

ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ СИЛОВАЯ НАГРУЗКА ПОВЫШАЕТ АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ И ИЗМЕНЯЕТ ГЕОМЕТРИЮ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У СПОРТСМЕНОВ СИЛОВЫХ ВИДОВ СПОРТА

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва
Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow



МИРОШНИКОВ

Александр Борисович

Кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивной медицины, e-mail: benedikt116@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4030-0302> Телефон: +7(985) 125-12-23

MIROSHNIKOV Alexander

Candidate of biological sciences, associate professor of the

department of sports medicine, e-mail: benedikt116@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4030-0302>. Phone: +7 (985) 125-12-23

ФОРМЕНОВ

Александр Дмитриевич

Аспирант кафедры физиологии, e-mail: formenov@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8576-9681>

FORMENOV Alexander

Postgraduate Student, Department of Physiology, e-mail: formenov@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8576-9681>.

СМОЛЕНСКИЙ

Андрей Вадимович

Доктор медицинских наук, профессор, академик РАЕН, заведующий кафедрой спортивной медицины, e-mail: smolensky52@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5663-9936>.

SMOLENSKY Andrey

Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Department of Sports Medicine, e-mail: smolensky52@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5663-9936>.

Ключевые слова: артериальное давление, артериальная гипертензия, силовые виды спорта, спортивное сердце, внезапная сердечная смерть, гипертрофия миокарда, ремоделирование сердца.

Аннотация. Обследование 645 представителей силовых видов спорта показало, что 238 (37%) атлетов имеют повышенное артериальное давление (систолическое АД – 157,4±5,6, диастолическое АД – 91,2±5,3) и нарушение геометрии левого желудочка.

INFLUENCE OF EXTREME POWER LOAD ON ARTERIAL PRESSURE AND GEOMETRY OF THE LEFT VENTRICLE IN SPORTSMEN OF POWER TYPES OF SPORT

Keywords: arterial pressure, arterial hypertension, power sports, sports heart, sudden cardiac death, myocardial hypertrophy, heart remodeling.

Abstract. A survey of 645 representatives of power sports showed that 238 (37%) athletes have high blood pressure (systolic blood pressure – 157.4 ± 5.6, diastolic blood pressure – 91.2 ± 5.3) and a violation of the geometry of the left ventricle.

Актуальность исследования. Спортсмены, силовых видов спорта (пауэрлифтинг, тяжелая атлетика) регулярно занимаются чрезвычайно тяжелыми тренировками с отягощениями.

Например, хорошо известно, что в соревнованиях по пауэрлифтингу спортсмены приседают со штангой более чем 450 кг [20], а ранее самая высокая зафиксированная величина приседа со

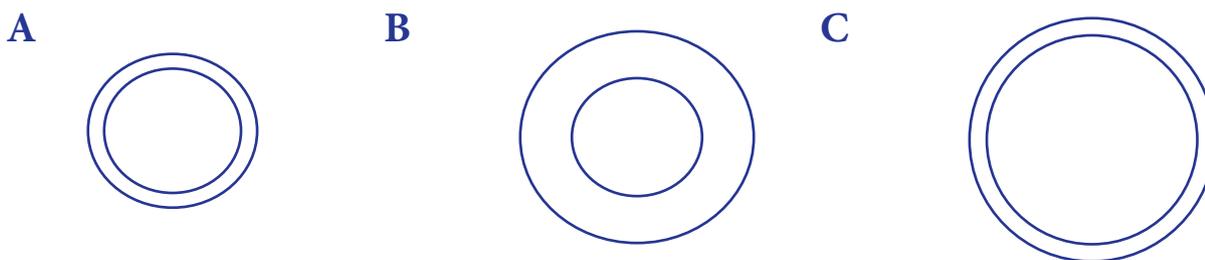
штангой в научной литературе по пауэрлифтингу составляла 317,5 кг [8]. При этом фиксируется пиковое артериальное давление (АД) во время силовых упражнений – 320/250 мм.рт.ст. у людей с нормальным АД в состоянии покоя (причем давление у одного спортсмена превышало 480/350 мм.рт.ст.) [19], а Palatini P и соавторы отметили, что при приседаниях со штангой АД достигало 345/245 мм.рт.ст. [22]. Интересно, что в общей популяции молодых спортсменов Олимпийских видов спорта было зарегистрировано всего 3 % распространенности артериальной гипертензии (АГ) [4]. Однако, общая распространенность гипертензии среди Китайских атлетов силовых видов спорта уже составляет 55,4 % (у 49,5 % спортсменов отмечается легкая и умеренная гипертензия, и у 5,9 % тяжелая АГ) [10]. Возможно, что такая распространенность АГ у спортсменов силовых видов спорта зависит от: повышенной массы тела [17], преобладания мышечных волокон типа IIb [14] (так как известно, что пауэрлифтеры имеют 79% волокон этого типа [20]), приема анаболических стероидов [24], приема высоких доз белка [16] (некоторые спортсмены тяжелых весовых категорий могут съесть более 470 г белка в день [3]).

Возможно, из-за высокого АД, во время силовой тренировки, сердце спортсменов силовых видов спорта подвергается дополнительной гемодинамической нагрузке, что способствует развитию гипертрофии миокарда [15]. Увеличение напряжения стенки левого желудочка (ЛЖ) является основным механическим фактором развития гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ), а АД наиболее мощным детерминантом массы ЛЖ. Тем не менее, некоторые дополнительные факторы гемодинамики играют важную роль в развитии и поддержании ГЛЖ, таким образом, объемная перегрузка также вносит важный вклад в развитие гипертрофии сердца. Кроме того, увеличение общего периферического сосудистого сопротивления может быть обусловлено увеличением жесткости артериальной системы. У атлетов тяжелых весовых категорий к статической нагрузке и высокому АД во время силовой работы добавляется регулярная гипертензия, которая возможно является адаптивным ответом на большую мышечную массу. Наблюдаемое увеличение мышц (которые имеют гораздо более высокую метаболическую потребность (1кг = 13 ккал/кг/сутки)), является основной причиной повышения сердечного выброса (реакция на высокую метаболическую потребность), что приводит к повышению

уровня АД у спортсменов, которые сознательно тренируются для мышечной гипертрофии. Это подтверждается исследованием Bella JN и его коллег [2], в котором они показали, что масса ЛЖ более тесно связана с мышечной массой, чем с жировой массой тела, хотя жировая масса также вносит существенный вклад в развитие АГ [11]. Знание и понимание того, как силовая нагрузка может влиять на геометрию ЛЖ и АД атлетов силовых видов спорта, важно, учитывая, что относительный риск внезапной сердечной смерти у спортсменов выше, чем у не спортсменов [5]. На основании анализа проблемной ситуации, данных литературных источников и запросов спортивных биологов и врачей, была поставлена цель исследования.

Цель – исследовать артериальное давление и геометрию левого желудочка у спортсменов тяжелых весовых категорий силовых видов спорта.

Материалы и методы. Исследование проводило на базе кафедры «Спортивная медицина» Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма (РГУФКСМиТ) с января 2017 г. по май 2019 г. В исследовании приняли участие 645 представителя силовых видов спорта (тяжелая атлетика, пауэрлифтинг, бодибилдинг), имеющих спортивную квалификацию КМС, МС, МСМК. Средний возраст спортсменов-мужчин составил $31,0 \pm 5,2$ года. Средняя масса тела атлетов составила $102,7 \pm 6,4$ кг. Все участники исследования дали добровольное информированное согласие на участие в эксперименте согласно Хельсинкской декларации [12]. Выполнение поставленных в работе задач осуществлялось с помощью следующих методов. Всем обследованным спортсменам наряду с осмотром проводилась стандартная электрокардиограмма покоя, двукратное измерение АД, трансторакальная эхокардиография на аппаратах Aloka 3500 (Япония), кардиологическим секторным датчиком с частотой 3,5 Mhz с использованием В- и М- режимов, импульсволнового, цветного и тканевого доплера (ТДГ). Массу миокарда левого желудочка (ММЛЖ) рассчитывали по модифицированной формуле ASE: $ММЛЖ = 0,8 \times [1,04 \times ((КДР + ГМЖП + ТЗСЛЖ) \times 3 - КДР^3)] + 0,6$, где КДР – конечный диастолический диаметр ЛЖ; ГМЖП – толщина межжелудочковой перегородки в диастоле; ТЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка в диастоле. Индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) рассчитывался к площади поверхности тела, определяемой по



Примечание: А – нормальная геометрия; В – концентрическая гипертрофия: тяжелая атлетика и пауэрлифтинг; эксцентрическая гипертрофия: бодибилдинг.

Рисунок – Паттерны геометрии левого желудочка у гипертензивных атлетов тяжелых весовых категорий

Таблица – Сравнительный анализ геометрии сердца гипертензивных спортсменов разных силовых видов спорта

Группа (N=238)	ММЛЖ (г)	ИММЛЖ (г/м ²)	ОТСЛЖ (см)
Пауэрлифтинг (n=90)	270,2±28,7	123,7±7,9	0,46±0,03
Бодибилдинг (n=83)	271,4±18,9	120,1±6,3	0,30±0,01*
Тяжелая атлетика (n=65)	267,8±32,3	121,4±8,6	0,45±0,02

Примечание: ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка; ИММЛЖ – индекс миокарда левого желудочка; ОТСЛЖ – относительная толщина стенки левого желудочка. Звездочкой (*) справа обозначены статистически значимые различия показателей между группами – $p < 0,01$.

формуле Dubois и Dubois. К ГЛЖ относили мужчин с ИММЛЖ от 116 г/м² и выше. А вид ГЛЖ определялся по формуле согласно рекомендациям, Lang и соавторами [18] $ОТСЛЖ = 2ТЗСЛЖ / КДР$, где ОТСЛЖ – относительная толщина стенки ЛЖ в диастолу. После прохождения обследования спортсмены были разделены на следующие когорты: группа-1 (спортсмены с оптимальных и нормальных АД (n=407)); группа-2 (спортсмены с повышенным уровнем АД (n=238)). У спортсменов с наличием повышенного уровня АД, включая повышенное нормальное АД, дополнительно проводился опрос с оценкой специфических факторов риска АГ у спортсменов. Также при обработке полученных данных использовали методы математической статистики.

Результаты и обсуждение. Обследование 645 спортсменов силовых видов спорта тяжелых весовых категорий показало, что 238 (37%) атлетов имеют повышенное АД (систолическое АД – 157,4±5,6, диастолическое АД – 91,2±5,3) и нарушение геометрии ЛЖ. Хотя имеются серьезные расхождения относительно распространенности АГ в различных странах и возрастных группах, однако во всем Мире наблюдается повышение ее рецидивов, что подтверждается проспективным исследованием «MONICA/KORA (2018 г.)»,

в котором было выявлено повышение распространенности гипертонии с 34 % до 63% [1]. На данный момент имеется ограниченное число исследований, где сравниваются морфологические адаптации ЛЖ у разных атлетов, тренированных с отягощениями, но анализируя их становится очевидно, что сердечно-сосудистая адаптация зависит от режима силовой работы. Например, Falkel JE и соавторы [7] сравнивали пауэрлифтеров и культуристов, выполняющих субмаксимальное и максимальное разгибание голени и приседания. Бодибилдеры показали перегрузку сердечного объема со значительно более высоким ударным объемом и реакциями сердечного выброса. Следовательно, силовая работа, выполняемая культуристами, может вызвать вероятнее увеличение полости ЛЖ, в отличие от тренировочных программ, предпочитаемых пауэрлифтерами. Это предположение согласуется с результатами Pelliccia A. и его коллег [23]. Он обнаружил, что у бодибилдеров значительно больший размер диастолической полости и масса ЛЖ, чем у пауэрлифтеров или спортсменов тяжелой атлетики. Naukowsky MJ и соавторы [13] в своем обзоре, в который вошли 13 исследований показали, что концентрическая гипертрофия встречается у 37,5% атлетов, и у 25% спортсменов наблюдалась

эксцентрическая гипертрофия. Большинство тренированных с отягощениями спортсменов, демонстрирующих паттерн концентрической гипертрофии, были тяжелоатлетами, а меньшее количество (<20%) были пауэрлифтерами. Наконец, в четырех исследованиях, которые наблюдали эксцентрическую картину гипертрофии ЛЖ, спортсмены были либо тяжелоатлетами, либо бодибилдерами. Однако, все исследования наблюдали спортсменов различных весовых категорий и не учитывали наличие повышенного АД. Наше исследование позволяет дополнить общее понимание геометрии сердца спортсменов силовых видов спорта (Рисунок).

Согласно руководству, опубликованному Lang R. и соавторов [18], ГЛЖ определяется как значительное увеличение массы миокарда ЛЖ, выраженной в виде массы ЛЖ, индексированной к площади поверхности тела (>115 г/м² для мужчин). Кроме того, вычисляя относительную толщину стенки можно определить геометрическое различие массы ЛЖ и классифицировать ГЛЖ. Хорошо известно, что, если ОТСЛЖ больше 0,42, гипертрофия является концентрической [9]. Исследование гипертензивных спортсменов силовых видов спорта (бодибилдинг, пауэрлифтинг, тяжелая атлетика) тяжелых весовых категорий показало (табл.), что у этих спортсменов изменяется геометрия ЛЖ, до ярко выраженной концентрической ГЛЖ у пауэрлифтеров и тяжелоатлетов и эксцентрической ГЛЖ у бодибилдеров. Опрос Wagman DF и его коллег [25] показал, что две трети пауэрлифтеров используют анаболические стероиды для улучшения спортивных результатов, а 90% респондентов указали, что исключали стероиды за 1-3 месяца до соревнований. Также хорошо документировано, что у 67% потребителей стероидов (пауэрлифтинг, тяжелая атлетика) отмечается выраженная концентрическая ГЛЖ, а эксцентрическая ГЛЖ встречается лишь в 20% у бодибилдеров [21]. Большинство исследований показало, что хроническое злоупотребление анаболическими стероидов может повысить как систолическое, так и диастолическое АД в результате почечной задержки натрия и спазма сосудов, индуцированных приемом стероидов. Также в зависимости от величины ОТСЛЖ выделено 4 типа геометрии ЛЖ, причем наиболее неблагоприятными вариантами изменения сердца являются, сначала – концентрическая ГЛЖ, а впоследствии и концентрическое ремоделирование, поскольку

формирование этих вариантов изменения ЛЖ сопряжено с развитием наиболее тяжелых нарушений диастолической функции сердца, повышением диастолического и систолического сосудистого сопротивления, перегрузкой левого предсердия, гипертрофией стенки правого желудочка сердца [6].

Выводы. Исследование спортсменов силовых видов спорта (бодибилдинг, пауэрлифтинг, тяжелая атлетика) тяжелых весовых категорий выявило достаточно высокий процент (37%) атлетов, имеющих повышенное АД. Учитывая, что в целом в Олимпийской популяции АГ достаточно редко встречается (3%), стоит обратить пристальное внимание на эту когорту спортсменов. Также у гипертензивных спортсменов было выявлено нарушение геометрии ЛЖ, а наиболее распространенный паттерн геометрии соответствовал диагнозу концентрическая гипертрофия ЛЖ. Литературный обзор Марка Хайковского и его коллег [13] показал картину нарушения геометрии ЛЖ у спортсменов силовых видов спорта, где тяжелоатлеты в основной своей массе имеют концентрическую ГЛЖ, бодибилдеры эксцентрическую ГЛЖ, а пауэрлифтеры нормальную геометрию сердца. Наше исследование дополняет работу Хайковского и показывает, что пауэрлифтеры, тяжелых весовых категорий отягощенные АГ имеют геометрию ЛЖ, классифицированную как концентрическая ГЛЖ. Возможно, лишняя жировая масса тела или повышенное АД изменяет геометрию ЛЖ в сторону увеличения. Требуются дальнейшие исследования, которые помогут выяснить, что приводит к нарушению геометрии ЛЖ, артериальная гипертензия, изометрические нагрузки или повышенная масса тела.

Литература

1. Atasoy, S. Association of hypertension cut-off values with 10-year cardiovascular mortality and clinical consequences: a real-world perspective from the prospective MONICA/KORA study / S. Atasoy, H. Johar, A. Peters, et al. // *Eur Heart J.* – 2019. – 1. 40. – P. 732-38.
2. Bella, J.N. Relations of left ventricular mass to fat-free and adipose body mass: the strong heart study / J.N. Bella, R.B. Devereux, M.J. Roman, et al. // *The Strong Heart Study Investigators. Circulation.* –1998. 8. 98(23). – P. 2538-44.
3. Bilsborough S., Mann N. A review of issues of dietary protein intake in humans // *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006. V. 16. P. 129–152.
4. Caselli, S., Vaquer Sequi A., Lemme E., et al. Prevalence and Management of Systemic Hypertension in Athletes // *Am J Cardiol.* 2017. V. 119 P. 1616–1622.

5. Corrado, D, Basso C, Rizzoli G. et al. Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults // *J Am Coll Cardiol*. 2003. 42. P. 1959–63.
6. Devereux, R., Wachtell K., Gerds E. et al. Prognostic significance of left ventricular mass change during treatment of hypertension // *JAMA*. 2004. 292. P. 2350–56.
7. Falkel, J.E., Fleck S.J., Murray T.F. Comparison of central hemodynamics between powerlifters and bodybuilders during resistance exercise // *J Appl Sport*. 1992. 6. P. 24–35.
8. Fry, A.C., Webber J.M., Weiss L.W. et al. Muscle fiber characteristics of competitive power lifters // *J Strength Cond Res*. 2003. 17(2). P. 402–10.
9. Ganau, A., Devereux R., Roman M. et al. Patterns of left ventricular hypertrophy and geometric remodeling in essential hypertension // *J Am Coll Cardiol*. 1992. 19. 1550–8.
10. Guo, J., Zhang X., Wang L. et al. Prevalence of metabolic syndrome and its components among Chinese professional athletes of strength sports with different body weight categories // *PLoS One*. 2013. 8. P. 1–7.
11. Han, T.S., Al-Gindan Y.Y., Govan L. et al. Associations of body fat and skeletal muscle with hypertension // *J Clin Hypertens*. 2018. P. 1–9.
12. Harriss, D., Atkinson G. Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2016 Update // *Int J Sports Med*. 2015. 36. P. 1121–4.
13. Haykowsky, M.J., Dressendorfer R., Taylor D. et al. Resistance training and cardiac hypertrophy: unravelling the training effect // *Sports Med*. 2002. 32(13). P. 837–49.
14. Houmard, J., Weidner M., Koves T. et al. Association between muscle fiber composition and blood pressure levels during exercise in men // *Am J Hypertens*. 2000. V. 13. P. 586–592.
15. Kahan, T., Bergfeldt L. Left ventricular hypertrophy in hypertension: its arrhythmogenic potential // *Heart*. 2005. 91. P. 250–6.
16. Kuwabara, M., Niwa K., Ohno M. et al. High rate of calories from protein is associated with higher prevalence of hypertension // *J Hum Hypertens*. 2019. V. 15. P. 1–5.
17. Landi, F., Calvani R., Picca A., et al. Body Mass Index is Strongly Associated with Hypertension: Results from the Longevity Check-up 7+ Study // *Nutrients*. 2018. 10(12). P. 1–12.
18. Lang, R., Bierig M., Devereux R. et al. Recommendations for chamber quantification // *Eur. J. Echocardiogr*. 2006. 7. P. 79–108.
19. MacDougall, J.D., Tuxen D., Sale D.G. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise // *J. Appl. Physiol*. 1985. Vol. 58. P. 785–790.
20. Machek, S.B., Lorenz K.A., Kern M. et al. Skeletal Muscle Fiber Type and Morphology in a Middle-Aged Elite Male Powerlifter Using Anabolic Steroids // *Journal of Science in Sport and Exercise*. 2019. P. 1–8.
21. McKillop, G., Todd I.C., Ballantyne D. The effects of body building and anabolic steroids on left ventricular structure and function // *J Cardiovasc Technol* 1989. 8 P. 23–9.
22. Palatini, P., Mos L., Munari L., et al. Blood pressure changes during heavy-resistance exercise // *J Hypertens Suppl*. 1989. 7(6). P. 72–3.
23. Pelliccia, A., Spataro A., Caselli G. et al. Absence of left ventricular wall thickening in athletes engaged in intense power training // *Am J Cardiol*. 1993. 72. P. 1048–54.
24. Pereira, E., Moyses S.J., Ignácio S.A., Mendes D.K. et al. Anabolic steroids among resistance training practitioners // *PLoS One*. 2019. 16. 14(10) P. 1–13.
25. Wagman, D.F., Curry L.A., Cook D.L. An investigation into anabolic androgenic steroid use by elite U.S. powerlifters // *J Strength Cond Res*. 1995. 9. P. 149–54.

