31	УО < ДУО n = 16	p*
АДС, мм рт. ст.	$122,0 \pm 2,01$	$126,1 \pm 3,081$	0,41
АДД, мм рт. ст.	$80,0 \pm 1,4$	$83,9 \pm 2,2$	0,17
ЧСС, уд/мин	$87,6 \pm 1,0$	$71,6 \pm 2,04$	0,002
УО, мл	$63,0 \pm 1,03$	$58,6 \pm 1,88$	0,060
МОК, мл/мин	$5461,37 \pm 107,12$	$4167 \pm 123,5$	0,001
УПСС, $\text{динкс}^{-1}\text{хсм}^5$	$24,1 \pm 1,0$	$37,01 \pm 2,56$	0,001
ВИК, у. е.	$7,43 \pm 2,53$	$-18,0 \pm 4,12$	0,002

Примечание: 1 — первая группа, 2 — вторая группа, n — количество испытуемых, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; ДП — двойное произведение; ВИК — вегетативный индекс Кердо.

На третьей минуте ортостаза происходит умеренное увеличение ДАД в той и другой группе, без заметного изменения САД. Характерно увеличение ЧСС, более существенное во второй группе (таблица 4.) Ударный объем продолжает снижаться в той и другой группе. Характерно существенное увеличение МОК во второй группе, по-видимому, обусловленное заметным снижением УПСС за счет активации симпатического отдела АНС (таблица 4). При этом МОК в этой группе заметно увеличивается в сравнении с первой минутой (4167+-123,5 против 4417+-147,3 на третьей минуте).

Таблица 4 — Показатели гемодинамики у девушек старших курсов в зависимости от фактического и должного значения ударного объема крови на третьей минуте ортостаза ($M \pm m$)

Показатель	УО > ДУО n = 31)	УО < ДУО n = 16)	p*
АДС, мм рт. ст.	123,0 ± 2,0	126,0 ± 3,13	0,63
АДД, мм рт. ст.	81,13 ± 1,38	85,6 ± 2,26	0,10
ЧСС, уд/мин	90,0 ± 1,43	78,6 ± 2,68	0,001
УО, мл	61,6 ± 1,51	56,6 ± 1,46	0,07
МОК, мл/мин	5521,25 ± 140,21	4417,6 ± 147,3	0,001
УПСС, $\text{динкс}^{-1}\text{хсм}^{-5}$	24,3 ± 1,1	35,0 ± 1,99	0,001
ВИК, у. е.	9,0 ± 2,32	-9,9 ± 2,96	0,015

Примечание: 1 — первая группа, 2 — вторая группа, n — количество испытуемых, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; е; ВИК — вегетативный индекс Кердо.

На пятой минуте ортостаза группы значимо различались по ДАД (таблица 5). Интересно также отметить, что ЧСС в группе с низким УО практически не изменяется по сравнению с третьей минутой ортостаза. Причем, в первой группе УПСС снижается, а во второй группе, наоборот, умеренно увеличивается по сравнению с третьей минутой. Происходит также некоторое увеличение УО в первой и в тоже время снижение его во второй, причем более выраженное (таблица 5). При этом МОК продолжает снижаться во второй группе, без заметного изменения в первой группе.

Таблица 5 — Показатели гемодинамики у девушек старших курсов в зависимости от фактического и должного значения ударного объема крови на пятой минуте ортоперехода ($M \pm m$)

Показатель	УО > ДУО n = 31)	УО < ДУО n = 16)	p*
АДС, мм рт. ст.	121,0 ± 1,51	125,0 ± 3,89	0,61
АДД, мм рт. ст.	79,9 ± 1,34	87,5 ± 2,76	0,034
ЧСС, уд/мин	89,5 ± 1,5	78,4 ± 2,01	0,001
УО, мл	62,0 ± 1,1	54,4 ± 1,49	0,009
МОК, мл/мин	5539,5 ± 118,0	4239,3 ± 121,6	0,001
УПСС, $\text{динкс}^{-1}\text{хсм}^{-5}$	23,7 ± 1,01	36,8 ± 2,15	0,001
ВИК, у. е.	10,0 ± 2,21	-12,0 ± 3,43	0,004

Примечание: 1 — первая группа, 2 — вторая группа, n — количество испытуемых, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; ВИК — вегетативный индекс Кердо.

Далее были выявлены статистически значимые корреляции между анализируемыми параметрами гемодинамики при ортостазе в динамике. Характер корреляционных связей УО с показателями гемодинамики в исходном состоянии в группах представлен в таблице 6. Корреляционный анализ в группе с низким уровнем УО показал более сильную связь с МОК по сравнению с группой с высоким УО (таблица 6). Помимо этого, также обнаружены статистически значимая обратная взаимосвязь УО с УПСС только в группе где УО > ДУО.

Таблица 6 — Корреляционные плеяды показателей гемодинамики в группах в зависимости от фактического и должного значения ударного объема в исходном состоянии

Показатель	Значения УО			
	УО > ДУО (n = 31)		УО < ДУО (n = 16)	
	r	p	r	p
УО — АДД	-0,78	0,000	0,81	0,003
УО — ЧСС	-0,67	0,00004	-0,60	0,02
УО — ПД	0,56	0,001	0,51	0,004
УО — ДП	-0,6	0,0004	-0,5	0,05
УО — МОК	0,33	0,069	0,51	0,04
УО — УПСС	-0,44	0,012	-0,34	0,20

Примечание: n — количество испытуемых; r — коэффициент корреляции, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; ДП — двойное произведение.

Таблица 7 — Корреляционные плеяды показателей гемодинамики в группах в зависимости от фактического и должного значения ударного объема при ортопереходе

Показатель	Значения УО			
	УО > ДУО (n = 31)		УО < ДУО (n = 16)	
	r	p	r	p
УО — АДД	-0,6	0,0004	-0,6	0,02
УО — ЧСС	-0,4	0,024	-0,63	0,01
УО — МОК	0,24	0,02	-0,03	0,9
УО — УПСС	-0,21	0,26	-0,31	0,24

Примечание: n — количество испытуемых; r — коэффициент корреляции, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; СИ — сердечный индекс; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; ДП — двойное произведение.

Во время ортоперехода характер корреляционных связей начинает изменяться. Становится положительной связь УО-МОК, ослабляется связь УО — ОПСС в первой группе. Положительная корреляционная связь УО-АДД во второй группе в исходном состоянии меняется на отрицательную во время ортоперехода (таблица 8). Корреляционная связь УО-УПСС во второй группе становится не значимой. По-видимому поддержание МОК идет преимущественно только за счет ЧСС.

На первой минуте значимо усиливается связь УО-МОК во второй группе. Существенно возрастает роль АНС во второй группе. Появляется значимая связь

УО-ВИК во второй группе (таблица 8). Становится отрицательной и связь УО-УПСС во второй группе.

Таблица 8 — Корреляционные плеяды показателей гемодинамики в группах в зависимости от фактического и должного значения ударного объема на первой минуте ортоперехода

Показатель	Значения УО			
	УО > ДУО (n = 31)		УО < ДУО (n = 16)	
	r	p	r	p
УО — АДД	-0,6	0,005	-0,6	0,02
УО — ЧСС	-0,6	0,005	-0,6	0,02
УО — МОК	0,13	0,5	-0,55	0,03
УО — ВИК	-0,2	0,35	-0,5	0,054
УО — УПСС	-0,4	0,03	-0,5	0,054

Примечание: n — количество испытуемых; r — коэффициент корреляции, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; СИ — сердечный индекс; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; ДП — двойное произведение.

На третьей минуте ортостаза еще более усиливается связь между АДС-АДД во второй группе по сравнению с первой. Утрачиваются связи между УО-ЧСС в обеих группах. Более сильная корреляционная связь формируется между УО-МОК (таблица 9). Формируется положительная связь УО-ВИК в первой группе, а во второй она исчезает. Существенно усиливаются корреляционные связи УО-УПСС в обеих группах по сравнению с первой минутой (таблица 9).

Таблица 9 — Корреляционные плеяды показателей гемодинамики в группах в зависимости от фактического и должного значения ударного объема на третьей минуте ортоперехода

Показатель	Значения УО			
	УО > ДУО (n = 31)		УО < ДУО (n = 16)	
	r	p	r	p
АДС — АДД	0,6	0,004	0,85	0,002
АДС — ЧСС	-0,53	0,002	0,49	0,053
УО — АДД	-0,77	0,001	-0,06	0,002
УО — ЧСС	-0,03	0,88	-0,4	0,13
УО — ПД	0,52	0,003	0,20	0,44
УО — ДП	-0,2	0,34	-0,4	0,14
УО — МОК	0,81	0,001	0,52	0,04
УО — ВИК	0,4	0,02	0,29	0,26
УО — УПСС	-0,72	0,005	-0,65	0,006

Примечание: n — количество испытуемых; r — коэффициент корреляции, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; СИ — сердечный индекс; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; ДП — двойное произведение.

На пятой минуте ортостаза еще более усиливаются между АДС и АДД (таблица 10). Связь АДД — ЧСС утрачивается в обеих группах. Исчезает также связь УО-МОК во второй группе, но в первой она сохраняется, но меньшей силы. Связь УО-ВИК сохраняется только в первой группе. Связи УО-УПСС практически одинаковые в обеих группах, хотя и меньшей силы.

Таблица 10 — Корреляционные плеяды показателей гемодинамики в группах в зависимости от фактического и должного значения ударного объема на пятой минуте ортоперехода

Показатель	Значения УО			
	УО > ДУО (n = 31)		УО < ДУО (n = 16)	
	r	p	r	p
АДС — АДД	0,74	0,001	0,9	0,001
АДД — ЧСС	-0,06	0,89	0,31	0,23
УО — АДД	-0,59	0,004	-0,56	0,005
УО — ЧСС	-0,2	0,4	-0,41	0,11
УО — ПД	0,5	0,01	0,05	0,83
УО — ДП	-0,32	0,1	-0,58	0,019
УО — МОК	0,64	0,001	0,46	0,06
УО — ВИК	0,4	0,04	0,31	0,24
УО — УПСС	-0,53	0,021	-0,55	0,026

Примечание: n — количество испытуемых; r — коэффициент корреляции, p — различия между группами; АД — артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПД — пульсовое давление; УО — ударный объем крови; МОК — минутный объем крови; УПСС — удельное периферическое сопротивление сосудов; ДП — двойное произведение.

В настоящем пилотном исследовании, проведенном на выборке студенток медицинского университета, выявлены различные паттерны реакции кардиогемодинамики на активную ортостатическую пробу в зависимости от исходного соотношения фактического и должного ударного объема крови. Наши данные показывают, что у лиц с исходно высоким УО (> ДУО) поддержание минутного объема кровообращения при ортостазе преимущественно обеспечивается за счет хронотропной реакции (увеличения ЧСС) при неизменном или даже снижающемся удельном периферическом сопротивлении сосудов (УПСС), что согласуется с представлениями о достаточности симпатической регуляции. Напротив, в группе с низким исходным УО (< ДУО) наблюдается иной механизм: возрастание УПСС на фоне менее выраженного учащения пульса, что может свидетельствовать об относительной симпатической недостаточности или снижении чувствительности β-адренорецепторов миокарда, компенсируемой вазоконстрикцией. Ранее сходные закономерности были описаны P. Palatini et al. (2022, 2023) у лиц с гиперреактивностью АД на ортостаз, однако наша работа впервые демонстрирует эту дивергенцию у здоровых молодых лиц без артериальной гипертензии, используя в качестве предиктивного маркера именно должный УО [15, 16].

Изучение вегетативной регуляции сердечного ритма и гемодинамических сдвигов при ортостатических воздействиях является традиционным и высокоинформативным подходом в функциональной диагностике. Как отмечает В. М. Михайлов, анализ вариабельности ритма сердца позволяет оценить баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, что имеет решающее значение для понимания компенсаторных механизмов при переходе тела в вертикальное положение [15]. В работах Н. И. Шлык с соавторами показано, что у спортсменов характер вегетативного обеспечения ортостатической пробы тесно

связан с уровнем тренированности: у более подготовленных лиц отмечается экономизация хронотропной реакции и большая стабильность ударного объема, что согласуется с представлениями о роли функциональных резервов в поддержании минутного объема кровообращения [16]. Сходные закономерности прослеживаются и в исследовании А. Бахаревой с коллегами, где у лыжников-гонщиков с разным уровнем работоспособности выявлены различные паттерны гемодинамического ответа на ортостатическое воздействие, причем в группах с более высокими резервами преобладал хронотропный механизм адаптации, тогда как у менее тренированных лиц возрастала роль сосудистого компонента [17]. Эти данные хорошо коррелируют с результатами нашего исследования, в котором у студентов с исходно высоким ударным объемом крови ($> \text{ДУО}$) также доминировало увеличение частоты сердечных сокращений без значимого роста периферического сопротивления, в то время как в группе с низким УО ($< \text{ДУО}$) компенсация ортостатической нагрузки обеспечивалась преимущественно за счет вазоконстрикции, что может рассматриваться как менее экономичный тип реагирования и маркер сниженных функциональных резервов сердечно-сосудистой системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выборке студентов младших курсов мы исследовали особенности регуляции системной гемодинамики при выполнении активной ортостатической пробы в зависимости от исходного фактического и должного ударного объема крови, а также изучали их корреляционные связи. Наше исследование продемонстрировало, что вертикализация тела из положения лёжа вызвала значимое возрастание средних величин САД, ДАД, ЧСС на фоне снижения УОК в двух группах обследуемых, при этом значимые различия при дифференцировании выборки по ударному объему крови позволили установить принципиальные отличия в постуральных перестройках, которые проявлялись увеличением МОК у лиц 1-й группы ($\text{УО} > \text{ДУО}$), а во 2-й группе ($\text{УО} < \text{ДУО}$) значимым возрастанием ОПСС. Также необходимо отметить, что при $\text{УО} < \text{ДУО}$ (2-я группа) наблюдается более выраженная степень реактивности САД, ДАД на фоне меньшего возрастания ЧСС, чем 1-й группе, у которых более высокая степень увеличения ЧСС была направлена на более значимое увеличение МОК. Характер и динамика корреляционных связей между УО и другими показателями гемодинамики изменяются по ходу выполнения ортопробы, что является информативным маркером оценки состояния кардиогемодинамики и вегетативных перестроек при проведении активной ортостатической пробы.

Таким образом, предложенная стратификация молодых лиц по соотношению фактического и должного ударного объема крови в покое может служить простым и информативным скрининговым методом для выявления двух типов вегетативного обеспечения ортостатической нагрузки: с преобладанием хронотропного (при $\text{УО} > \text{ДУО}$) и вазомоторного (при $\text{УО} < \text{ДУО}$) компонентов. Лица с $\text{УО} < \text{ДУО}$ демонстрируют менее

экономичный тип реагирования с выраженным возрастанием сосудистого сопротивления, что может рассматриваться как маркер сниженных функциональных резервов сердечно-сосудистой системы даже при отсутствии явной патологии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Johansson M., Fedorowski A., Jordan J. [et al.] Orthostatic blood pressure adaptations, aortic stiffness, and central hemodynamics in the general population: insights from the Malmö Offspring Study (MOS). *Clin Auton Res.* 2023;33(1):29-40. doi: 10.1007/s10286-022-00911-z.
2. Сравнение изменений показателей системной и церебральной гемодинамики в двух вариантах активного ортостатического теста / Р.Ю. Жедяев, А.С. Боровик, О.Л. Виноградова, О.С. Тарасова // Физиология человека. 2025. Т. 51, № 3. С. 55-62. doi: 10.7868/s3034615025030063.
Svraveniye izmeneniy pokazateley sistemnoy i tserebral'noy gemodinamiki v dvukh variantakh aktivnogo ortostaticheskogo testa [Comparison of changes in systemic and cerebral hemodynamics in two variants of the active orthostatic test] / R.Yu. Zhedyayev, A.S. Borovik, O.L. Vinogradova, O.S. Tarasova. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2025;51(3):55-62. (In Russ.) doi: 10.7868/s3034615025030063.
3. Козырева М.Т., Дмитриев Д.А., Карпова И.А. Ортостатические реакции у здоровых лиц молодого возраста в зависимости от уровня тренированности // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2020. Т. 106, № 7. С. 856-867. doi: 10.31857/S086981392007006X.
Kozyreva M.T., Dmitriev D.A., Karpova I.A. Ortostaticheskiye reaksii u zdorovykh lits molodogo vozrasta v zavisimosti ot urovnya trenirovannosti [Orthostatic reactions in healthy young adults depending on the level of fitness]. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova* [Russian Journal of Physiology named after I.M. Sechenov]. 2020;106(7):856-867. (In Russ.) doi: 10.31857/S086981392007006X.
4. Jordan J., Biaggioni I., Kotsis V. [et al.] Consensus statement on the definition of orthostatic hypertension endorsed by the American Autonomic Society and the Japanese Society of Hypertension. *Hypertens Res.* 2023;46(2):291-294. doi: 10.1038/s41440-022-01074-0.
5. Okamura S., Sairaku A., Tokuyama T. [et al.] Peripheral arterial tone during active standing. *Pflugers Arch.* 2021;473(12):1939-1946. doi: 10.1007/s00424-021-02632-0.
6. Nunes R.A., Barroso L.P., Pereira Ada C. [et al.] Gender-related associations of genetic polymorphisms of α -adrenergic receptors, endothelial nitric oxide synthase and bradykinin B2 receptor with treadmill exercise test responses. *Open Heart.* 2014;1(1):e000161. doi: 10.1136/openhrt-2014-000161.
7. Гуминский А.А., Леонтьева Н.Н., Маринова К.В. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии. Москва: Просвещение; 1990. 239 с.
Guminskiy A.A., Leontyeva N.N., Marinova K.V. Rukovodstvo k laboratornym zanyatiyam po obshchey i vozrastnoy fiziologii [Guide to laboratory classes in general and age-related physiology]. Moscow: Prosveshcheniye; 1990. 239 p. (In Russ.)
8. Torres R.V., Elias M.F., Crichton G.E. [et al.] Systolic orthostatic hypotension is related to lowered cognitive function: findings from the Maine-Syracuse longitudinal study. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2017;19(12):1357-1365. doi: 10.1111/jch.13095.
9. Palatini P., Mos L., Saladini F., Rattazzi M. Blood pressure hyperreactivity to standing: a predictor of adverse outcome in young hypertensive patients. *Hypertension.* 2022;79(5):984-992. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.18579.
10. Palatini P., Mos L., Rattazzi M. [et al.] Exaggerated blood pressure

response to standing in young-to-middle-age subjects: prevalence and factors involved. *Clin Auton Res*. 2023;33(4):391-399. doi: 10.1007/s10286-023-00942-0.

11. Smith J.J., Porth C.M., Erickson M. Hemodynamic response to the upright posture. *J Clin Pharmacol*. 1994;34(5):375-386. doi: 10.1002/j.1552-4604.1994.tb04977.x.
12. Smit A.A., Halliwill J.R., Low P.A., Wieling W. Pathophysiological basis of orthostatic hypotension in autonomic failure. *J Physiol*. 1999;519(Pt 1):1-10. doi: 10.1111/j.1469-7793.1999.00010.x.
13. Воронов Н.А. Ортостатическое тестирование в оценке функциональной готовности юных волейболисток // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2009. № 8. С. 87–90.
Voronov N.A. Ortostaticheskoye testirovaniye v otsenke funktsional'noy gotovnosti yunikh voleybolistok [Orthostatic testing in assessing the functional readiness of young female volleyball players]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State Pedagogical University]. 2009;(8):87-90. (In Russ.)
14. Turusheva A.V., Frolova E.V. Heart rate, orthostatic test as markers of pathological aging. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension*. 2023;29(3):266-274. doi: 10.18705/1607-419X-2023-29-3-266-274.

15. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. Иваново; 2000. 200 с.
Mikhaylov V.M. Variabel'nost' ritma serdtsa. Opyt prakticheskogo primeneniya metoda [Heart rate variability. Experience of practical application of the method]. Ivanovo; 2000. 200 p. (In Russ.)
16. Шлык Н.И., Сапожникова Е.Н., Кириллова Т.Г. Вегетативная регуляция сердечного ритма у спортсменов при ортостатических пробах // Физиология человека. 2021. Т. 47, № 3. С. 45–53. doi: 10.31857/S0131164621030107.
Shlyk N.I., Sapozhnikova E.N., Kirillova T.G. Vegetativnaya regulyatsiya serdechnogo ritma u sportsmenov pri ortostaticheskikh probakh [Autonomic regulation of heart rate in athletes during orthostatic tests]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2021;47(3):45-53. (In Russ.) doi: 10.31857/S0131164621030107.
17. Бахарева А., Шибкова Д., Эрлих В. Гемодинамический ответ на ортостатическое воздействие на этапах подготовительного периода у лыжников-гонщиков с разным уровнем работоспособности // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № 1. С. 59-67. doi: 10.14529/hsm250108.
Bakhareva A., Shibkova D., Erlikh V. Gemodinamicheskiy otvet na ortostaticheskoye vozdeystviye na etapakh podgotovitel'nogo perioda u lyzhnikov-gonshchikov s raznym urovнем работоспособности [Hemodynamic response to orthostatic exposure at the stages of the preparatory period in cross-country skiers with different performance levels]. *Chelovek. Sport. Meditsina* [Human. Sport. Medicine]. 2025;25(1):59-67. (In Russ.) doi: 10.14529/hsm250108.

Сведения об авторах и дополнительная информация

Спицин Анатолий Павлович — заведующий кафедрой патологической физиологии ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, Киров, д. м. н., профессор, e-mail: spitsin1948@gmail.com.

Челышев Игорь Владимирович — старший преподаватель кафедры патологической физиологии ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, Киров, к. м. н.

Камакина Ирина Николаевна — старший преподаватель кафедры патологической физиологии ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, Киров.

Бяков Иван Сергеевич — старший преподаватель кафедры патологической физиологии ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, Киров.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Соответствие принципам этики.

Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом Кировского медицинского университета (заключение № 002/021 от 26.11.2021 г.). В соответствии с законом персональные данные были деперсонизированы.

Вклад авторов.

Концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста, написание статьи - Спицин А.П.; сбор и обработка данных, статистический анализ — Челышев И. В., Камакина И. Н.; сбор литературы - Бяков И. С.

Финансирование.

Авторы не получали финансовой поддержки для проведения исследования, написания и публикации статьи. Все участники до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом.

Authors and additional information

Anatoly Pavlovich Spitsin, Head of the Department of Pathological Physiology, Kirov State Medical University, Kirov, Doctor of Medical Sciences, Professor, email: spitsin1948@gmail.com.

Igor Vladimirovich Chelyshev, Senior Lecturer, Department of Pathological Physiology, Kirov State Medical University, Kirov, PhD.

Irina Nikolaevna Kamakina, Senior Lecturer, Department of Pathological Physiology, Kirov State Medical University, Kirov.

Ivan Sergeevich Byakov, Senior Lecturer, Department of Pathological Physiology, Kirov State Medical University, Kirov.

Conflict of Interest.

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Ethics Approval.

The study protocol was approved by the local ethics committee of Kirov Medical University (conclusion No. 002/021 dated November 26, 2021). In accordance with the law, personal data was anonymized.

Authors' contributions.

Study concept and design, writing and editing the text, writing the article — A. P. Spitsyn; data collection and processing, statistical analysis — I. V. Chelyshev, I. N. Kamakina; literature collection — I. S. Byakov.

Funding.

The authors received no financial support for conducting the study, writing, or publishing the article. All participants voluntarily signed an informed consent form prior to inclusion in the study, which was approved by the ethics committee as part of the study protocol.

Information on compliance with ethical requirements and the absence of the use of AI in the writing of this article.

The authors declare that ethical requirements have been met and

Сведения о соблюдении этических требований и отсутствии использования ИИ при написании статьи.

Авторы заявляют, что этические требования соблюдены, текст не сгенерирован нейросетью.

Статья поступила в редакцию 01.03.2026. Одобрена после рецензирования: рецензия 1 – 14.04.2026; рецензия 2 – 08.06.2026. Принята к публикации 15.06.2026.

the text was not generated by a neural network.

Received by the editors 01.03.2026. Approved after reviewing: Review 1 – 14.04.2026; Review 2 – 08.06.2026. Accepted for publication 15.06.2026.

Anatoly P. Spitsin[✉], Igor V. Chelyshev, Irina N. Kamakina, Ivan S. Byakov

Kirov State Medical University, Kirov, Russia

✉ spitsin1948@gmail.com

CARDIAC HEMODYNAMIC RESPONSES TO ACTIVE ORTHOSTASIS WITH DIFFERENCES IN STROKE VOLUME IN GIRLS AGED 17–20 YEARS

Abstract. The active orthostatic test enables the study of compensatory hemodynamic and autonomic changes, thereby allowing assessment of the circulatory system function.

Objective. To identify features of systemic hemodynamic regulation during the active orthostatic test in students depending on the baseline stroke volume, as well as the characteristics of correlation pleiades of indicators.

Material and Methods. The study included 83 female students aged 17–20 years, junior-year students of a medical university. Mean age was 18.5 ± 1.5 years. Blood pressure and heart rate were measured using an automatic tonometer both at rest and during the active orthostatic test, with subsequent calculation of hemodynamic indices. For in-depth analysis, two groups were formed from the sample: Group 1 — stroke volume (SV) greater than the predicted value (predicted SV) at rest ($n = 31$); Group 2 — SV less than the predicted SV ($n = 16$).

Results. Analysis of vasomotor, chronotropic, and inotropic hemodynamic responses, as well as their correlation relationships during the active orthostatic test, revealed different response patterns in the two groups. In Group 1, the contribution of cardiac output to maintaining the orthostatic response increased with unchanged vascular resistance. This was observed against a background of sympathetic autonomic shift. In Group 2, with sympathetic insufficiency (based on changes in the Kerdo vegetative index), an increase in vascular resistance was observed in response to orthostasis.

Conclusion. The conducted studies showed that young individuals with baseline stroke volume greater than the predicted value responded more favorably to active orthostasis, which may indicate a sufficiently high level of functional reserves of the cardiovascular system. The baseline stroke volume value is an informative marker for assessing cardiogemodynamics and autonomic rearrangements during the active orthostatic test.

Keywords: active orthostatic test, cardiogemodynamics, students, orthostasis, stroke volume, Kerdo vegetative index, functional reserves, cardiac output

17–20岁女性在主动直立位下心输出量差异的心血管血流动力学反应

摘要。主动直立位试验可以研究代偿性血流动力学和自主神经变化，从而评估循环系统功能。

目的。根据基线每搏输出量，揭示学生在主动直立位试验中系统性血流动力学调节的特征，以及指标相关性丛的特点。

材料与方法。研究对象为83名17–20岁的女学生，均为医科大学低年级学生。平均年龄 18.5 ± 1.5 岁。在静息状态 and 主动直立位试验期间，使用自动血压计测量血压和心率，并进一步计算血流动力学指标。为进行深入分析，从样本中分出两组：第1组——静息状态下每搏输出量 (SV) 大于预期值 (预期SV) ($N = 31$)；第2组——SV小于预期SV ($N = 16$)。

结果。对主动直立位试验期间血流动力学指标的血管运动、变时性和肌力反应综合体系及其相关性进行分析，揭示了两组受试者的不同反应模式。在第1组中，每分输出量对维持直立位反应的贡献增加，而血管阻力保持不变。这发生在交感自主神经偏移的背景下。在第2组中，伴随交感神经功能不全 (基于植物性指数变化)，观察到血管阻力在直立位反应中增加。

结论。研究表明，基线SV大于预期值的年轻人对主动直立位反应更有利，这可能表明心血管系统具有较高水平的功能储备。基线每搏输出量是评估主动直立位试验中心脏血流动力学和自主神经重构的信息性标志物。

关键词：主动直立位试验，心脏血流动力学，学生，直立位，每搏输出量，克尔多植物性指数，功能储备，每分输出量。