Дата публикации: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_12
УДК 612.13

Publication date: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_12
UDC 612.13

ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ АКТИВНОГО И ПАССИВНОГО ОРТОСТАЗА У ЖЕНЩИН

Д.А. Скорлупкин, Е.К. Голубева
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Иваново, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Исследование посвящено изучению периферической гемодинамики у женщин при активном и пассивном ортостазе с учетом тонуса вегетативных центров и фазы менструального цикла. Актуальность обусловлена важностью изучения адаптационных сдвигов в сосудистой системе в условиях постуральных изменений. ***Методы.*** Обследовано 50 студенток, разделенных на группы по типу вегетативного тонуса (нормотоники, ваготоники, симпатотоники). Методом реовазографии оценивалось кровенаполнение в сегменте «плечо-предплечье» в фолликулярную и лютеиновую фазы цикла. ***Результаты.*** Ортостаз снижает кровенаполнение сосудов верхних конечностей, причем активный ортостаз вызывает более выраженные изменения, чем пассивный. В фолликулярную фазу меньшая степень снижения кровенаполнения отмечается у ваготоников, а в лютеиновую – у симпатотоников. ***Заключение.*** Показана зависимость гемодинамических эффектов ортостаза от вегетативного статуса и фазовых колебаний гормонального фона во время менструального цикла.
Ключевые слова: ортостаз, реовазография, вегетативная нервная система, менструальный цикл.

HEMODYNAMIC EFFECTS OF ACTIVE AND PASSIVE ORTHOSTASIS IN WOMEN

D.A. Skorlupkin, E.K. Golubeva
Ivanovo State Medical University, Ivanovo, Russia

Annotation. ***Introduction.*** The study investigates peripheral hemodynamics in women during active and passive orthostasis, taking into account autonomic tone and menstrual cycle phase. The relevance of the research lies in the importance of understanding vascular adaptive shifts under postural changes. ***Methods.*** The study involved 50 female students divided into groups based on autonomic tone (normotonic, vagotonic, sympathotonic). Blood flow in the "shoulder-forearm" segment was assessed via rheovasography during the follicular and luteal phases of the menstrual cycle. ***Results.*** Orthostasis reduces vascular blood flow in the upper limbs, with active orthostasis inducing more pronounced changes than passive orthostasis. During the follicular phase, vagotonic individuals exhibited a lesser degree of blood flow reduction, whereas sympathotonic individuals showed similar resilience in the luteal phase. ***Conclusion.*** The study demonstrates that the hemodynamic effects of orthostasis depend on autonomic status and phase-specific hormonal fluctuations during the menstrual cycle.
Keywords: orthostasis, rheovasography, autonomic nervous system, menstrual cycle.

Введение. Ортостатические и антиортостатические положения тела с различным углом и длительностью наклона широко применяются при изучении функционального состояния системы кровообращения и автономных механизмов регуляции [1]. Адаптация к таким изменениям обеспечивается согласованной деятельностью нейроэндокринных механизмов контроля сердечной деятельности и просвета сосудов [2]. Диапазон приспособительных возможностей во многом зависит от степени сбалансированности симпатических и парасимпатических влияний. Показано, что реакции на физическую, когнитивную нагрузку и другие воздействия существенно различаются у лиц с разным уровнем тонической активности вегетативных центров [3, 4]. Кроме того, состояние регуляторных механизмов зависит от особенностей гормонального фона. В частности, у женщин гормоны гипоталамо-гипофизарно-яичниковой системы наряду с регулирующим влиянием на репродуктивную функцию оказывают множественное воздействие на центральную и периферическую нервную систему [5, 6]. Этим обусловлена актуальность исследований системы кровообращения при постуральных изменениях с учетом вегетативного и гормонального статуса женщин.

Цель исследования – охарактеризовать состояние периферической гемодинамики при активном и пассивном ортостазе у женщин в зависимости от тонуса вегетативных центров и фазы менструального цикла.

Методы и организация исследования. Выполнено обследование 50 студенток Ивановского государственного медицинского университета с соблюдением этических и правовых принципов проведения биологических и медицинских исследований (Хельсинкская декларация, Всеобщая декларация о биоэтике и правах человека, ФЗ № 323 «Об основах охраны здоровья граждан в РФ»). Средний возраст испытуемых – 19,2±0,16 лет. Обследование проведено в фолликулярную и лютеиновую фазы менструального цикла. Для оценки тонуса вегетативных центров определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС) в состоянии полного психоэмоционального и физического покоя, при температуре 20-22 °С. По результатам исследования ЧСС выделено три группы: нормотоники (ЧСС=60-80 уд/мин), ваготоники (ЧСС<60 уд/мин) и симпатотоники (ЧСС>80 уд/мин). Методом реовазографии (РВГ) исследована периферическая гемодинамика в правом и левом сегментах «плечо-предплечье». РВГ регистрировали 5 минут в положении лежа (контроль), при активном ортостазе и пассивном ортостазе с углом наклона 25° с использованием комплекса «Рео-спектр» («Нейрософт», Иваново, Россия). Анализировали динамику таких показателей РВГ, как реографический индекс (РИ, усл.ед.), максимальная скорость быстрого кровенаполнения ($V_{макс.}$, Ом/с), средняя скорость медленного кровенаполнения ($V_{ср.}$, Ом/с), время артериального притока (α, с), время венозного оттока ($T_{кат.}$, с).

Результаты обработаны методами непараметрической статистики с использованием программ Microsoft Excel и Statistica. Параметры РВГ представлены в формате Me [Q1; Q3], где Me – медиана, Q1 – первый квартиль, Q3 – третий квартиль. Нормальность распределения оценивали с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Статистическую значимость различий определяли с помощью критериев Манна-Уитни и Вилкоксона. Уровень статистической значимости различий составлял ≤0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. По результатам оценки ЧСС испытуемые были разделены на три группы (табл.).

Таблица

Распределение испытуемых по группам в зависимости от тонуса вегетативной нервной системы, количество человек

Фаза менструального цикла	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
Фолликулярная фаза	30	8	12
Лютеиновая фаза	38	3	9

Во вторую половину менструального цикла количество ваготоников значительно уменьшилось. Это можно объяснить тем, что перестройка гормонального фона во вторую половину цикла сопровождается увеличением активности симпатических центров [7, 8]. Ввиду недостаточного количества ваготоников в лютеиновую фазу менструального цикла данные, полученные в ходе обследования испытуемых этой группы, исключены из анализа.

В фолликулярную фазу менструального цикла активный ортостаз у всех испытуемых сопровождается уменьшением величины РИ. У нормотоников РИ снижается в левом, правом плечах и правом предплечье, а у ваготоников и симпатотоников – только в правом предплечье (рис. 1). Это свидетельствует об уменьшении кровенаполнения артерий в сегменте «плечо-предплечье». Также уменьшаются $V_{макс.}$ и $V_{ср.}$, что наблюдается при меньшей, чем в контроле, наполненности крупных, средних и мелких артерий. $V_{макс.}$ у нормотоников снижается в плече и предплечье слева и справа до 0,983 [0,769; 1,148] Ом/с, 0,732 [0,644; 1,043] Ом/с, 0,762 [0,561; 1,038] Ом/с, 0,979 [0,672; 1,198] Ом/с при значении в контроле 1,280 [0,878; 1,435] Ом/с, 1,105 [0,767; 1,308] Ом/с, 0,963 [0,620; 1,133] Ом/с и 1,330 [0,919; 1,558] Ом/с соответственно (p=0,018; p=0,004; p=0,049; p=0,008). $V_{ср.}$ у

нормотоников становится меньше в левом, правом плечах и правом предплечье. Контрольные значения $V_{ср.}$ в этих участках – 0,645 [0,477; 0,807] Ом/с, 0,585 [0,415; 0,751] Ом/с, 0,696 [0,529; 0,833] Ом/с, а при активном ортостазе – 0,533 [0,380; 0,692] Ом/с, 0,388 [0,319; 0,586] Ом/с и 0,488 [0,367; 0,687] Ом/с (p=0,029; p=0,013; p=0,006). У симпатотоников $V_{макс.}$ уменьшается в левом и правом плечах. Фоновые значения этого показателя – 1,455 [0,856; 1,768] Ом/с и 1,107 [0,797; 1,560] Ом/с, а при активном ортостазе – 0,920 [0,780; 1,178] Ом/с и 0,815 [0,571; 1,100] Ом/с (p=0,021; p=0,045).

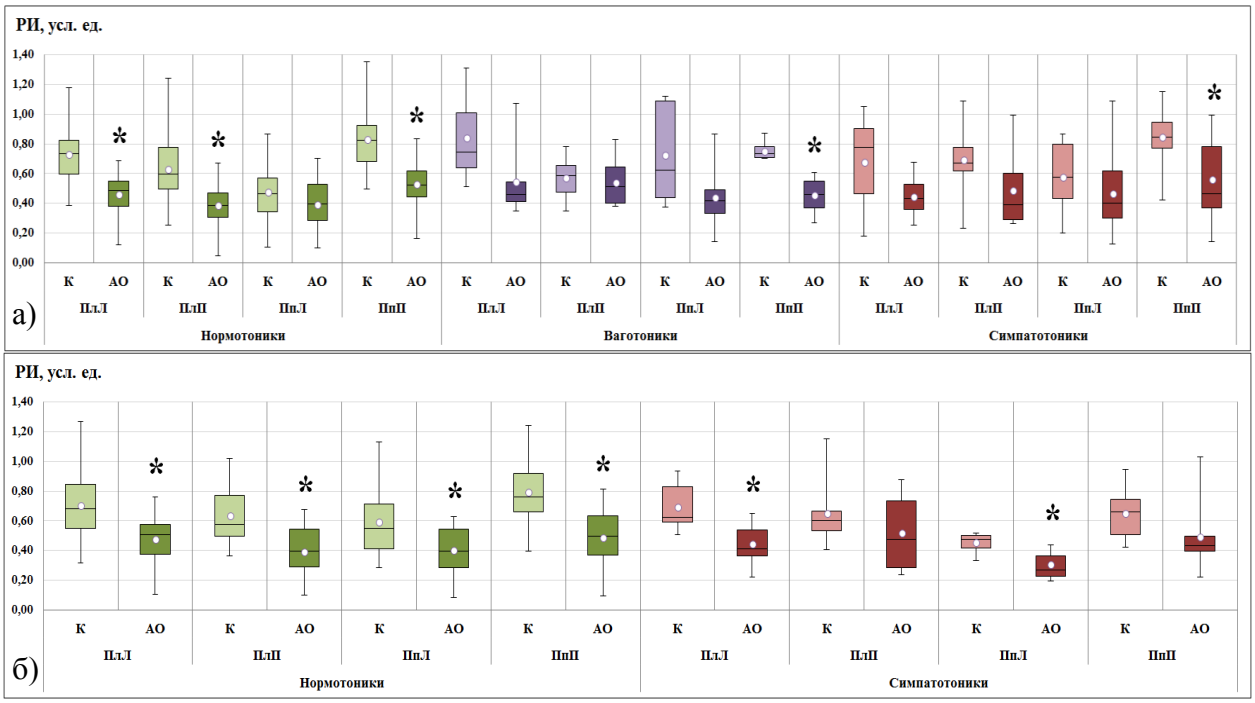


Рис. 1. РИ в сегменте «плечо-предплечье» при активном ортостазе: а) РИ при активном ортостазе в фолликулярную фазу; б) РИ при активном ортостазе в лютеиновую фазу

Примечание: * – значимость различий с контролем; РИ – реографический индекс; ПлЛ – левое плечо; ПлП – правое плечо; ПпЛ – левое предплечье; ПпП – правое предплечье; АО – активный ортостаз; К – контроль.

$V_{ср.}$ у симпатотоников снижается только в левом предплечье и в ортостатическом положении составляет 0,500 [0,325; 0,576] Ом/с, тогда как в положении лежа – 0,773 [0,489; 1,110] Ом/с (p=0,041). У женщин-ваготоников $V_{макс.}$ и $V_{ср.}$ при активном ортостазе не изменяются.

В лютеиновую фазу цикла при активном ортостазе РИ у нормотоников уменьшается во всех участках, а у симпатотоников – в левом плече и предплечье. Показатели $V_{макс.}$ и $V_{ср.}$ у нормотоников также снижаются во всех участках регистрации РВГ. $V_{макс.}$ в положении лежа в левом плече составляет 1,315 [0,973; 1,435] Ом/с, в правом плече – 1,195 [0,982; 1,585] Ом/с, в левом предплечье – 0,992 [0,861; 1,425] Ом/с и в правом предплечье – 1,360 [1,138; 1,605] Ом/с. В вертикальном положении наблюдается снижение $V_{макс.}$ в соответствующих областях до: 1,005 [0,783; 1,238] Ом/с (p=0,003); 0,817 [0,589; 1,293] Ом/с (p=0,001); 0,862 [0,578; 1,105] Ом/с (p<0,001) и 0,934 [0,643; 1,378] Ом/с (p<0,001). $V_{ср.}$ в положении лежа у нормотоников: в левом плече – 0,655 [0,577; 0,882] Ом/с, в правом плече – 0,628 [0,476; 0,771] Ом/с, в левом предплечье – 0,617 [0,473; 0,835] Ом/с и в правом предплечье – 0,703 [0,628; 0,861] Ом/с. Переход в ортостатическое положение вызывает снижение $V_{ср.}$ в левом плече до 0,545 [0,385; 0,663] Ом/с (p=0,001); в правом плече до 0,493 [0,354; 0,658] Ом/с (p=0,020); в левом предплечье до 0,452 [0,351; 0,532] Ом/с (p<0,001) и в правом предплечье до 0,528 [0,354; 0,731] Ом/с (p=0,001).

Анализ временных параметров РВГ показал, что у всех испытуемых при активном ортостазе в фолликулярную фазу происходит уменьшение времени α, отражающего продолжительность артериального притока (рис. 2).

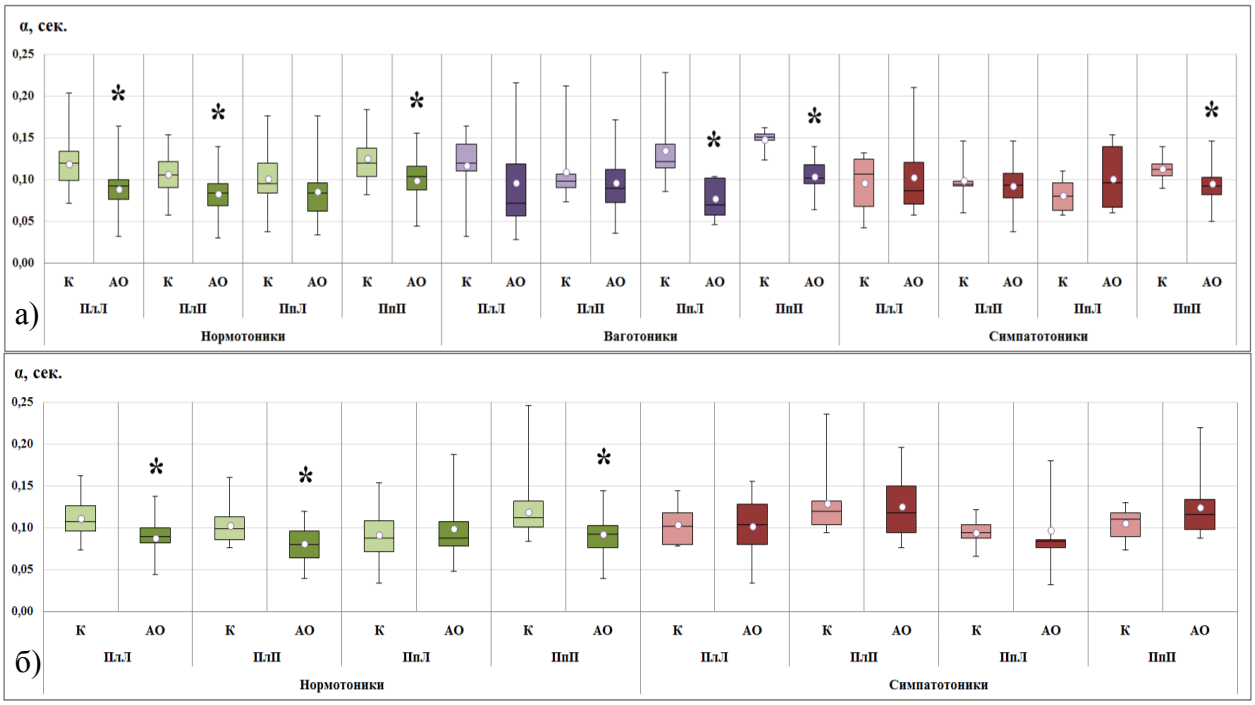


Рис. 2. Время α в сегменте «плечо-предплечье» при активном ортостазе: а) Время α при активном ортостазе в фолликулярную фазу; б) Время α при активном ортостазе в лютеиновую фазу

Примечание: * – значимость различий с контролем; α – время артериального притока; ПлЛ – левое плечо; ПлП – правое плечо; ПпЛ – левое предплечье; ПпП – правое предплечье; АО – активный ортостаз; К – контроль.

У нормотоников α снижается в левом, правом плечах и правом предплечье, у ваготоников – в левом и правом предплечьях, а у симпатотоников – только в правом предплечье. Это, вероятно, обусловлено повышением тонуса сосудистой стенки артерий, что сопровождается увеличением линейной скорости кровотока. В лютеиновую фазу цикла время артериального притока у студенток-нормотоников также меньше в левом, правом плечах и правом предплечье, тогда как у симпатотоников аналогичных изменений не выявлено. Длительность венозного оттока в вертикальном положении меньше, чем в контроле. В фолликулярную фазу у нормотоников уменьшается $T_{кат.}$ во всех участках. У ваготоников и симпатотоников аналогичные изменения отсутствуют (рис. 3). В лютеиновую фазу $T_{кат.}$ у нормотоников уменьшается в обеих конечностях, а у симпатотоников – только в левом плече и предплечье.

Пассивный ортостаз в фолликулярную фазу сопровождается снижением РИ: у нормотоников – в левом плече и правом предплечье, у симпатотоников в правом плече и предплечье. У женщин-ваготоников РИ не изменяется (рис. 4). В лютеиновую фазу цикла у нормотоников наблюдается снижение РИ в левом и правом плечах, тогда как у симпатотоников РИ не изменяется. Это свидетельствует об уменьшении артериального кровенаполнения сегмента «плечо-предплечье».

Однако гемодинамические эффекты, наблюдаемые при пассивном ортостазе, проявляются в меньшей степени, чем при активном переходе в вертикальное положение.

При пассивном ортостазе у нормотоников в фолликулярную фазу цикла отмечается уменьшение $V_{макс.}$ и $V_{ср.}$ в левом плече, левом и правом предплечьях. $V_{макс.}$ в этих участках в контроле составляет 1,310 [0,985; 1,588] Ом/с, 0,937 [0,686; 1,358]

Ом/с, 1,215 [0,924; 1,655] Ом/с. В ортостатическом положении – 1,080 [0,799; 1,303] Ом/с (p=0,001), 0,821 [0,604; 1,050] Ом/с (p=0,020) и 1,090 [0,798; 1,378] Ом/с (p=0,040). Эти изменения свидетельствуют об уменьшении интенсивности артериального притока по крупным сосудам. $V_{ср.}$ в левом плече в контроле составляет 0,690 [0,507; 0,869] Ом/с., в левом предплечье – 0,557 [0,383; 0,801] Ом/с, а в правом предплечье – 0,682 [0,547; 0,808] Ом/с. При пассивном ортостазе наблюдается снижение $V_{ср.}$ до 0,532 [0,381; 0,704] Ом/с (p=0,002) в левом плече, до 0,448 [0,334; 0,642] Ом/с (p=0,009) в левом предплечье и до 0,593 [0,438; 0,768] Ом/с (p=0,040) в правом предплечье. Эти эффекты, вероятно, обусловлены снижением кровенаполнения средних и мелких артерий. У ваготоников и симпатотоников $V_{макс.}$ и $V_{ср.}$ не изменяются. В лютеиновую фазу $V_{макс.}$ у нормотоников уменьшается в левом плече до 1,155 [0,813; 1,395] Ом/с, тогда как в контроле этот показатель равен 1,340 [0,979; 1,710] Ом/с (p=0,006). Также у нормотоников снижается $V_{ср.}$ до 0,588 [0,426; 0,708] Ом/с в левом плече и до 0,585 [0,438; 0,674] Ом/с в правом плече. При этом в контроле величина этого показателя в соответствующих участках – 0,756 [0,506; 0,903] Ом/с (p=0,001) и 0,648 [0,490; 0,857] Ом/с (p=0,044). У симпатотоников $V_{макс.}$ и $V_{ср.}$ уменьшаются только в правом плече. В контроле значения $V_{макс.}$ и $V_{ср.}$ составляют 1,195 [1,055; 1,645] Ом/с и 0,651 [0,542; 0,728] Ом/с, а при пассивном ортостазе – 0,988 [0,751; 1,190] Ом/с (p=0,017) и 0,416 [0,367; 0,643] Ом/с (p=0,028).

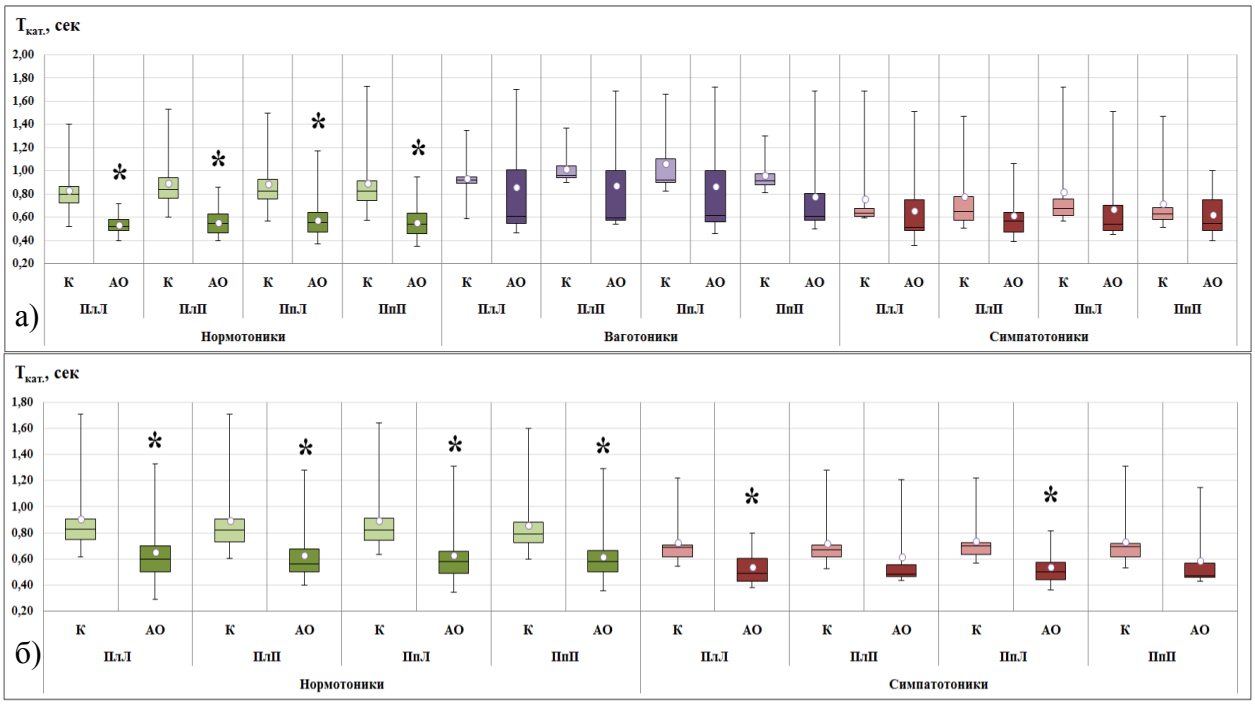


Рис. 3. $T_{кат.}$ в сегменте «плечо-предплечье» при активном ортостазе: а) $T_{кат.}$ при активном ортостазе в фолликулярную фазу; б) $T_{кат.}$ при активном ортостазе в лютеиновую фазу
Примечание: * – значимость различий с контролем; $T_{кат.}$ – время венозного оттока; ПлЛ – левое плечо; ПлП – правое плечо; ПпЛ – левое предплечье; ПпП – правое предплечье; АО – активный ортостаз; К – контроль.

Оценка временных параметров РВГ при пассивном ортостазе в фолликулярную фазу позволила выявить уменьшение времени α в правом плече у симпатотоников и нормотоников при отсутствии изменений у ваготоников (рис. 5). В лютеиновую фазу цикла подъем верхней части тела на 25° не приводит к тонус-ассоциированным изменениям времени α. Анализ отклонения $T_{кат.}$ показал укорочение продолжительности венозного оттока во всех участках регистрации РВГ во время фолликулярной фазы цикла у нормотоников. Это свидетельствует об увеличении скорости венозного оттока. В лютеиновую фазу $T_{кат.}$ при пассивном ортостазе не изменяется (рис. 6).

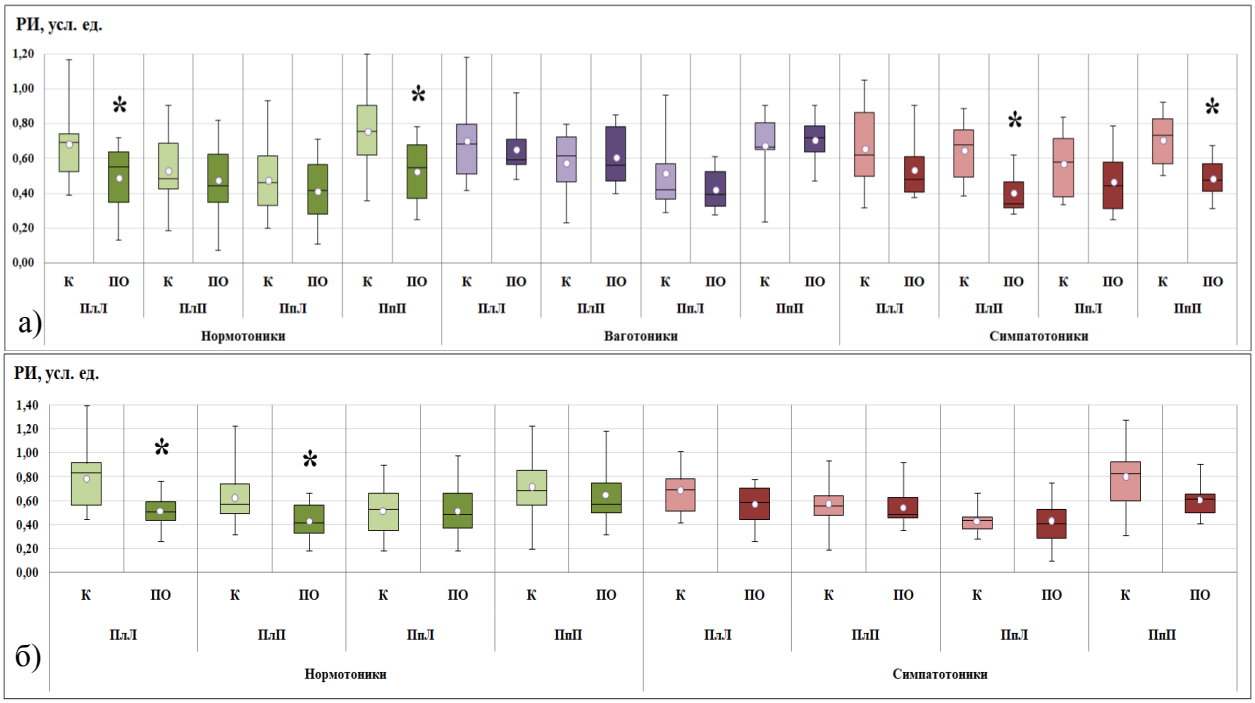


Рис. 4. РИ в сегменте «плечо-предплечье» при пассивном ортостазе: а) РИ при пассивном ортостазе в фолликулярную фазу; б) РИ при пассивном ортостазе в лютеиновую фазу

Примечание: * – значимость различий с контролем; РИ – реографический индекс; ПлЛ – левое плечо; ПлП – правое плечо; ППЛ – левое предплечье; ППП – правое предплечье; ПО – пассивный ортостаз; К – контроль.

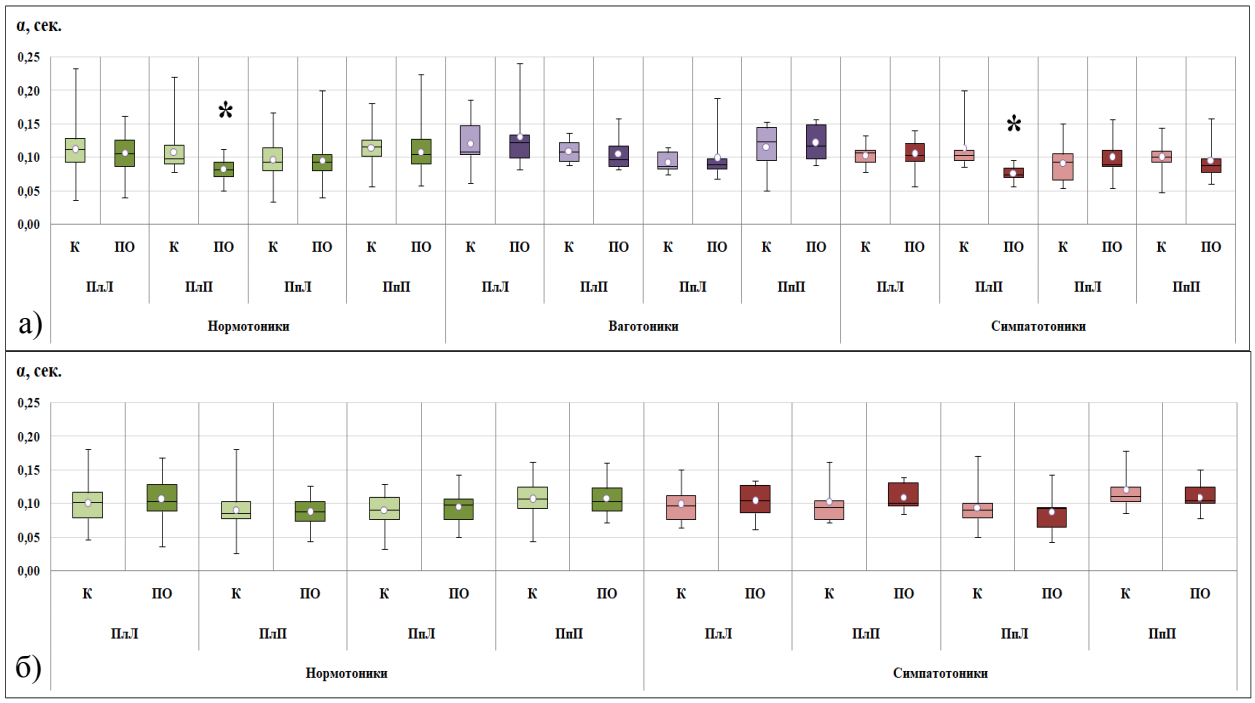


Рис. 5. Время α в сегменте «плечо-предплечье» при пассивном ортостазе: а) Время α при пассивном ортостазе в фолликулярную фазу; б) Время α при пассивном ортостазе в лютеиновую фазу

Примечание: * – значимость различий с контролем; α – время артериального притока; ПлЛ – левое плечо; ПлП – правое плечо; ППЛ – левое предплечье; ППП – правое предплечье; ПО – пассивный ортостаз; К – контроль.

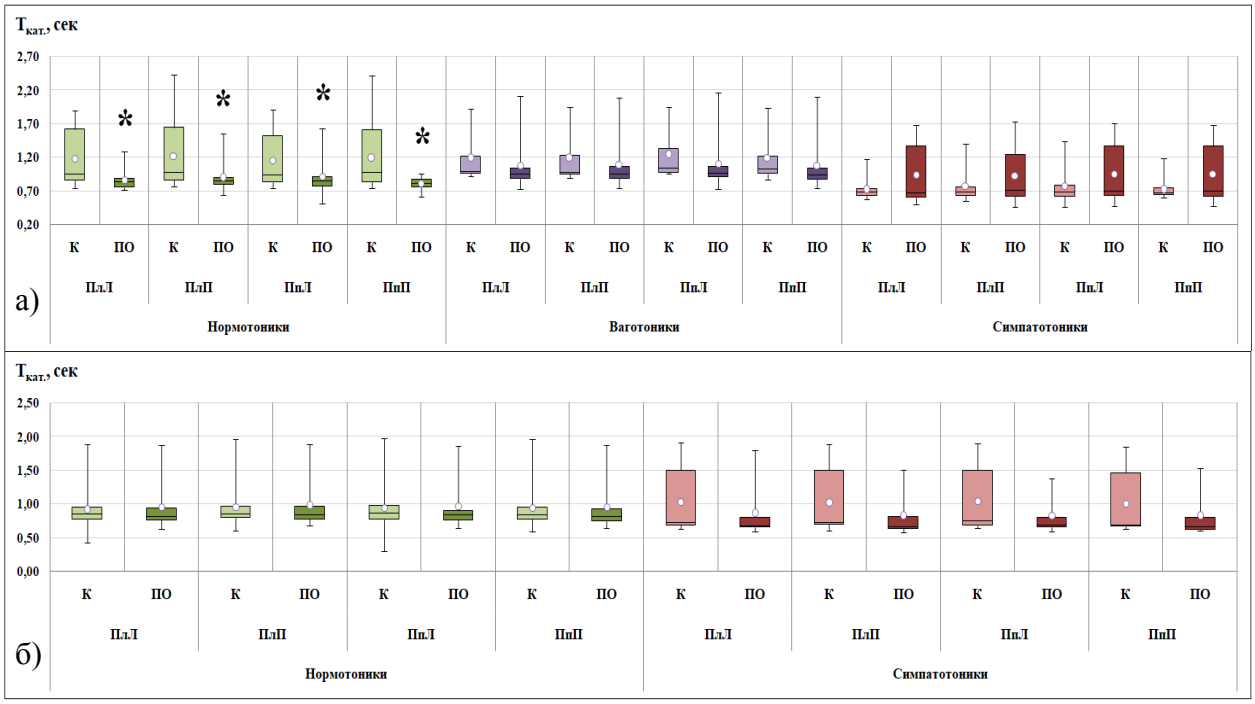


Рис. 6. $T_{кат.}$ в сегменте «плечо-предплечье» при пассивном ортостазе: а) $T_{кат.}$ при пассивном ортостазе в фолликулярную фазу; б) $T_{кат.}$ при пассивном ортостазе в лютеиновую фазу
Примечание: * – значимость различий с контролем; $T_{кат.}$ – время венозного оттока; ПлЛ – левое плечо; ПлП – правое плечо; ПпЛ – левое предплечье; ПпП – правое предплечье; ПО – пассивный ортостаз; К – контроль.

Заключение. Ортостаз приводит к уменьшению объемного кровенаполнения артерий и вен в сегменте «плечо-предплечье» у женщин независимо от фазы менструального цикла. Степень изменения параметров периферической гемодинамики при пассивном ортостазе меньше, чем при активном. В фолликулярную фазу цикла уменьшение кровенаполнения менее выражено у ваготоников, чем у симпатотоников и нормотоников, тогда как в лютеиновую фазу аналогичные изменения в меньшей степени проявляются у симпатотоников, чем у нормотоников.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Resmi, V.L. Baroreflex control model for cardiovascular system subjected to postural changes under normal and orthostatic conditions / V.L. Resmi, R.G. Sriya, N. Selvaganesan // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering. – 2023. – No. 26(9). – P. 1034-1043.
2. Bortolotto, L.A. Postural changes and their influence on functional behavior of the great arteries / L.A. Bortolotto // Arquivos brasileiros de cardiologia. – 2019. – No. 113(6). – P. 1082-1083.
3. Демин, Д.Б. Характер реагирования кардиоваскулярной системы на биоуправление у подростков с различным вегетативным тонусом, проживающих в северных и южном регионах / Д.Б. Демин // Экология человека. – 2023. – Т. 30. – № 5. – С. 375-384.
4. Вагин, Ю.Е. Вегетативный индекс Кердо: роль исходных параметров, области и ограничения применения / Ю.Е. Вагин, С.М. Деунежева, А.А. Хлытина // Физиология человека. – 2021. – Т. 47. – № 1. – С. 31-42
5. Булгакова, С.В. Половые гормоны и когнитивные функции: современные данные / С.В. Булгакова, Н.П. Романчук // Бюллетень науки и практики. – 2020. – Т. 6. – № 3. – С. 69-95.
6. Цай, Ч. Определение показателей кардиоинтервалометрии спортсменок, специализирующихся в тайском боксе, в разные фазы овариально-менструального цикла / Ч. Цай, Е.В. Черкашина, И.А. Черкашин // Ученые записки П.Ф. Лесгафта. – 2023. – № 6(220). – С. 443-452.
7. Люзина, К.М. Биоритмологические особенности вариабельности сердечного ритма у

девушек / К.М. Люзина, М.В. Шинкевич // Журнал Белорусского государственного университета. Серия «Биология». – 2020. – № 2. – С. 26-36.
8. Зайцева, О.А. Реабилитация пациенток после хирургического лечения синдрома поликистозных яичников / О.А. Зайцева, А.Г. Солопова // Реабилитология. – 2024. – № 2(1). – С. 133-148.

REFERENCES

1. Resmi V.L., Sriya R.G., Selvaganesan N. Baroreflex control model for cardiovascular system subjected to postural changes under normal and orthostatic conditions. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 2023, no. 26(9), pp. 1034-1043.
2. Bortolotto L.A. Postural changes and their influence on functional behavior of the great arteries. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 2019, no. 113(6), pp. 1082-1083.
3. Demin D.B. Response of the cardiovascular system to heart rate variability biofeedback intervention in adolescents with different autonomic nervous tone living in northern and southern regions. *Human Ecology*, 2023, no. 5(30), pp. 375-384. (in Russ.)
4. Vagin Yu.E., Deunezheva S.M., Khlytina A.A. Kerdo Vegetative Index: Role of Initial Parameters, Areas and Limitations of Application. *Human Physiology*, 2021, no. 1(47), pp. 31-42. (in Russ.)
5. Bulgakova S.V., Romanchuk, N.P. Sex Hormones and Cognitive Functions: Current Data. *Bulletin of Science and Practice*, 2020, no. 6(3), pp. 69-95. (in Russ.)
6. Cai Ch., Cherkashina E.V., Cherkashin I.A. Determination of cardiointervalometry of athletes specializing in Thai boxing in different phases of the ovarian-menstrual cycle. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2023, no. 6(220), pp. 443-452. (in Russ.)
7. Liuzina K.M., Shinkevich M.V. Heart rate variability in healthy volunteers. *Experimental Biology and Biotechnology*, 2020, no. 2, pp. 26-36. (in Russ.)
8. Zaitseva O.A., Solopova A.G. Rehabilitation of patients after surgical treatment for polycystic ovary syndrome. *Rehabilitology*, 2024, no. 2(1), pp. 133-148. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дмитрий Андреевич Скорлупкин – ассистент кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Минздрава России, Иваново, e-mail: sk_dmit96@mail.ru.
Елена Константиновна Голубева – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры нормальной физиологии, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Минздрава России, Иваново, e-mail: elkgol@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Dmitrij A. Skorlupkin – Assistant of the Department of Normal Physiology, Ivanovo State Medical University, Ivanovo, e-mail: sk_dmit96@mail.ru.
Elena K. Golubeva – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Normal Physiology, Ivanovo State Medical University, Ivanovo, e-mail: elkgol@yandex.ru.

Для цитирования: Скорлупкин, Д.А. Гемодинамические эффекты активного и пассивного ортостаза у женщин / Д.А. Скорлупкин, Е.К. Голубева // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_12

For citation: Skorlupkin D.A., Golubeva E.K. Hemodynamic effects of active and passive orthostasis in women. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_12