

УДК 612.146.4

ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И РЕАКЦИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА КИСТЕВУЮ НАГРУЗКУ

© 2019 г. В. В. Гультяева¹, М. И. Зинченко^{1, *}, Д. Ю. Урюмцев¹,
В. Г. Гришин², О. В. Гришин^{1, 3}

¹ФГБНУ НИИ физиологии и фундаментальной медицины, Новосибирск, Россия

²Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН, Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

*E-mail: miz@physiol.ru

Поступила в редакцию 27.06.2017 г.

После доработки 10.02.2018 г.

Принята к публикации 04.04.2018 г.

Целью данного исследования было изучить прессорный ответ на изометрическую кистевую нагрузку (ИКН) у мужчин и женщин в зависимости от уровня повседневной физической активности (ФА). В исследовании приняли участие 116 добровольцев (69 женщин/47 мужчин) в возрасте от 20 до 59 лет, не имеющих в анамнезе артериальной гипертензии. Тест с ИКН 30% от максимальной силы сжатия правой кисти проводили в течение 2 мин. Артериальное давление (АД) измеряли перед ИКН, в конце и через 5 мин после выполнения теста. Для оценки физической активности использовали Международный опросник *IPAQ (International Physical Activity Questionnaire)*. Достоверное влияние уровня физической активности выявлено на мышечно-жировые показатели состава тела и офисное диастолическое АД (ДАД): у лиц с высокой ФА процентное содержание мышечной ткани было больше, жировой – меньше, а ДАД ниже, чем в группах с умеренной и низкой ФА ($p < 0.05$). У женщин (но не у мужчин) с высокой ФА систолическое АД (САД) в покое было достоверно меньше, чем с низкой ФА ($p = 0.014$). Во время выполнения ИКН значения САД и ДАД были выше у мужчин ($p = 0.000$), фактор повседневной физической активности на них достоверно не влиял. Величина реакции САД на ИКН также зависела от пола ($p = 0.007$ для абсолютных значений и $p = 0.027$ для % от исходного уровня) и не зависела от уровня физической активности: у мужчин увеличение САД в ответ на ИКН было выше, чем у женщин. Величина реакции ДАД и частоты сердечных сокращений (ЧСС) на ИКН не зависела достоверно ни от пола, ни от физической активности. Таким образом, у лиц без патологии сердечно-сосудистой системы уровень физической активности обратно связан с АД, измеряемым в состоянии покоя, но не влияет на реактивность АД в ответ на изометрическую кистевую нагрузку.

Ключевые слова: артериальное давление, изометрическая кистевая нагрузка, физическая активность, реактивность АД, состав тела.

DOI: 10.1134/S0131164618050041

По данным популяционных исследований низкая степень повседневной физической активности отмечается у 38,8% взрослого населения России [1]. Между тем известно, что уровень маркеров риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) ниже у лиц, ведущих более активный образ жизни [2–4]. Повышение повседневной физической активности ассоциировано с меньшей жесткостью сосудов, являющейся одним из маркеров развития ССЗ и их осложнений [5]. Известно, что офисное артериальное давление (АД) также зависит от уровня повседневной физической активности [6, 7].

Начиная со значений АД 115/75 мм рт. ст. риск сердечно-сосудистых осложнений начинает рас-

ти, удваиваясь на каждые 20/10 мм рт. ст. [8], поэтому лицам с высоким нормальным и повышенным давлением рекомендуется предпринимать меры по изменению образа жизни на более активный. Показатели офисного АД достоверно снижаются после увеличения повседневной физической активности, по крайней мере, через 6 мес. [9]. Таким образом, исследователи практически единодушно в том, что физическая активность положительно влияет на артериальное давление и жесткость сосудов [2, 10]. Вместе с тем механизм этих зависимостей до конца неясен [10].

Показано, что регулярные физические тренировки приводят к снижению АД не только в покое, но и при физической нагрузке [11], поэтому

можно предположить, что повседневная физическая активность влияет на реактивность АД (РАД). РАД, в свою очередь, является предиктором развития артериальной гипертензии (АГ) [12, 13] и обычно определяется с помощью различных стресс-тестов — холодового [14, 15], гипоксического [16], ментального и психоэмоционального [17, 18], с физической нагрузкой [14, 19, 20]. В частности продемонстрировано, что повышенный ответ АД на динамическую физическую нагрузку (тредмил-тест) в 2–4 раза повышает риск развития АГ в течение ближайших 8 лет [21].

Однако исследователями получены противоречивые данные о том, снижает ли повседневная физическая активность человека реактивность АД в ответ на стресс-тесты [22–24]. Кроме того, мы не нашли в литературе сведений о влиянии повседневной физической активности на реактивность АД в тесте с изометрической кистевой нагрузкой (ИКН). Вместе с этим известно, что в тесте ИКН реактивность АД коррелирует с индексом массы миокарда левого желудочка и увеличивается со стадией АГ [25]. Поэтому целью данного исследования было изучить прессорный ответ на изометрическую кистевую нагрузку у мужчин и женщин в зависимости от уровня повседневной физической активности.

МЕТОДИКА

В исследовании приняли участие 116 добровольцев (69 женщин/47 мужчин) в возрасте от 20 до 59 лет, не имеющих в анамнезе артериальной гипертензии. Критерии исключения были следующие: прием гипотензивных препаратов в анамнезе, клинические и/или физикальные признаки любого острого инфекционного процесса, сердечно-сосудистых заболеваний, а также признаки обострения любого хронического заболевания.

Скрининг. До начала измерений испытуемые подписывали информированное согласие, после которого проходили осмотр у врача-терапевта. После включения в исследование проводили измерение антропометрических показателей, далее заполняли опросник физической активности. Измерение АД на левой руке начинали после пятиминутного отдыха в положении сидя. Среднюю величину между результатами 2-го и 3-го измерения использовали для расчета среднего офисного АД. Затем механическим динамометром проводили однократное измерение максимальной произвольной силы сжатия правой кисти.

Тест с ИКН. Через 35 мин после измерения максимальной силы правой кисти проводили тест с ИКН, включающий 3 измерения АД (Покой 1, ИКН и Покой 2). “Покой 1”: измеряли АД сидя в покое на левой руке непосредственно пе-

ред нагрузкой тем же методом, что и при скрининге. “ИКН”: через 2 мин испытуемый начинал выполнение нагрузки ИКН правой кистью в течение 2-х мин с силой 30% от максимальной. Измерение АД начинали через 80 с сжимания динамометра, не прекращая нагрузки. “Покой 2”: через 5 мин после прекращения нагрузки измеряли АД в покое. После окончания ИКН-теста испытуемый отмечал интенсивность физического усилия по шкале Борга.

Методы исследования. После клинического осмотра у терапевта проводили измерение систолического и диастолического АД (САД и ДАД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) ртутным автоматическим сфигмоманометром *Bremed BD2200* (Италия), сочетающим в себе аускультативный и осциллометрический методы. Условия измерений соответствовали рекомендациям Европейского общества гипертонии (*European Society of Hypertension, ESH*) [26]. Антропометрию, включая измерение состава тела методом биоэлектрического импеданса, проводили с помощью системы *InBody 370* (Ю. Корея). Измерение максимальной силы сжатия правой кисти и 2-минутный тест ИКН проводили механическим кистевым динамометром (Россия). Самооценку интенсивности физического усилия проводили по шкале Борга. Испытуемые отмечали свои ощущения от 6 баллов (вообще без усилий — очень просто) до максимального усилия, оцениваемого в 20 баллов. Перед нагрузкой испытуемым давали инструкцию дышать, не останавливая дыхание.

Для оценки физической активности (ФА) использовали краткую форму Международного опросника *IPAQ (International Physical Activity Questionnaire)* [27]. Физическую активность подсчитывали как сумму интенсивной, умеренной физической нагрузки и пеших прогулок. В зависимости от суммарной физической активности все испытуемые ретроспективно были разделены на 3 группы по физической активности — с низкой (НФА), умеренной (УФА) или высокой ФА (ВФА) в соответствии с критериями, изложенными в рекомендациях *IPAQ* [28].

В качестве статистического метода оценки влияния факторов “уровень физической активности” и “пол” применяли 2-факторный дисперсионный анализ с последующим *LSD-post-hoc*-тестом в случае опровержения нулевой гипотезы. Динамику САД у мужчин и женщин сравнивали при помощи дисперсионного анализа повторных наблюдений. Уровень значимости был принят равным 0.05 ($p < 0.05$).

Исследование проводили без риска для здоровья обследуемых в соответствии с Хельсинкской декларацией. Все обследованные подписывали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Таблица 1. Антропометрическая характеристика обследованного контингента: среднее (стандартное отклонение)

Показатели	Пол	НФА	УФА	ВФА	<i>p</i>
		<i>N</i> = 10 (Ж), 4 (М)	<i>N</i> = 31 (Ж), 13 (М)	<i>N</i> = 28 (Ж), 30 (М)	пол; ФА; пол × ФА
Возраст, лет	Ж	41.4 (10.8)	40.2 (11.4)	36.7 (11.4)	НД; НД;
	М	38.3 (10.0)	33.6 (10.9)	33.7 (9.3)	НД
Рост, см	Ж	166.2 (6.2)	163.6 (4.8)	165.2 (6.7)	0.000; НД;
	М	174.4 (7.4)	179.1 (4.4)	179.5 (7.0)	НД
Масса тела, кг	Ж	71.6 (17.0)	65.4 (10.2)	64.1 (13.7)	0.000; НД;
	М	83.7 (19.0)	81.4 (14.1)	77.7 (11.4)	НД
ИМТ, кг/м ²	Ж	25.8 (4.9)	24.5 (3.8)	23.5 (4.7)	НД; НД;
	М	27.4 (5.2)	25.3 (3.7)	24.2 (3.4)	НД
Содержание мышц, %	Ж	36.9 (2.5)	36.6 (4.7)	39.3 (4.5)	0.000; 0.007;
	М	44.4 (2.8)	44.5 (4.2)	46.9 (3.2)	НД
Содержание жира, %	Ж	32.5 (5.1)	31.6 (6.6)	27.8 (8.4)	0.000; 0.013;
	М	21.7 (5.1)	21.4 (7.4)	17.5 (5.7)	НД
САД, мм рт.ст.	Ж	114.4 (10.5)	107.8 (10.5)	105 (9.7)	0.002; НД;
	М	118.0 (5.3)	118.2 (11.3)	114.7 (10.3)	НД
ДАД, мм рт.ст.	Ж	74.1 (6.3)	71.2 (8.3)	66.5 (8.7)	0.001; 0.025;
	М	77.0 (3.9)	78.8 (8.4)	75.2 (7.7)	НД
ПД, мм рт.ст.	Ж	40.3 (6.7)	36.6 (6.7)	38.4 (5.8)	НД; НД;
	М	41.0 (3.2)	39.4 (5.9)	39.5 (8.9)	НД
ЧСС, уд/мин	Ж	79.5 (11.1)	75.7 (9.5)	72.2 (9.4)	НД; НД;
	М	75.5 (9.9)	74.8 (10.2)	72.2 (10.8)	НД
Индекс Кердо	Ж	4.7 (19.0)	4.5 (16.8)	6.8 (14.7)	0.010; НД;
	М	-3.3 (14.3)	-7.5 (20.0)	-6.3 (18.8)	НД
МПСС, кг	Ж	28.9 (2.5)	28.7 (3.9)	28.2 (3.9)	0.000; НД;
	М	56.2 (8.1)	51.7 (6.6)	54.0 (8.6)	НД

Примечание: НФА, УФА и ВФА – низкая, умеренная и высокая физическая активность соответственно; ИМТ – индекс массы тела; САД и ДАД – систолическое и диастолическое артериальное давление; ПД – пульсовое давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; МПСС – максимальная произвольная сила сжатия; Ж – женщины; М – мужчины; НД – недостоверно.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Возраст, индекс массы тела, пульсовое давление и ЧСС достоверно не различались в исследуемых группах, разделенных как по половой принадлежности, так и по уровню физической активности (табл. 1). Рост и масса тела, систолическое и диастолическое АД, процентное содержание мышц и максимальная произвольная сила сжатия были выше у мужчин, а содержание жира – у женщин. Половой диморфизм в антропометрических данных обследуемых подтверждает, что выборка отражает общепопуляционные закономерности.

Достоверное влияние уровня физической активности выявлено только на мышечно-жировые показатели состава тела и диастолическое давле-

ние. У лиц с высокой физической активностью содержание мышц больше, жира меньше, а диастолическое АД ниже, чем в группах с умеренной и низкой ФА ($p < 0.05$). Коэффициент корреляции между уровнем ФА (МЕТ-мин/неделю) и весовым соотношением мышцы/жир для женщин составил 0.39 ($p < 0.01$), а для мужчин 0.34 ($p = 0.020$). Для систолического АД в целом по всем обследованным влияние физической активности было на уровне тенденции ($F = 2.39$; $p = 0.096$). В то же время, если рассматривать отдельно женщин, то влияние ФА на САД было достоверно ($F = 3.18$; $p = 0.048$). В группе женщин с высокой ФА систолическое АД было достоверно ниже, чем в группе с низкой ($p = 0.014$). Остальные исследованные антропометрические показатели не различались достоверно в группах с разной ФА.

Таблица 2. Реактивность АД и ЧСС в ответ на ИКН: среднее (стандартное отклонение)

Показатели	Пол	НФА	УФА	ВФА	<i>p</i> (ANOVA)
		<i>N</i> = 10 (Ж), 4 (М)	<i>N</i> = 31 (Ж), 13 (М)	<i>N</i> = 28 (Ж), 30 (М)	пол; ФА; пол × ФА
САД ИКН, мм рт.ст.	Ж	135.8 (17.1)	127.8 (16.8)	126.2 (15.7)	0.000; НД;
	М	141.5 (9.3)	151.1 (24.4)	145.1 (16.8)	НД
ДАД ИКН, мм рт.ст.	Ж	92.4 (10.8)	87.6 (11.7)	84.8 (12.8)	0.000; НД;
	М	94.5 (3.0)	102.3 (12.6)	101.2 (14.7)	НД
ЧСС ИКН, уд/мин	Ж	82.1 (14.1)	78.4 (9.8)	76.3 (9.4)	НД; НД;
	М	77.8 (2.2)	80.9 (12.8)	78.6 (13.9)	НД
ΔСАД, мм рт.ст.	Ж	23.6 (10.7)	22.3 (12.7)	23.0 (11.9)	0.007; НД;
	М	30.0 (14.2)	33.6 (17.5)	31.9 (13.8)	НД
ΔСАД, %	Ж	20.7 (8.6)	21.2 (11.9)	22.6 (12.1)	0.027; НД;
	М	27.4 (13.6)	28.5 (13.3)	28.5 (12.8)	НД
ΔДАД, мм рт.ст.	Ж	17.6 (8.4)	17.7 (8.7)	17.0 (7.4)	НД; НД;
	М	14.5 (9.7)	21.9 (11.4)	23.2 (11.9)	НД
ΔДАД, %	Ж	23.6 (10.8)	25.8 (13.0)	25.3 (10.8)	НД; НД;
	М	19.0 (13.3)	27.7 (15.0)	30.0 (15.5)	НД
ΔЧСС, уд/мин	Ж	5.8 (3.7)	4.5 (6.0)	5.8 (5.8)	НД; НД;
	М	1.0 (8.8)	9.5 (16.5)	7.6 (10.6)	НД
ΔЧСС, %	Ж	7.7 (5.2)	6.5 (8.8)	8.7 (9.0)	НД; НД;
	М	2.5 (11.9)	15.4 (25.6)	11.7 (15.9)	НД
СИФУ, баллы	Ж	10.9 (1.8)	10.6 (1.2)	10.6 (1.1)	НД; НД;
	М	10.3 (3.1)	11.3 (2.1)	10.8 (1.7)	НД

Примечание: ИКН – изометрическая кистевая нагрузка; Δ – разница между значениями показателя при ИКН и в покое; СИФУ – самооценка интенсивности физического усилия (по шкале Борга). Обозначения см. табл. 1.

Выявленная обратная зависимость АД от уровня повседневной ФА согласуется с известным гипотензивным эффектом физической активности [10].

Взаимодействия факторов пол × уровень физической активности на исследуемые антропометрические показатели не наблюдалось, что указывает на то, что физическая активность у мужчин и женщин влияет однонаправленно как на состав тела, так и на диастолическое АД.

Значения САД и ДАД во время ИКН были связаны с полом, а фактор повседневной физической активности достоверно не влиял (табл. 2). Величина реакции систолического АД на ИКН (как в абсолютных величинах, так и в % от исходного уровня) также зависела от пола и не зависела от уровня физической активности. У мужчин увеличение САД в ответ на ИКН было достоверно выше, чем у женщин. При этом рейтинг ощущаемого усилия по шкале Борга не различался. Величина реакции диастолического АД и ЧСС на ИКН не зависела достоверно ни от пола, ни от физической активности.

Дисперсионный анализ повторных наблюдений подтвердил, что динамика САД в ИКН-тесте у мужчин и женщин различается (рис. 1). Однако через 5 мин после ИКН (Покой 2) САД вернулось к значениям до нагрузки (Покой 1): достоверной разницы САД до и после нагрузки не наблюдалось как у мужчин, так и у женщин ($p = 0.68$ и $p = 0.054$ соответственно).

Анализ реакции показал, что у мужчин выше не только исходные величины офисного АД, но и реакция САД на ИКН. Последний факт согласуется с результатами работы [29], в которой авторы показали, что мужчины имеют большую реактивность АД за счет усиления метаболического рефлекса по сравнению с женщинами.

Таким образом, уровень повседневной физической активности отражается на уровне офисного АД в покое, но не на уровне АД при ИКН или на реактивности АД в ответ на ИКН. Ранее было показано, что реактивность артериального давления в ответ на холодовой стресс не зависит от уровня физической активности индивидуума [30]. Тем не менее в работе [22] сделаны противопо-

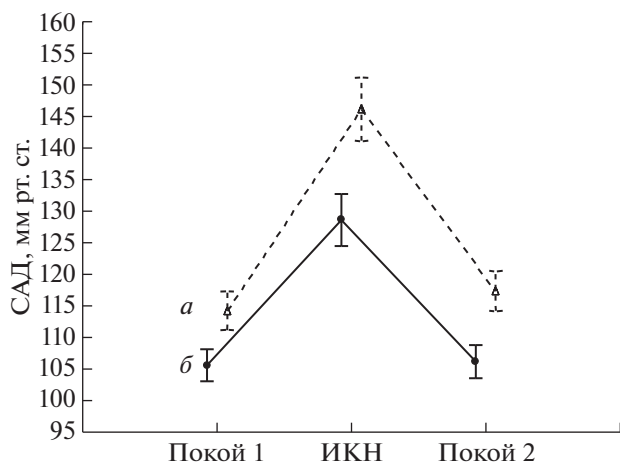


Рис. 1. САД в тесте с изометрической кистевой нагрузкой (ИКН) у здоровых мужчин (а) и женщин (б). Представлены данные: среднее и 95% доверительный интервал. Дисперсионный анализ: взаимодействие факторов “динамика САД × пол” $F(2, 232) = 9.2039, p = 0.0001$.

ложные выводы: аэробные тренировки (бег трусцой) уменьшают реакцию АД на холодовой стресс у афроамериканцев. Однако двумя годами позже этот факт не подтвердился в когортном исследовании [23]. Возможно, что при лонгитудинальном дизайне были зафиксированы постнагрузочные изменения в сердечно-сосудистой системе [31], которые со временем видоизменяются, или эффект физической активности меньше, чем межличностная вариабельность [32, 33].

Кроме пола, фактором, влияющим на реактивность АД, может являться возраст [34]. В нашем исследовании группы с различной физической активностью не различались по возрасту. Различие в антропометрических характеристиках касалось только состава тела. Связан ли состав тела с реактивностью АД при одинаковом уровне физической активности? Внутри подгрупп с разной ФА только у женщин с умеренной ФА корреляция между процентным содержанием жира и реактивностью САД была достоверна (рис. 2). Однако эта зависимость объясняет не более 25% дисперсии реактивности САД (коэффициент детерминации). В остальных группах ФА у женщин и у мужчин всех трех групп достоверных корреляций состава тела и реактивности САД или ДАД на ИКН не было.

Возникает вопрос, почему АД в покое ассоциировано с повседневной физической активностью, а реактивность АД в ИКН тесте – нет? Возможное объяснение связано с высоким вкладом наследственности в реактивность АД при слабом влиянии поведенческих факторов. Это подтверждается более выраженным ответом артериального давления на стрессоры различной природы

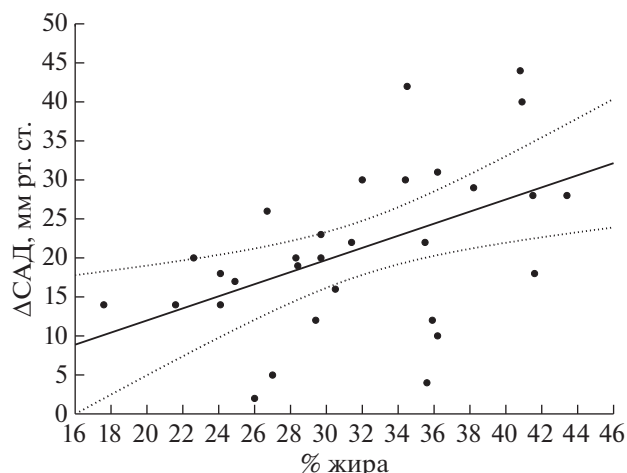


Рис. 2. Корреляционное поле: изменения систолического АД относительно уровня покоя (Δ САД) в ответ на ИКН – % жира у женщин с умеренным уровнем ФА ($r = 0.496; p = 0.005$).

(в том числе ИКН) у лиц с семейной историей АГ [35, 36]. Показано, что полиморфизм генов, связанных с функционированием α -адренорецепторов, определяет ответ сердечно-сосудистой системы на психологический и холодовой стресс у молодых афроамериканцев [37].

Систолическое АД при ИКН достоверно коррелирует с офисным САД в покое (рис. 3). Коэффициент детерминации достигает 0.46, т.е. почти половина дисперсии САД при нагрузке объясняется исходным САД покоя. Величина реакции САД на ИКН (в мм рт. ст.) тоже коррелирует с исходным САД, но в меньшей степени: коэффициент корреляции Пирсона $r = 0.25 (p = 0.007)$. Реакция САД, выраженная в % от исходного значения, не коррелирует с исходным САД ($r = 0.08, p = 0.39$). Практически такая же зависимость наблюдается для диастолического АД при нагрузке: коэффициент корреляции между ДАД при нагрузке и в покое составляет 0.66, а детерминации – 0.44. Однако реакция ДАД на ИКН, выраженная в абсолютных или относительных величинах, не зависит от исходного ДАД: $r = 0.15; p = 0.11$ для абсолютных и $r = -0.06, p = 0.50$ для относительных значений. Для ЧСС характерна не только положительная корреляция между значениями ЧСС покоя и ЧСС при ИКН ($r = 0.57; p = 0.000$), но и отрицательная между ЧСС покоя и абсолютной реакцией ЧСС ($r = -0.21; p = 0.021$), а также относительной реакцией ЧСС ($r = -0.29; p = 0.002$).

Регуляция АД может происходить путем изменения сердечного выброса и/или периферического сопротивления. При ИКН повышение АД происходит в основном за счет увеличения сердечного выброса, общее периферическое сопротивление изменяется незначительно [34, 38]. Меха-

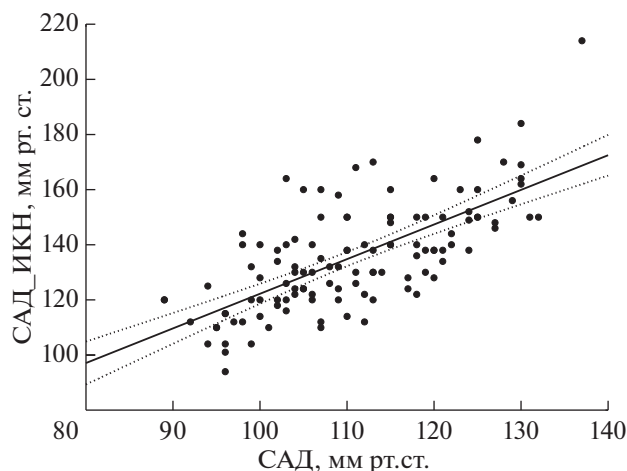


Рис. 3. Корреляционное поле: САД при ИКН – офисное САД. $САД_ИКН = -3.4 + 1.256 \times САД$ ($r = 0.696$; $p = 0.000$).

низмы же снижения АД, связанные с регулярной физической активностью, до конца не изучены [10]. Чаще всего их связывают с состоянием сосудистой стенки [5]. Прессорный ответ на ИКН коррелирует с индексом массы миокарда левого желудочка и выше у лиц с АГ, чем у нормотензивных [25]. Возможно в этом и кроется ответ на вопрос, почему физическая активность не влияет на реактивность АД при ИКН у лиц без патологии сердечно-сосудистой системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо подчеркнуть, что исследование выполнено на добровольцах, не имеющих в анамнезе сердечно-сосудистых заболеваний. Офисное АД в покое у них не выходило за границы 140/90 мм рт.ст. Поэтому объяснение с точки зрения возможных морфологических изменений, связанных с патологией сердечно-сосудистой системы, несостоятельно.

Исследование показало, что у лиц без патологии сердечно-сосудистой системы уровень физической активности обратно связан с АД, измеряемым в состоянии покоя, но не влияет на реактивность АД в ответ на изометрическую кистевую нагрузку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баланова Ю.А., Концевая А.В., Шальнова С.А. и др. Распространенность поведенческих факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний в российской популяции по результатам исследования ЭССЕ-РФ // Профилактическая медицина. 2014. Т. 17. № 5. С. 42.
2. Laursen A.S., Hansen A.L., Wiinberg N. et al. Higher physical activity is associated with lower aortic stiffness

but not with central blood pressure: the addition-Pro Study // *Medicine (Baltimore)*. 2015. V. 94. № 5. P. e485.

3. Lauer E.E., Jackson A.W., Martin S.B. et al. Meeting USDHHS Physical Activity Guidelines and Health Outcomes // *Int. J. Exerc. Sci.* 2017. V. 10. № 1. P. 121.
4. Zhang X., Devlin H.M., Smith B. et al. Effect of lifestyle interventions on cardiovascular risk factors among adults without impaired glucose tolerance or diabetes: A systematic review and meta-analysis // *PLoS ONE*. 2017. V.12. № 5. P. e0176436.
5. Kozakova M., Palombo C. Habitual physical activity and vascular aging in a young to middle-age population at low cardiovascular risk // *Stroke*. 2007. V. 38. № 9. P. 2549.
6. Fagard R. Habitual physical activity, training, and blood pressure in normo- and hypertension // *Int. J. Sports Med.* 1985. V. 6. № 2. P. 57.
7. Куртсеумова Э.Э. Оценка морфофункциональных показателей организма в зависимости от режима двигательной активности // *Человек-природа-общество: теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии*. 2016. Т. 2. № 9. С. 80.
8. Chobanian A.V., Bakris G.L., Black H.R. et al. Seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure // *Hypertension*. 2003. V. 42. № 6. P. 1206.
9. Eriksson M., Uddén J., Hemmingsson E. et al. Impact of physical activity and body composition on heart function and morphology in middle-aged, abdominally obese women // *Clin. Physiol. Funct. Imaging*. 2010. V. 30. № 5. P. 354.
10. McDonnell B.J., Maki-Petaja K.M., Munnery M. et al. Habitual exercise and blood pressure: age dependency and underlying mechanisms // *Am. J. Hypertens*. 2013. V. 26. № 3. P. 334.
11. Kucukler N., Yalçin F., Abraham T.P. et al. Stress induced hypertensive response: should it be evaluated more carefully? // *Cardiovasc. Ultrasound*. 2011. № 9. P. 22.
12. Armario P., del Rei R.H., Martin-Baranera M. et al. Blood pressure reactivity to mental stress task as a determinant of sustained hypertension after 5 years of follow-up // *J. Hum. Hypertens*. 2003. V. 17. № 3. P. 181.
13. Zhao Q., Gu D., Lu F. et al. Blood Pressure Reactivity to the Cold Pressor Test Predicts Hypertension Among Chinese Adults: The GenSalt Study // *Am. J. Hypertens*. 2015. V. 3. № 5. P. 1347.
14. Carthy E.R., White L., Russell F.D. et al. Cardiovascular responsiveness to sympathoexcitatory stress in subjects with and without mild hypertension // *Clin. Physiol. Funct. Imaging*. 2015. V. 35. № 2. P. 150.
15. El Sayed K., Macefield V.G., Hissen S.L. et al. Rate of rise in diastolic blood pressure influences vascular sympathetic response to mental stress // *J. Physiol*. 2016. V. 594. № 24. P. 7465.
16. Melnikov V.N., Krivoshekov S.G., Divert V.E. et al. Baseline values of cardiovascular and respiratory parameters predict response to acute hypoxia in young healthy men // *Physiol. Res*. 2017. V. 66. № 3. P. 467.

17. Афтанас Л.И., Брак И.В., Гилинская О.М. и др. Индивидуальная вариабельность сердечно-сосудистой реактивности при реализации защитного кардиорефлекса у человека // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2008. Т. 94. № 2. С. 163.
18. Fonkoue I.T., Wang M., Carter J.R. Sympathetic neural reactivity to mental stress in offspring of hypertensive parents: 20 years revisited // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2016. V. 311. № 2. P. H426.
19. Simoes G.M., Campagnaro B.P., Tonini C.L. et al. Hemodynamic reactivity to laboratory stressors in healthy subjects: influence of gender and family history of cardiovascular diseases // Int. J. Med. Sci. 2013. V. 10. № 7. P. 848.
20. Mamontov O.V., Babayan L., Amelin A.V. et al. Autonomous control of cardiovascular reactivity in patients with episodic and chronic forms of migraine // J. Headache Pain. 2016. № 17. P. 52.
21. Singh J.P., Larson M.G., Manolio T.A. et al. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham heart study // Circulation. 1999. V. 99. № 14. P. 1831.
22. Bond V., Mills R.M., Caprarola M. et al. Aerobic exercise attenuates blood pressure reactivity to cold pressor test in normotensive, young adult African-American women // Ethn. Dis. 1999. V. 9. № 1. P. 104.
23. Bond V., Jr., Adams R.G., Vaccaro P. et al. Physical activity and blood pressure responsiveness to the cold pressor test in normotensive young adult African-American males // Ethn. Dis. 2001. V. 11. № 2. P. 217.
24. Gonzales J.U., Grinnell D.M., Kalasky M.J. et al. Sex-dependent associations between daily physical activity and leg exercise blood pressure responses // J. Aging Phys. 2011. V. 19. № 4. P. 306.
25. Murakami E., Matsuzaki K., Sumimoto T. et al. Clinical significance of pressor responses to laboratory stressor testing in hypertension // Hypertens. Res. 1996. V. 19. № 2. P. 133.
26. Рабочая группа по лечению артериальной гипертонии Европейского общества гипертонии (European Society of Hypertension, ESH) и Европейского общества кардиологов (European Society of Cardiology, ESC). Рекомендации по лечению артериальной гипертонии. ESH/ESC 2013 // Российский кардиологический журнал. 2014. Т. 1. № 105. С. 7.
27. Craig C.L., Marshall A.L., Sjörström M. et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity // Med. Sci. Sports. Exerc. 2003. V. 35. № 8. P. 1381.
28. Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire. 2005. <http://www.ipaq.ki.se>.
29. Jarvis S.S., VanGundy T.B., Galbreath M.M. et al. Sex differences in the modulation of vasomotor sympathetic outflow during static handgrip exercise in healthy young humans // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2011. V. 301. № 1. P. R193.
30. deGeus E.J., van Doornen L.J., Orlebeke J.F. Regular exercise and aerobic fitness in relation to psychological make-up and physiological stress reactivity // Psychosom. Med. 1993. V. 55. № 4. P. 347.
31. Romero S.A., Minson C.T., Halliwill J.R. The cardiovascular system after exercise // J. Appl. Physiol. 2017. V. 122. P. 925.
32. Bouchard C., Rankinen T. Individual differences in response to regular physical activity // Med. Sci. Sports Exerc. 2001. V. 33. № 6. P. S446.
33. Кривошеков С.Г., Балиоз Н.В., Непцелова Н.В. и др. Возрастные, гендерные и индивидуально-типологические особенности реагирования на острое гипоксическое воздействие // Физиология человека. 2014. Т. 40. № 6. С. 34.
34. Lalande S., Sawicki C.P., Baker J.R. et al. Effect of age on the hemodynamic and sympathetic responses at the onset of isometric handgrip exercise // J. Appl. Physiol. 2014. V. 116. № 2. P. 222.
35. Garg R., Malhotra V., Dhar U. et al. The isometric handgrip exercise as a test for unmasking hypertension in the offsprings of hypertensive parents // J. Clin. Diagn. Res. 2013. V. 7. № 6. P. 996.
36. Greaney J.L., Matthews E.L., Wenner M.M. Sympathetic reactivity in young women with a family history of hypertension // Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol. 2015. V. 308. № 8. P. H816.
37. Kelsey R.M., Alpert B.S., Dahmer M.K. et al. Alpha-adrenergic receptor gene polymorphisms and cardiovascular reactivity to stress in Black adolescents and young adults // Psychophysiology. 2012. V. 49. № 3. P. 401.
38. Binder K., Gagnon D., Lynn A.G. et al. Heat stress attenuates the increase in arterial blood pressure during isometric handgrip exercise // Eur. J. Appl. Physiol. 2013. V. 113. P. 183.

Physical Activity and Arterial Blood Pressure Response to Handgrip Exercise

V. V. Gulyaeva^a, M. I. Zinchenko^{a,*}, D. Yu. Uryumtsev^a, V. G. Grishin^b, O. V. Grishin^{a,c}

^aResearch Institute of Physiology and Basic Medicine, Novosibirsk, Russia

^bDesign Technological Institute of Digital Techniques, SB RAS, Novosibirsk, Russia

^cNovosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

*E-mail: miz@physiol.ru

We studied the pressor response to isometric handgrip (IH) in relation to the level of daily physical activity (PA) in men and women. The study involved 116 volunteers (69 women and 47 men) aged 20 to 59 years without a history of hypertension. The IH test of 30% of maximal voluntary contraction of the right hand was performed for 2 minutes. Blood pressure (BP) was measured before the IH, at the end and 5 minutes after the

test. The IPAQ International Questionnaire was used to assess PA. It was found that the level of PA has significant effect on the muscle and fat indices of the body composition and diastolic blood pressure (DBP). In the subjects with high level of PA, the percentage of muscle tissue was greater, the fat was less, and DBP lower than in the groups with moderate and low PA ($p < 0.05$). In women (but not in men) with high level of PA, systolic BP (SBP) at rest was significantly less than in women with low PA ($p = 0.014$). The SBP and DBP values during IH were higher in men ($p = 0.000$); the factor of daily physical activity did not affect significantly. The SAD response to the IH also depended on sex ($p = 0.007$ for absolute values and $p = 0.027$ for percent increase from baseline) and was independent of physical activity: the increase in SBP during IH was higher in men than in women. The DBP and heart rate response to the IH did not depend significantly on either sex or physical activity. Thus, the level of PA is inversely related to the blood pressure at rest but does not affect the blood pressure reactivity in response to isometric handgrip in individuals without cardiovascular disorders.

Keywords: blood pressure, isometric handgrip, physical activity, blood pressure reactivity, body composition.