

ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

ИЗМЕНЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СОСУДИСТЫХ БАСЕЙНАХ У ЗДОРОВЫХ ДОБРОВОЛЬЦЕВ ПРИ ПАССИВНОЙ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЕ 60°

УДК 616.11+616.127

Дороговцев В.Н.¹, Гречко А.В.¹, Милягин В.А.², Пунин Д.А.², Степанюк Т.А.¹

¹Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии

²Смоленский государственный медицинский университет Минздрава России

CHANGES IN BLOOD PRESSURE IN DIFFERENT VASCULAR BEDS IN HEALTHY VOLUNTEERS DURING A PASSIVE ORTHOSTATIC TEST 60°

Dorogovtsev V.N.¹, Grechko A.V.¹, Milyagin V.A.², Punin D.A.², Stepanuk T.A.¹

¹Federal Scientific and Clinical Center for Reanimatology and Rehabilitation

²Smolensk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Введение

Пассивные ортостатические пробы (ПОП) были разработаны и внедрены в клиническую практику для выявления и исследования случаев «необъяснимых» синкопальных состояний (1). Такие пробы позволяют имитировать в лабораторных условиях перераспределение крови при переходе человека из горизонтального положения в вертикальное. Оно выражается в депонировании около 700 мл крови в нижних отделах сосудистой системы (2), в уменьшении центрального объема крови, давления в предсердиях и желудочках сердца, в аорте (3). В результате появляются условия для снижения системного артериального давления (АД), что создает риск развития гипоперфузии головного мозга. Поддержание нормального распределения крови при изменениях положения тела осуществляется благодаря адаптивным процессам, активация которых происходит благодаря симпатическому барорефлексу (4,5,6). При недостаточно эффективной реакции механизмов компенсации развивается ортостатическая гипотензия (ОГТ), которая диагностируется при снижении систолического артериального давления (САД) на 20 и более мм. рт.ст.. В случае чрезмерной активации адаптивных систем развивается ортостатическая гипертензия (ОГРТ), которая проявляется повышением САД в ортостатическом положении на 20 и более мм. рт.ст. (7,8). Оба этих нарушения являются факторами риска артериальной гипертензии (АГ) и сердечно – сосудистых заболеваний (ССЗ) (9,10,11,12). В норме изменения АД

брахиальной артерии при таких пробах хорошо изучены и характеризуются незначительными изменениями САД и диастолического АД (ДАД) (13,14,15,16). В единичных исследованиях с прямым измерением кровяного давления показано, что у здоровых субъектов в вертикальном положении по сравнению с горизонтальным артериальное давление в ногах увеличивается на 60 мм. рт.ст. а венозное давление в 6 раз (17,18). Значительное повышение артериального и венозного давления связано с суммацией внутрисосудистого давления крови со значительным повышением гидростатического давления в нижних отделах сосудистой системы в вертикальном или наклонном положении. Артерии, с развитым гладкомышечным слоем реагируют на увеличение внутрисосудистого давления повышением сосудистого тонуса вследствие выраженного нейрогормонального сдвига, что вызывает повышение общего периферического сопротивления. Другим фактором риска является повышение жесткости артерий (19), которая повышается ортостазе (20). Фактором риска сердечно – сосудистых заболеваний (ССЗ) является лодыженно-плечевой индекс (ЛПИ), который определяется как отношение артериального давления на стопе (на задней большеберцовой артерии) и на плече (на плечевой артерии). Снижение этого показателя при горизонтальном положении испытуемого ниже 0,9 свидетельствует о повышенном риске ССЗ(21,22). Важным методическим аспектом измерения данного параметра является горизонтальное положение испытуемого.

Таблица 1. Характеристика испытуемых

Общее число испытуемых	Мужчин/ женщин	Возраст (лет)	Рост (см)	Вес (кг)	Индекс массы тела (кг/м ²)
40	17	25–32,5	164–195	70–95	22,3–28,7
	23	22–32	150–172	52–74,5	22,3–28,7

Существует большой дефицит информации об изменениях АД при ортостатических пробах в дистальных артериях ног. Актуальность изучения ортостатических изменений АД в различных сосудистых бассейнах состоит в возможности интегральной оценки адаптивных механизмов, обеспечивающих стабильность распределения крови при изменении положения тела в норме. У здоровых добровольцев такое исследование может выявить ортостатические изменения кровообращения, предшествующие появлению факторов риска ССЗ (ОГ и ОГТ).

Целью настоящей работы является изучение изменений АД плечевой и лодыжечной артерий и скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) у здоровых добровольцев во время пассивной ортостатической пробы (ПОП) под углом 60°.

Задачи исследования: 1. изучить ортостатические изменения СРПВ и АД в разных сосудистых бассейнах у здоровых молодых субъектов; 2. определить значимость гендерных различий здоровых субъектов для ортостатических изменений АД; 3. Изучить влияние роста испытуемых на ортостатические изменения АД и СРПВ во время ПОП 60°.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели были обследованы 40 молодых здоровых добровольцев из числа сотрудников ФНКЦ РР. Для измерения АД на руках и ногах применен прибор сфигмоманометр – сфигмограф VS 1500N, 4 манжеты накладывались слева и справа на плечи и в области лодыжек. Исследование проводилось в

утренние часы утром (с 8–11 часов), натощак, или через 2–3 часа после легкого завтрака, в затемненной лаборатории, при температуре 24°.

Испытуемый (ая) укладывался на наклонный стол в горизонтальное положение, после чего накладывались манжеты на плечи и дистальные отделы голеней и через 10 мин. проводилось первое измерение АД на двух брахиальных и двух лодыжечных артериях. После этого, испытуемый переводился в наклонное положение под углом 60° головой вверх и через 10 мин. осуществлялось второе измерение АД. Компьютерная программа аппарата позволяла проводить измерения 4 комплексов АД в каждой точке измерения с последующим усреднением, кроме того, осуществлялась регистрация этих комплексов на экране прибора и на самописце. Для статистической обработки данные брались на стороне с максимальными значениями АД на одной из брахиальных артерий. В нашем исследовании при обследовании здоровых добровольцев разница показателей АД слева и справа не превышала 3%. Кроме того, аппарат VS-1500N позволил проводить измерения СРПВ на участке между аортальным клапаном и лодыжечной артерией. Контрольные точки измерения времени распространения пульсовой волны (транзитное время) определялись автоматически от момента закрытия аортального клапана (с помощью фонокардиограммы) до начала быстрого подъема АД на дистальной артерии. Расстояние между точками также определялось компьютером с использованием алгоритма расчёта, основанного на измерении роста испытуемого. СРПВ рассчитывалась

Таблица 2. Лабораторные данные испытуемых

Показатель	Мужчины			Женщины		
	Пределы колебаний	М	SD	Пределы колебаний	М	SD
Гемоглобин (г/л)	119–179	150,3	15,03	120–146	131,5	8,5
Эритроциты (x10 ¹² /л)	4,01–5,70	4,91	0,42	3,89–5,10	4,44	0,30
Гематокрит (%)	36,1–50,0	43,8	3,7	38,8–49,9	38,6	2,24
Лейкоциты (x10 ⁹ /л)	4,8–8,3	6,8	1,13	4,3–10,2	5,77	1,43
Тромбоциты (x10 ⁹ /л)	138–329	225	47,4	172–303	240	39,4
СОЭ (мм/ч)	2–8	4,5	1,77	2–10	5,5	2,5
Общий белок (г/л)	60,6–76,4	69,5	3,8	61,1–81,0	71,7	4,7
Общий билирубин (мкмоль/л)	5,3–24,0	12,5	6,04	8,0–17,3	11,2	2,7
Мочевина (ммоль/л)	2,7–8,1	4,5	1,4	2,2–4,4	3,4	0,6
Креатинин (мкмоль/л)	63,5–111,3	85,4	11,1	42,6–90,7	70,5	9,9
Глюкоза (ммоль/л)	3,0–6,9	4,58	0,88	3,66–5,47	4,56	0,47
Общий холестерин (ммоль/л)	3,18–5,75	4,47	0,66	3,50–5,34	4,23	0,66
Триглицериды (ммоль/л)	0,56–1,97	1,05	0,43	0,43–1,74	0,79	0,3
ЛПВП (ммоль/л)	0,57–1,57	1,13	0,26	1,13–2,24	1,48	0,35
ЛПНП (ммоль/л)	1,57–4,16	3,02	0,64	2,19–3,36	2,63	0,41
АлАТ (Е/л)	12,3–48,9	25,3	11,2	6,4–19,2	11,9	3,9
АсАТ (Е/л)	11,9–35,8	23,1	5,95	13,2–24,1	18,6	2,5
С-реактивный белок (мг/л)	0,1–13	2,22	3,6	0,22–5,1	1,53	1,4

Таблица 3. Уровни артериального давления в плечевой, лодыжечной артериях и скорости пульсовой волны в горизонтальном положении обследуемых и при наклоне 60°

Уровни АД в мм рт.ст.	Горизонтальное положение	наклон 60°	Разница показателей при наклоне 60° минус горизонт мм. рт.ст.	P
	M±SD	M±SD		
САД рука	124,2±9,8	119,8±13,5	- 4,4	0,043
САД нога	144,8±13,5	208,6±20,5	63,8	<0,001
ДАД рука	76,4±5,9	76,8±7,2	0,4	0,47
ДАД нога	76,1±6,8	151,9±12,7	75,8	<0,001
ПАД рука	47,7±7,1	42,9±9,7	- 4,7	0,01
ПАД нога	68,7±9,7	56,6±14	- 12	<0,001
СРПВ м/с	6,2±0,4	8,2±0,8	2,0	<0,001

САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ПАД – пульсовое артериальное давление, СРПВ – скорость распространения пульсовой волны

P – достоверность различий показателей в наклонном и горизонтальном положениях, M – среднее значение, SD – стандартное отклонение.

как частное от деления расстояние между точками на транзитное время. Значения САД, ДАД, ПАД и СРПВ имели нормальное распределение, поэтому данные были представлены в виде средней M±стандартная девиация (SD), межгрупповые различия считались достоверными при P<0,05.

Общая характеристика испытуемых представлена в таблице 1.

Возраст мужчин был незначительно выше 25–32,5 против 22–32г у женщин, рост мужчин – 164–195см против 150–172 у женщин, при этом, индексы массы тела были в пределах нормы и не отличались в двух группах. Лабораторные данные добровольцев, включенных в данное исследование, представлены в таблице 2.

Анализ лабораторных данных не выявил отклонений от нормы клинических, биохимических показателей и индикаторов воспаления.

Результаты исследования

У здоровых добровольцев, включенных в настоящее

исследование, в горизонтальном положении на плечевой артерии регистрировались значения АД, соответствующие норме (см. таблицу 3). На лодыжечной артерии АД было выше брахиального, ЛПИ составил 1,16, ПАД на лодыжечной артерии был достоверно выше за счет более высоких значений САД при отсутствии достоверных различий ДАД. На участке сердце – задняя большеберцовая артерия СРПВ составила 6,2±0,4 м/сек. При наклоне на 60° давление на плечевой артерии умеренно снизилось на 3,5% (P=0,043), при незначительных изменениях плечевого ДАД. В наклонном положении происходило значительное повышение АД в дистальных артериях ног: увеличение САД составило 44% (208,6±20,5 в наклонном положении vs144,8±13,5мм.рт.ст. в горизонтальном (P<0,001), увеличение ДАД в наклонном положении по сравнению с горизонтальным составило 99,6% (P<0,001), при этом ПАД снизился и на плечевой и на лодыжечной артериях на 9,9% и 17,5% соответственно. В наклонном положении было выявлено увеличение СРПВ на 31,3% с 6,2±0,4 до 8,2±0,8 м/сек (P<0,001) и значительный рост

Таблица 4. Показатели АД в различных сосудистых бассейнах и СРПВ в зависимости от роста испытуемых в горизонтальном положении и при наклоне 60°

	Рост 164,9±7,8 (n=8) (M±SD)	Рост 182,3±7,8 (n=7) (M±SD)	Разница показателей	P
Гор. САД рука	122,3±11,3	126,9±5,7	4,6	0,164
Гор. ДАД рука	76,9±7,7	78,4±3,6	1,5	0,310
Гор. ПАД рука	45,4±7,6	48,4±7,3	3,1	0,222
Гор. САД нога	140,8±18,4	151,1±10,6	10,3	0,098
Гор. ДАД нога	73,4±7,6	80,1±6,8	6,7	0,045
Гор. ПАД нога	67,4±12,4	71,0±7,6	3,6	0,250
Гор. СРПВ	6,5±0,4	6,4±0,4	-0,1	0,357
60° САД рука	115,5±10,2	123,9±7,3	8,4	0,170
60° ДАД рука	74,9±9,9	81,4±4,5	6,5	0,057
60° ПАД рука	40,6±6,4	42,4±5,3	1,9	0,280
60° САД нога	203,0±20,7	213,0±18,3	10,0	0,045
60° ДАД нога	147,8±13,4	159,0±16,1	11,2	0,084
60° ПАД нога	55,3±9,5	54,0±9,9	-1,2	0,404
60° СРПВ	8,5±0,9	8,4±0,8	-0,1	0,379

Гор – горизонтальное положение, 60° – наклон 60°.

Таблица 5. Изменение показателей АД в различных сосудистых бассейнах и СРПВ в горизонтальном положении и при наклоне 60° в зависимости пола испытуемых.

	Мужчины (n=11)	Женщины (n=9)	Разница показателя (%)	P
Гор. САД рука	127,6±11,51	116,7±8,62	9,4	0,031
Гор. ДАД рука	78,2±8,59	72,9±5,58	7,3	0,125
Гор. ПАД рука	49,4±7,53	43,8±5,02	12,8	0,070
Гор. САД нога	151,5±18,23	135,0±7,73	12,2	0,018
Гор. ДАД нога	77,1±9,12	72±4,95	7,1	0,143
Гор. ПАД нога	74,4±11,27	63±8,35	18,1	0,022
Гор. СРПВ	6,2±0,41	5,9±0,37	0,35	0,200
60° САД рука	120,2±18,13	113,9±7,46	5,5	0,327
60° ДАД рука	78,3±10,58	73,4±5,34	6,6	0,217
60° ПАД рука	41,9±10,45	40,4±5,08	3,6	0,700
60° САД нога	215,8±20,32	191,7±10,64	12,6	0,004
60° ДАД нога	154,7±11,84	142,7±9,51	8,4	0,025
60° ПАД нога	61,1±11,96	49,0±7,05	24,7	0,015
60° СРПВ	8,0±0,89	7,7±0,86	4,5	0,394

ЛПИ с 1,16 до 1,74 за счет значительного увеличения САД на периферической артерии. Представленные данные отражают в усредненной форме изменения параметров АД, СРПВ и ЛПИ во всей выборке испытуемых.

В горизонтальном положении гидростатическое давление прямо пропорционально толщине грудной клетки и является минимальной для данного субъекта. В наклонном или вертикальном положении оно многократно увеличивается, что вызывает значительное повышение давления крови в дистальных отделах вен и артерий. Особенностью группы испытуемых являлся тот факт, что мужчины этой группы (N=23) были значительно выше женщин (N=17). Особенностью группы испытуемых являлся тот факт, что мужчины этой группы были значительно выше женщин: рост у мужчин составил 179,1±6,4см vs 163,5±6,5см у женщин (см. таблицу 1). Между ростом и величиной гидростатического давления существует прямая зависимость. В этой связи представляло интерес изучение степени влияния фактора роста на изменения параметров АД и СРПВ при наклоне на 60°. Для этой цели в каждая из двух групп были разделены на две подгруппы: на «высоких» и «низких». В группу «высоких» вошли испытуемые, чей рост превышал значение M + СКО (среднее квадратичное отклонение), группу низких составили испытуемые, чей рост был менее M – СКО. Данные высоких и низких испытуемых мужчин и женщин были усреднены и рассчитаны СКО, для «высоких» колебания роста составили 182,3±7,8 см, а для «низких» 164,9±7,8 см. Изменения показателей АД и СРПВ при ПОП 60° представлены в таблице 4.

Анализ данных, представленных в таблице 4, выявил определенную зависимость показателей АД от роста испытуемых изменения. В группе высоких испытуемых в горизонтальном положении отмечались более высокие значения САД и ДАД на ноге (P=0,098 и 0,045 соответственно). Достоверно более высокие значения этих параметров были отмечены и при наклоне (P=0,045 и 0,084). При наклоне у высоких испытуемых выявлены более высокие значения ДАД на руке (P = 0,057). Сравнительный анализ других параметров, включая и СРПВ, в горизонтальном и наклонном положениях не выявил достоверных различий в группах высоких и низких испытуемых.

В настоящем исследовании проведен анализ влияния гендерных различий на особенности изменений показате-

телей АД и СРПВ во время ПОП 60°. Для устранения значительных различий по росту в группах мужского и женского пола среди испытуемых были выделены 11 мужчин и 9 женщин, которые не отличались по росту (разница 3,4 см). Данные этих двух групп испытуемых представлены в таблице 5.

Как видно из таблицы 5 нами были выявлены определенные гендерные различия изменений АД и СРПВ при ПОП 60°. У мужчин в горизонтальном положении регистрировались величины САД и ПАД достоверно выше, чем у женщин (P=0,031 и 0,07 соответственно), САД и ПАД на ноге также были достоверно выше у мужчин (P= 0,018 и 0,022 соответственно). СРПВ в горизонтальном положении у мужчин была несколько выше 6,2±0,41м/сек, против 5,9±0,37м/сек у женщин (P=0,2). При наклоне на 60° регистрировались более высокие значения САД, ДАД и ПАД на руке у мужчин, но разница в двух группах была недостоверна. В то же время, эти показатели у мужчин были значительно выше, чем у женщин (P=0,004, 0,025, 0,015 соответственно), также сохранялась тенденция регистрации более высоких величин СРПВ 8,0±0,89м/сек у мужчин, по сравнению с женщинами 7,7±0,86м/сек (P=0,394).

Обсуждение результатов

Изучение ортостатических изменений АД имеет большое теоретическое и практическое значение. Изменения величины САД при переводе испытуемого из горизонтального в наклонное или вертикальное положение отражают в полной мере эффективность функционирования адаптивных систем, способствующих поддержанию нормального распределения крови при изменениях положения тела. Отсутствие значимых изменений этого показателя является показателем, критерием их эффективности, снижение САД на ≥20, или его увеличение на ≥20мм.рт.ст. свидетельствует о неадекватной реакции адаптивных процессов. Ортостатическая гипотензия и ортостатическая гипертензия являются факторами риска развития АГ и ССЗ.

Особенностью настоящего исследования является изучение ортостатических изменений АД в различных сосудистых бассейнах. Выявленные изменения САД и ДАД плечевой артерии полностью соответствовали опубликованным данным (13,14,15,16). В горизонтальном по-

ложении отношении САД в лодыжечной артерии к САД плечевой артерии в нашем исследовании составил 1,16 (индекс ЛПИ – лодыжечно – плечевой индекс, ABI), что соответствовало значениям нормы (21). Показано, что снижение этого индекса до уровня менее 0,9 коррелирует с повышенным риском ССЗ (22). При наклоне испытуемых на 60° в нижних отделах артериального русла, на уровне лодыжечной артерии, было выявлено значительное повышение САД и ДАД на 44 и 99,6% соответственно, что связано с одной стороны, с суммацией системного и гидростатического давления, с другой, активацией адаптивных систем: симпатической РААС, гипоталамо-гипофизарной (23, 24,25,26). В результате активации этих систем повышается общее периферическое сопротивление, что способствует стабилизации АД в верхней части гидростатического столба, где расположен головной мозг. Нами был проведен сравнительный анализ показателей САД и ДАД на уровне лодыжечной артерии при наклоне на 60° высоких и низких здоровых добровольцев, учитывая прямую связь между высотой гидростатического столба и величиной гидростатического давления. Было выявлено более значительное повышение САД и ДАД у высоких субъектов, по сравнению с низкими (см. таблицу 4), что подчеркивает необходимость учета роста испытуемых при анализе ортостатических изменений. Можно с уверенностью предполагать, что и периферическое венозное давление будет повышаться в большей степени при наклоне высоких испытуемых. Важно отметить, что несмотря на значительное повышение внутри-сосудистого давления в ногах у высоких испытуемых по сравнению с низкими СРПВ не отличалась в двух группах: у высоких в горизонтальном положении она составила $6,4 \pm 0,4$ м/сек, у низких $6,5 \pm 0,5$ м/сек, в наклонном положении СРПВ значительно увеличилась в обеих группах у высоких до $8,4 \pm 0,8$, а у низких до $8,5 \pm 0,9$ м/сек. ($P=0,379$), что позволяет сделать заключение об отсутствии значительного влияния фактора роста на жесткость артерий. В настоящем исследовании были выявлены более высокие средние значения показателей АД у высоких испытуемых, по сравнению с низкими. Наши результаты полностью соответствуют литературным данным, в которых выявлены более высокие показатели САД и ДАД на 5 и 4 мм.рт.ст. соответственно (27) и на 2 и 2 мм.рт.ст (28) у более высоких испытуемых по сравнению с низкими.

Особый интерес представляло выявление гендерных различий ортостатических изменений измеряемых параметров. Как видно из таблицы 1 испытуемые мужского пола были выше. Для нивелирования различий по росту мы устранили межгрупповые различия по росту (см. выше) путем выборки в обеих группах испытуемых, соответствующих одним критериям по росту. Результаты представлены в таблице 5. В нашем исследовании у мужчин выявлены достоверно более высокие величины САД и ПАД на плечевой артерии и на лодыжечной артерии в горизонтальном положении. СРПВ у мужчин была несколько выше: $6,2 \pm 0,41$ м/сек, против $5,9 \pm 0,37$ м/

сек у женщин ($P=0,2$). Гендерные различия по показателям САД, ДАД и ПАД на плечевой артерии при наклоне на 60° были недостоверными, но на лодыжечной артерии они были более выраженными ($P=0,004, 0,025, 0,015$). В наклонном положении сохранялась тенденция более высоких значений СРПВ у мужчин ($8,0 \pm 0,89$ м/сек), по сравнению с женщинами ($7,7 \pm 0,86$ м/сек. $P=0,394$). Анализ гендерных различий имеет большое значение в связи с тем, что у мужчин выше заболеваемость и смертность от ССЗ (29,30). В нашем исследовании мы обследовали молодых, здоровых добровольцев в возрасте 22–32 года, тем не менее, были выявлены определенные гендерные различия: достоверно более высоких значений САД и ПАД на плечевой артерии, а также более высокие значения СРПВ в состоянии, которое соответствует критериям нормы. Все эти показатели являются факторами риска ССЗ (31,32). Таким образом, изучение ортостатических изменений АД в разных сосудистых бассейнах у здоровых добровольцев позволяет выявить некоторые тенденции появления факторов риска в том возрасте, когда присутствуют все формальные критерии здоровья.

Выводы

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. В группе здоровых молодых испытуемых в горизонтальном положении выявлены достоверно более высокие значения САД и ПАД на периферическом участке сосудистой системы (задняя большеберцовая артерия) по сравнению с плечевой артерией;
2. при пассивном наклоне на 60° здоровых испытуемых наблюдаются незначительные изменения показателей АД плечевой артерии в отличие от артерии стопы, где происходит значительный подъём САД и ДАД и достоверное снижение ПАД, при этом ЛПИ увеличивается на 50%, а СРПВ на 31%;
3. влияние роста испытуемых на ортостатические изменения АД выражается в более высоких значениях ДАД в дистальной артерии в горизонтальном положении у «высоких» испытуемых. При наклоне на 60° в данной группе наблюдаются достоверно более высокие значения ДАД плечевой артерии и САД артерии стопы. Влияние фактора роста в горизонтальном положении и при наклоне на изменения СРПВ не выявлено.
4. Гендерный фактор изучен в условиях стандартизации по росту испытуемых женского и мужского пола. В горизонтальном положении у мужчин наблюдаются достоверно более высокие значения САД плечевой артерии, САД и ПАД артерии стопы. При наклоне на 60° гендерные различия АД на руках не выявляются, в отличие от АД на ногах, где у мужчин регистрируются достоверно более высокие значения САД, ДАД и ПАД. В горизонтальном положении и при наклоне показатели СРПВ были недостоверно выше у мужчин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Kenny R.A., Bayliss J., Ingram A., Sutton R. Head-up tilt: a useful test for investigating unexplained syncope. *Lancet*. 1986 Jun 14;1(8494):1352–5.
2. Rowell LB. *Human Cardiovascular Control*. Cambridge, MA:Oxford Univ. Press, 1993.
3. Gauer OH, Thron HL. Postural changes in the circulation. In: *Handbook of Physiology*. Circulation, sect. 2, vol. III. Bethesda, MD: American Physiological Society, 1965, p. 2409–2439.
4. Kamiya, A., Kawada, T., Shimizu, S., Iwase, S., Sugimachi, M., and Tadaaki Mano, T. Slow head-up tilt causes lower activation of muscle sympathetic nerve activity: loading speed-dependence of orthostatic sympathetic activation in humans. *Am.J.Physiol.HeartCirc.Physiol.* 2009 297, H53–H58.
5. Kamiya A, Kawada T, Sugimachi M. Systems physiology of the baroreflex during orthostatic stress: from animals to humans. *Front Physiol*. 2014 Jul 8;5:256.
6. Дороговцев В.Н., Гречко А.В. Значение ортостатических изменений кровообращения в развитии сосудистых нарушений. *Ж. Клин. Мед.* 2017; 95(11), 977–986.

7. Kario, K. Nat. Rev. Orthostatic hypertension—a new hemodynamic cardiovascular risk factor. *Nephrol.* 2013;9: 726–738.
8. Mosnaim AD, Abiola R, Wolf ME, Perlmutter LC. Etiology and risk factors for developing orthostatic hypotension. *Am J Ther.* 2010 Jan-Feb;17(1):86–91.
9. Jones CD, Loehr L, Franceschini N, Rosamond WD, Chang PP, Shahar E, Couper DJ, Rose KM. Orthostatic hypotension as a risk factor for incident heart failure: the atherosclerosis risk in communities study. *Hypertension.* 2012 May;59(5):913–8.
10. Thomas R.J. et al. Positional change in blood pressure and 8-year risk of hypertension: the CARDIA Study. *Mayo Clin. Proc.* 2003; Aug;78(8):951–958.
11. Kario K Orthostatic hypertension: a measure of blood pressure variation for predicting cardiovascular risk. *Circ J.* 2009 Jun;73(6):1002–7.
12. Rose KM1, Holme I, Light KC, Sharrett AR, Tyroler HA, Heiss G. Association between the blood pressure response to a change in posture and the 6-year incidence of hypertension: prospective findings from the ARIC study. *J Hum Hypertens.* 2002 Nov;16(11):771–7.
13. Dorogovtsev V. Gravitation in a Pathogeny of the Essential Hypertension. *Journal of Gravitational Physiology.* 2004, July; 11(2):P75–78.
14. Fu Q, Shook RP, Okazaki K, Hastings JL, Shibata S, Conner CL, Palmer MD, Levine BD. Vasomotor sympathetic neural control is maintained during sustained upright posture in humans. *J Physiol.* 2006 Dec 1;577(Pt 2):679–87.
15. Patel K, Rössler A, Lackner HK, Trozic I, Laing C, Lorr D, Green DA, Hinghofer-Szalkay H, Goswami N. Effect of postural changes on cardiovascular parameters across gender. *Medicine (Baltimore).* 2016 Jul;95(28):e4149.
16. Smith J, Porth C, Erickson M. Hemodynamic response to the upright posture. *J Clin Pharmacol.* 1994 May;34(5):375–86.
17. Hasegawa M, Rodbard S. Effect of posture on arterial pressures, timing of the arterial sounds and pulse wave velocities in the extremities. *Cardiology.* 1979;64(2):122–32.
18. Osner A. Jr., Colp R. Jr., Burche G.E. Normal blood pressure in the superficial venous system of man at rest in the supine position. *Circulation.* 1951 May;3(5):674–80.
19. Safar ME, Levy BI, Struijker-Boudier H. Current perspectives on arterial stiffness and pulse pressure in hypertension and cardiovascular diseases. *Circulation.* 2003;107:2864–2869.
20. Rotaru C, Liaudet L, Waeber B, Feihl F. Impact of body tilt on the central aortic pressure pulse. *Physiol Rep.* 2015 Apr;3(4). pii: e12360. doi: 10.14814/phy2.12360.
21. Murabito JM, Evans JC, Larson MG, Nieto K, Levy D, Wilson PW. The ankle-brachial index in the elderly and risk of stroke, coronary disease, and death: the Framingham Study. *Arch Intern Med.* 2003;163:1939–42. doi: 10.1001/archinte.163.16.1939.
22. Rac-Albu M, Iliuta L, Guberna SM, Sinescu C. The role of ankle-brachial index for predicting peripheral arterial disease. *Journal of Clinical Medicine* 2014; 9(3): 295–302.
23. Sundblad P, Spaak J, Kajiser L. Time courses of central hemodynamics during rapid changes in posture. *J Appl Physiol (1985).* 2014 May 1;116(9):1182–8.
24. Thrasher, T. N. Baroreceptor regulation of vasopressin and renin secretion: low-pressure versus high-pressure receptors. *Front. Neuroendocrinol.* 15: 157–196, 1994.
25. Jarvis S, Shibata S, Okada Y, Levine B, Fu Q. Neural-humoral responses during head-up tilt in healthy young white and black women. *Front Physiol.* 2014 Mar 4;5:86. doi: 10.3389/fphys.2014.00086. eCollection 2014.
26. Jardine D, Melton I, Crozier I, Bennett S, Donald R, Ikram H. Neurohormonal response to head-up tilt and its role in vasovagal syncope. *Am J Cardiol.* 1997 May 1;79(9):1302–6.
27. Voors AW, Harsha DW, Webber LS, Berenson GS. Relation of blood pressure to stature in healthy young adults. *Am J Epidemiol* 115: 833–840, 1982.
28. Arvedsen SK, Damgaard M, Norsk P. Body height and blood pressure regulation in humans during anti-orthostatic tilting. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2012 Apr 15;302(8):R984–9. doi: 10.1152/ajpregu.00036.2011.
29. Mensah GA, Wei GS, Sorlie PD, Fine LJ, Rosenberg Y, Kaufmann PG, Mussolino ME, Hsu LL, Addou E, Engelgau MM, Gordon D. Decline in Cardiovascular Mortality: Possible Causes and Implications. *Circ Res.* 2017 Jan 20;120(2):366–380. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.116.309115.
30. 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2013 Jul;34(28):2159–219. doi: 10.1093/eurheartj/ehf151.
31. Phillips RA, Xu J, Peterson LE, Arnold RM, Diamond JA, Schussheim AE. Impact of Cardiovascular Risk on the Relative Benefit and Harm of Intensive Treatment of Hypertension. *J Am Coll Cardiol.* 2018 Mar 2. pii: S0735–1097(18)33226–1. doi: 10.1016/j.jacc.2018.01.074.
32. Glasser SP, Halberg DL, Sands C, Gamboa CM, Muntner P, Safford M. Is pulse pressure an independent risk factor for incident acute coronary heart disease events? The REGARDS study. *Am J Hypertens.* 2014 Apr;27(4):555–63. doi: 10.1093/ajh/hpt168.

REFERENCES

1. Kenny R.A., Bayliss J., Ingram A., Sutton R. Head-up tilt: a useful test for investigating unexplained syncope. *Lancet.* 1986 Jun 14;1(8494):1352–5.
2. Rowell LB. *Human Cardiovascular Control.* Cambridge, MA:Oxford Univ. Press, 1993.
3. Gauer OH, Thron HL. Postural changes in the circulation. In: *Handbook of Physiology.* Circulation, sect. 2, vol. III. Bethesda, MD: American Physiological Society, 1965, p. 2409–2439.
4. Kamiya, A., Kawada, T., Shimizu, S., Iwase, S., Sugimachi, M., and Tadaaki Mano, T. Slow head-up tilt causes lower activation of muscle sympathetic nerve activity: loading speed-dependence of orthostatic sympathetic activation in humans. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2009 297, H53–H58.
5. Kamiya A, Kawada T, Sugimachi M. Systems physiology of the baroreflex during orthostatic stress: from animals to humans. *Front Physiol.* 2014 Jul 8;5:256.
6. Dorogovtsev V.N., Grechko A.V. Znachenie ortostaticheskikh izmenenij krovoobrashcheniya v razvitii sosudistyh narushenij. *ZH. Klin. Med.* 2017; 95(11), 977–986.
7. Kario, K. Nat. Rev. Orthostatic hypertension—a new hemodynamic cardiovascular risk factor. *Nephrol.* 2013;9: 726–738.
8. Mosnaim AD, Abiola R, Wolf ME, Perlmutter LC. Etiology and risk factors for developing orthostatic hypotension. *Am J Ther.* 2010 Jan-Feb;17(1):86–91.
9. Jones CD, Loehr L, Franceschini N, Rosamond WD, Chang PP, Shahar E, Couper DJ, Rose KM. Orthostatic hypotension as a risk factor for incident heart failure: the atherosclerosis risk in communities study. *Hypertension.* 2012 May;59(5):913–8.
10. Thomas R.J. et al. Positional change in blood pressure and 8-year risk of hypertension: the CARDIA Study. *Mayo Clin. Proc.* 2003; Aug;78(8):951–958.
11. Kario K Orthostatic hypertension: a measure of blood pressure variation for predicting cardiovascular risk. *Circ J.* 2009 Jun;73(6):1002–7.
12. Rose KM1, Holme I, Light KC, Sharrett AR, Tyroler HA, Heiss G. Association between the blood pressure response to a change in posture and the 6-year incidence of hypertension: prospective findings from the ARIC study. *J Hum Hypertens.* 2002 Nov;16(11):771–7.
13. Dorogovtsev V. Gravitation in a Pathogeny of the Essential Hypertension. *Journal of Gravitational Physiology.* 2004, July; 11(2):P75–78.
14. Fu Q, Shook RP, Okazaki K, Hastings JL, Shibata S, Conner CL, Palmer MD, Levine BD. Vasomotor sympathetic neural control is maintained during sustained upright posture in humans. *J Physiol.* 2006 Dec 1;577(Pt 2):679–87.
15. Patel K, Rössler A, Lackner HK, Trozic I, Laing C, Lorr D, Green DA, Hinghofer-Szalkay H, Goswami N. Effect of postural changes on cardiovascular parameters across gender. *Medicine (Baltimore).* 2016 Jul;95(28):e4149.
16. Smith J, Porth C, Erickson M. Hemodynamic response to the upright posture. *J Clin Pharmacol.* 1994 May;34(5):375–86.
17. Hasegawa M, Rodbard S. Effect of posture on arterial pressures, timing of the arterial sounds and pulse wave velocities in the extremities. *Cardiology.* 1979;64(2):122–32.
18. Osner A. Jr., Colp R. Jr., Burche G.E. Normal blood pressure in the superficial venous system of man at rest in the supine position. *Circulation.* 1951 May;3(5):674–80.
19. Safar ME, Levy BI, Struijker-Boudier H. Current perspectives on arterial stiffness and pulse pressure in hypertension and cardiovascular diseases. *Circulation.* 2003;107:2864–2869.
20. Rotaru C, Liaudet L, Waeber B, Feihl F. Impact of body tilt on the central aortic pressure pulse. *Physiol Rep.* 2015 Apr;3(4). pii: e12360. doi: 10.14814/phy2.12360.
21. Murabito JM, Evans JC, Larson MG, Nieto K, Levy D, Wilson PW. The ankle-brachial index in the elderly and risk of stroke, coronary disease, and death: the Framingham Study. *Arch Intern Med.* 2003;163:1939–42. doi: 10.1001/archinte.163.16.1939.
22. Rac-Albu M, Iliuta L, Guberna SM, Sinescu C. The role of ankle-brachial index for predicting peripheral arterial disease. *Journal of Clinical Medicine* 2014; 9(3): 295–302.
23. Sundblad P, Spaak J, Kajiser L. Time courses of central hemodynamics during rapid changes in posture. *J Appl Physiol (1985).* 2014 May 1;116(9):1182–8.
24. Thrasher, T. N. Baroreceptor regulation of vasopressin and renin secretion: low-pressure versus high-pressure receptors. *Front. Neuroendocrinol.* 15: 157–196, 1994.
25. Jarvis S, Shibata S, Okada Y, Levine B, Fu Q. Neural-humoral responses during head-up tilt in healthy young white and black women. *Front Physiol.* 2014 Mar 4;5:86. doi: 10.3389/fphys.2014.00086. eCollection 2014.
26. Jardine D, Melton I, Crozier I, Bennett S, Donald R, Ikram H. Neurohormonal response to head-up tilt and its role in vasovagal syncope. *Am J Cardiol.* 1997 May 1;79(9):1302–6.

27. Voors AW, Harsha DW, Webber LS, Berenson GS. Relation of blood pressure to stature in healthy young adults. *Am J Epidemiol* 115: 833–840, 1982.
28. Arvedsen SK, Damgaard M, Norsk P. Body height and blood pressure regulation in humans during anti-orthostatic tilting. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2012 Apr 15;302(8):R984–9. doi: 10.1152/ajpregu.00036.2011.
29. Mensah GA, Wei GS, Sorlie PD, Fine LJ, Rosenberg Y, Kaufmann PG, Mussolino ME, Hsu LL, Addou E, Engelgau MM, Gordon D. Decline in Cardiovascular Mortality: Possible Causes and Implications. *Circ Res*. 2017 Jan 20;120(2):366–380. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.116.309115.
30. 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2013 Jul;34(28):2159–219. doi: 10.1093/eurheartj/eh151.
31. Phillips RA, Xu J, Peterson LE, Arnold RM, Diamond JA, Schussheim AE. Impact of Cardiovascular Risk on the Relative Benefit and Harm of Intensive Treatment of Hypertension. *J Am Coll Cardiol*. 2018 Mar 2. pii: S0735–1097(18)33226–1. doi: 10.1016/j.jacc.2018.01.074.
32. Glasser SP, Halberg DL, Sands C, Gamboa CM, Muntner P, Safford M. Is pulse pressure an independent risk factor for incident acute coronary heart disease events? The REGARDS study. *Am J Hypertens*. 2014 Apr;27(4):555–63. doi: 10.1093/ajh/hpt168.

РЕЗЮМЕ

Целью данного исследования явилось изучение ортостатических изменений в различных сосудистых бассейнах показателей АД и СРПВ у 40 здоровых молодых добровольцев при пассивном наклоне 60°. В горизонтальном положении в состоянии покоя показатели АД артерии стопы достоверно выше, чем на плечевой артерии. Наклон испытуемых на 60° не вызывает значительных изменений АД плечевой артерии, в то время как, в дистальной артерии происходит значительный достоверный рост САД и ДАД и снижение ПАД при одновременном увеличении СРПВ. Выявлено значение роста и гендерного фактора на формирование особенностей ортостатических изменений АД и СРПВ. Значимого влияния фактора роста на СРПВ не отмечено. Учитывая тот факт, что изменения многие исследуемых параметров при пассивной ортостатической пробе являются критериями диагностики факторов риска ССЗ (ортостатическая гипотензия и гипертензия), целесообразно продолжение исследований с включением других параметров гемодинамики.

Ключевые слова: систолическое артериальное давление, диастолическое артериальное давление, пульсовое артериальное давление, скорость распространения пульсовой волны, пассивная ортостатическая проба, здоровые добровольцы, факторы риска сердечнососудистых заболеваний.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the orthostatic changes in different vascular beds BP indicators and PWV in 40 healthy young volunteers in passive tilting 60°. In horizontal position, at rest, the foot artery BP is significantly higher than brachial one. Tilt up at 60° does not cause significant changes in the brachial BP, while in the distal artery there is a significant increasing in SBP and DBP and a decreasing in PBP with a simultaneous increasing in PWV. The influence of the gender factor on orthostatic changes in blood pressure and PWV was revealed.

The height has a significant effect on the increasing in blood pressure in distal parts of the vasculature during tilt up, but practically does not influence on the PWV in the horizontal and tilt up positions of the subjects.

Keywords: systolic blood pressure, diastolic arterial pressure, pulse blood pressure, pulse wave velocity, passive orthostatic test, healthy volunteers, risk factors for cardiovascular diseases.

Контакты:

Дороговцев В.Н. E-mail: vicdor@yandex.ru