

УДК 616.1-008:611.018.74]-055.1-056.2

<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-4-42-46>

Для цитирования: Кологривова В.В., Захарова А.Н., Пахомова Е.В., Васильев В.Н., Капилевич Л.В. Характеристика эндотелий-зависимой вазодилатации у спортсменов и нетренированных мужчин. *Бюллетень сибирской медицины*. 2018; 17 (4): 42–46.

## Характеристика эндотелий-зависимой вазодилатации у спортсменов и нетренированных мужчин

Кологривова В.В.<sup>1</sup>, Захарова А.Н.<sup>1</sup>, Пахомова Е.В.<sup>1</sup>, Васильев В.Н.<sup>2</sup>, Капилевич Л.В.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет (НИ ТГУ)*  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36

<sup>2</sup> *Сибирский государственный медицинский университет*  
Россия, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2

<sup>3</sup> *Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ)*  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Показано, что у спортсменов тяжелоатлетов и легкоатлетов имеет место эндотелиальная дисфункция, при этом активность сосудистого эндотелия не связана с характером и направленностью физических нагрузок.

**Цель исследования** – оценить характер эндотелий-зависимой вазодилатации у спортсменов различных специализаций и нетренированных лиц на фоне физической нагрузки. По-видимому, это можно рассматривать как приспособительную реакцию к регулярным высокоинтенсивным нагрузкам и одновременно – как фактор риска острых сосудистых расстройств.

**Материалы и методы.** В исследовании участвовали 27 мужчин в возрасте 18–25 лет, условно здоровые, без нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы. Было сформировано три группы: высококвалифицированные спортсмены циклических видов спорта – легкая атлетика,  $n = 10$  (группа 1); высококвалифицированные спортсмены силовых видов спорта – тяжелая атлетика,  $n = 7$  (группа 2); нетренированные мужчины,  $n = 10$  (группа 3). Выполнялись доплерографическое исследование на аппарате «Ангиодин-ПК», фоновое измерение показателей кровотока на плечевой артерии при физической нагрузке, окклюзионная проба.

**Результаты.** У спортсменов высокой квалификации имеет место угнетение функциональной активности эндотелия, причем эти изменения не связаны с характером и направленностью физических нагрузок. При этом однократная физическая нагрузка динамического характера потенцирует вазодилатационную функцию эндотелия во всех обследованных группах.

**Ключевые слова:** высокоинтенсивные физические нагрузки, острые сосудистые расстройства, приспособительные реакции.

### ВВЕДЕНИЕ

Регулярные физические упражнения стимулируют фенотипические модификации сосудистого эндотелия и гладких мышц, запуская процессы

✉ Захарова Анна Николаевна, e-mail: azakharova91@gmail.com.

их структурной и функциональной адаптации [1, 2]. Физические упражнения оказывают позитивное влияние на сердечно-сосудистую систему и снижают риск сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе за счет активации функции эндотелия [3–8]. В то же время морфофункци-

ональные изменения, формирующиеся под влиянием регулярных высокоинтенсивных нагрузок, могут повысить риск развития сердечно-сосудистых патологий. При этом какие факторы могут стимулировать подобные изменения, остается предметом дискуссии. Также неясно, зависят ли изменения сосудистой системы от вида, направленности, интенсивности физических нагрузок.

Цель исследования: оценить характер эндотелий-зависимой вазодилатации у спортсменов различных специализаций и нетренированных лиц на фоне физической нагрузки.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовали 27 мужчин в возрасте 18–25 лет, условно здоровые, без нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы. В соответствии со спортивной классификацией или ее отсутствием было сформировано три группы. Группа 1 – высококвалифицированные спортсмены циклических видов спорта – легкая атлетика (бег на средние дистанции 800–1 500 м) ( $n = 10$ ). Группа 2 – высококвалифицированные спортсмены силовых видов спорта – тяжелая атлетика ( $n = 7$ ). Группа 3 – нетренированные мужчины, не имеющие спортивного разряда ( $n = 10$ ).

Выполнялись доплерографическое исследование на аппарате «Ангиодин-ПК», фоновое измерение показателей кровотока на плечевой артерии. Затем кровоток в плечевой артерии прекрывался на 5 мин путем наложения на плечо манжеты манометра, в которой нагнеталось давление выше уровня систолического артериального давления испытуемого в состоянии покоя на 50 мм рт. ст. По истечении 5 мин давление быстро сбрасывалось и проводились замеры диаметра ар-

терии сразу после прекращения окклюзии, спустя 15, 30, 60 и 90 с. Все время проведения исследования ультразвуковой датчик располагался строго в одном положении. Для оценки степени прироста диаметра плечевой артерии мы брали отношения исходного диаметра к максимальному, зарегистрированному на отметках 0, 15, 30, 60 или 90 с. Затем все испытуемые выполняли стандартную пробу PWC<sub>170</sub>, после чего окклюзионная проба повторялась по вышеописанной схеме.

Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием пакета прикладных программ Statistica 8.0. Использовался непараметрический критерий Вилкоксона для связанных выборок (Wilcoxon test). За статистически значимое различие принимали  $p < 0,05$ . Данные представлены в виде медианы, 25- и 75-го перцентилей  $Me (Q_{25}, Q_{75})$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении окклюзионной пробы в обследуемых группах были получены следующие результаты (таблица). В группе контроля наблюдалась выраженная вазодилатация плечевой артерии: до физической нагрузки на 13,6%, после физической нагрузки – на 17%. По данным литературы, у здоровых людей расширение сосуда при пробе с гиперемией составляет 10–14% и более, меньшая степень вазодилатации считается патологической реакцией [9]. Таким образом, в группе контроля в покое отмечалась нормальная реакция на пробу с реактивной гиперемией. Динамическая нагрузка способствовала усилению функции эндотелия, что можно рассматривать как положительный эффект динамической физической нагрузки на сосудистую систему.

Т а б л и ц а  
T a b l e

Изменение диаметра плечевой артерии при окклюзионной пробе, %, $Me (Q_{25}, Q_{75})$ Changes in the diameter of the brachial artery during occlusion, %, $Me (Q_{25}, Q_{75})$			
Показатель Characteristic	Тяжелоатлеты, $n = 7$ Weightlifters, $n = 7$	Легкоатлеты, $n = 10$ Track and field athletes, $n = 10$	Контроль, $n = 10$ Controls, $n = 10$
До физической нагрузки Before physical exertion	1,0 (0,5; 2,8)	2,9 (1,3; 4,8)*	13,6 (10,4; 15,7)*
После физической нагрузки After physical exertion	-5,3 (2,5; 9,7)*#	4,1 (3,5; 6,9)*#	17,0 (13,9; 19,6)*#

\* статистически значимые изменения после окклюзионной пробы ( $p < 0,05$ ).

# статистически значимые изменения после физической нагрузки ( $p < 0,05$ ).

\* statistically significant changes after the occlusion test ( $p < 0.05$ ).

# statistically significant changes after physical exercise ( $p < 0.05$ ).

До и после физической нагрузки в группах спортсменов наблюдается неадекватная реакция на пробу с реактивной гиперемией [10], что позволяет высказать предположение о наличии эндотелиальной дисфункции. Эндотелиальная дисфункция характеризуется сдвигом в работе эндотелия в сторону уменьшения вазодилатации, провоспалительного состояния и протромботических свойств. В группе спортсменов-тяжелотолстов при проведении пробы до физической нагрузки не произошло изменения диаметра плечевой артерии, при этом после физической нагрузки он уменьшился на 5,3%. В группе легкоатлетов до физической нагрузки диаметр плечевой артерии увеличился на 2,9%, после физической нагрузки произошло расширение сосуда на 4,1%.

Функциональное состояние эндотелия у спортсменов силовых видов спорта рассматривается как один из факторов приспособления к регулярным силовым нагрузкам с явлением натуживания, так как при этом мышцы пережимают сосуды, и происходит временное прекращение кровотока. Значительная эндотелий-зависимая вазодилатация в таких условиях приводила бы к синдрому «обкрадывания».

У спортсменов циклических видов спорта также выявлено снижение активности эндотелия. По данным литературы, у спортсменов циклических видов спорта (академическая гребля, лыжные гонки, велоспорт) в 60,5% случаев были выявлены признаки развития раннего атеросклероза и склонности к тромбообразованию [11].

Полученные нами данные свидетельствуют о наличии сниженной реакции эндотелия и эндотелиальной дисфункции у спортсменов. Однако важно отметить, что на фоне физической нагрузки происходит усиление функции эндотелия.

Адаптационные изменения сосудистой системы и реакция эндотелия на нагрузку могут быть обусловлены рядом факторов. При физической нагрузке происходит увеличение систолического давления [12]. Давление в сосудах может влиять на эндотелиальные клетки, по меньшей мере, двумя путями. Во-первых, изменение давления может влиять на темпы роста клеток эндотелия [13]. Во-вторых, давление расширяет артерии, тем самым растягивая клетки эндотелия. В ответ на изменение напряжения сдвига и механические стимулы в клетках эндотелия происходит активация внутриклеточных сигнальных каскадов, что приводит к активации факторов транскрипции и может влиять на эндотелий и гладкомышечные клетки [13].

По мнению некоторых исследователей, постоянная подверженность эндотелия механическим

воздействиям, увеличение артериального давления и повышенная продукция эндотелий-зависимых факторов могут стимулировать развитие атеросклероза [14]. При регулярном изменении напряжения сдвига и артериального давления экспрессируются NO и ROS, которые при постоянном хроническом воздействии на эндотелий могут вызывать дезадаптацию [13].

При участии eNOS усиливается образование NO. В проведенных ранее исследованиях было установлено, что у спортсменов силовых и циклических видов спорта наблюдаются различия в выработке eNOS [15]. У силовиков отмечено резкое снижение eNOS в плазме крови после нагрузки, а у легкоатлетов – увеличение. Кроме того, в исследованиях доказано, что после пробы с реактивной гиперемией индуцируется NO-опосредованная вазодилатация в плечевой артерии [16]. Различиями в выработке эндотелиальной синтазы оксида азота можно объяснить разнонаправленные реакции на пробу с гиперемией до и после физической нагрузки у спортсменов силовых и циклических видов спорта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствуют, что у спортсменов высокой квалификации имеет место угнетение функциональной активности эндотелия, причем эти изменения не связаны с характером и направленностью физических нагрузок. При этом однократная физическая нагрузка динамического характера потенцирует вазодилатационную функцию эндотелия во всех обследованных группах. Это можно рассматривать как приспособительную реакцию к регулярным высокоинтенсивным нагрузкам, в то же время это фактор риска острых сосудистых расстройств. Существуют многочисленные исследования, в которых описано благоприятное действие физических нагрузок на эндотелий сосудов и профилактику заболеваний [3, 17], однако с учетом полученных нами результатов следует принимать во внимание интенсивность и регулярность физических нагрузок. Также можно рекомендовать для оценки функционального состояния эндотелия у спортсменов обязательно использовать пробу с однократной физической нагрузкой.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

## СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Исследование одобрено этической комиссией НИ ТГУ (протокол № 11 от 24.09.2015).

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Green D.J., Spence A., Rowley N., Thijssen D.H., Naylor L.H. Vascular adaptation in athletes: is there an athlete's artery? *Exp Physiol.* 2012; 97 (3): 295–304. DOI: 10.1113/expphysiol.2011.058826
- Laughlin M.H. Endothelium-mediated control of coronary vascular tone after chronic exercise training. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 1995; 27 (8): 1135–1144.
- Manson J.E., Hu F.B., Rich-Edwards J.W., Colditz G.A., Stampfer M.J., Willett W.C., Speizer F.E., Hennekens C.H. A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary heart disease in women. *N. Engl. J. Med.* 1999; 341 (9): 650–658.
- Paffenbarger R.S. Jr., Hyde R.T., Wing A.L., Hsieh C.C. Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N. Engl. J. Med.* 1986; 314 (10): 605–613.
- Paffenbarger R.S. Jr., Kampert J.B., Lee I.M., Hyde R.T., Leung R.W., Wing A.L. Changes in physical activity and other lifeway patterns influencing longevity. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 1994; 26 (7): 857–865.
- Blair S.N., Kohl H.W., Barlow C.E., Paffenbarger R.S. Jr., Gibbons L.W., Macera C.A. Changes in physical fitness and all-cause mortality A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA.* 1995; 273: 1093–1099.
- Lee D.C., Sui X., Artero E.G., Lee I.M., Church T.S., McAuley P.A., Stanford F.C., Kohl H.W., Blair S.N. Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men: the Aerobics Center Longitudinal Study. *Circulation.* 2011; 124 (23): 2483–2490. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.038422.
- Montero D., Walther G., Diaz-Cacestro C., Pyke K.E., Padilla J. Microvascular dilator function in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2015; 47 (7): 1485–1494. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000567.
- Кошелева Н.Я., Реброва А.П. Дисфункция эндотелия у больных хронической сердечной недостаточностью. *Вестник современной клинической медицины.* 2009; 2 (1): 9–14. [Kosheleva N.Ya., Rebrova A.P. Endothelial dysfunction in patients with chronic heart failure. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny.* 2009; 2 (1): 9–14 (in Russ.)].
- Петрищев Н.Н., Васина Л.В., Власов Т.Д., Гавришева Н.А., Меншутина М.А. Типовые формы дисфункции эндотелия. *Клинико-лабораторный консилдум.* 2007; 18: 31–35. [Petrishchev N.N., Vasina L.V., Vlasov T.D., Gavrisheva N.A., Menshutina M.A. Typical forms of endothelial dysfunction. *Kliniko-laboratornyy konsilium.* 2007; 18: 31–35 (in Russ.)].
- Green D.J., Hopman M.T., Padilla J., Laughlin M.H., Thijssen D.H. Vascular Adaptation to Exercise in Humans: Role of Hemodynamic Stimuli. *Physiol. Rev.* 2017; 97 (2): 495–528. DOI: 10.1152/physrev.00014.2016.
- Hawley J.A., Hargreaves M., Joyner M.J., Zierath J.R. Integrative biology of exercise. *Cell.* 2014; 159 (4): 738–749. DOI: 10.1016/j.cell.2014.10.029.
- Laughlin M.H., Newcomer S.C., Bender S.B. Importance of hemodynamic forces as signals for exercise-induced changes in endothelial cell phenotype. *J. Appl. Physiol.* 2008; 104 (3): 588–600.
- Dzau V.J., Gibbons G.H., Morishita R., Pratt R.E. New perspectives in hypertension research. Potentials of vascular biology. *Hypertension.* 1994; 23: 1132–1140.
- Дьякова Е.Ю., Капилевич Л.В., Захарова А.Н., Кабачкова А.В., Кироненко Т.А., Орлов С.Н. Содержание эндотелиальной синтазы оксида азота в плазме после физических нагрузок различного характера. *Бюллетень сибирской медицины.* 2017; 16 (1): 20–26. [D'yakova Ye.Yu., Kapilevich L.V., Zakharova A.N., Kabachkova A.V., Kironenko T.A., Orlov S.N. Endothelial synthase nitric oxide in the plasma after exercise of various kinds. *Byulleten' sibirskoy meditsiny – Bulletin Siberian Medicine.* 2017; 16 (1): 20–26 (in Russ.)].
- Green D.J., Dawson E.A., Groenewoud H.M., Jones H., Thijssen D.H. Is flow-mediated dilation nitric oxide mediated? A meta-analysis. *Hypertension.* 2014; 63 (2): 376–382. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.02044.
- Mestek M.L., Westby C.M., van Guilder G.P., Greiner J.J., Stauffer B.L., de Souza C.A. Regular aerobic exercise, without weight loss, improves endothelium-dependent vasodilation in overweight and obese adults. *Obesity.* 2010; 18 (8): 1667–1669. DOI: 10.1038/oby.2009.467.

Поступила в редакцию 20.07.2018

Подписана в печать 09.11.2018

**Кологривова Валерия Викторовна**, аспирант, кафедра спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры, НИ ТГУ, г. Томск.

**Захарова Анна Николаевна**, доцент, кафедра спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры, НИ ТГУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0003-1102-2830.

**Пахомова Елизавета Владимировна**, студент, кафедра спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры, НИ ТГУ, г. Томск.



Васильев Владимир Николаевич, д-р биол. наук, профессор, кафедра физической культуры, СибГМУ, г. Томск.

Капильевич Леонид Владимирович, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины, НИ ТГУ; руководитель отделения физической культуры, НИ ТПУ, г. Томск. ORCID iD 0000-0002-2316-576X.

(✉) Захарова Анна Николаевна, e-mail: azakharova91@gmail.com.

УДК 616.1-008:611.018.74]-055.1-056.2

[https://doi.org/ 10.20538/1682-0363-2018-4-42-46](https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-4-42-46)

For citation: Kologrivova V.V., Zakharova A.N., Pakhomova E.V., Vasilyev V.N., Kapilevich L.V. The characteristic of endothelium-dependent vasodilatation in athletes and untrained volunteers. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2018; 17 (2): 42–46.

## The characteristic of endothelium-dependent vasodilatation in athletes and untrained volunteers

Kologrivova V.V.<sup>1</sup>, Zakharova A.N.<sup>1</sup>, Pakhomova E.V.<sup>1</sup>, Vasilyev V.N.<sup>2</sup>, Kapilevich L.V.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> National Research Tomsk State University (NR TSU)  
36, Lenin Str., Tomsk, 634050, Russian Federation

<sup>2</sup> Siberian State Medical University (SSMU)  
2, Moscow Trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation

<sup>3</sup> National Research Tomsk Polytechnic University (NR TPU)  
30, Lenin Str., Tomsk, 634050, Russian Federation

### ABSTRACT

It is shown that strength-training athletes and track and field athletes have endothelial dysfunction. The vascular endothelium activity is not related to the direction of physical exercises. At the same time, the dynamic physical exercise induces endothelium vasodilatation function in all groups. Apparently, it can be the adaptive response to regular high-intensity physical exercises. At the same time it is a risk factor for acute vascular disorders.

**Key words:** endothelium, endothelial dysfunction, blood flow, vasodilation, athletes, exercise.

### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

### SOURCE OF FINANCING

The authors state that there is no funding for the study.

### CONFORMITY WITH THE PRINCIPLES OF ETHICS

The study was approved by the local ethics committee under the SSMU.

Received 20.07.2018

Accepted 09.11.2018

Kologrivova Valeriya V., Postgraduate Student, Department of Sport Tourism, Sport Physiology and Medicine, NR TSU, Tomsk, Russian Federation.

Zakharova A.N., Associate Professor, Department of Sport Tourism, Sport Physiology and Medicine, NR TSU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0003-1102-2830.

Pakhomova Elizaveta V., Student, Department of Sport Tourism, Sport Physiology and Medicine, NR TSU, Tomsk, Russian Federation.

Vasilyev Vladimir N., DBSc, Professor, Department of Physical Culture, SSMU, Tomsk.

Kapilevich Leonid V., Head of the Department of Sport Tourism, Sport Physiology and Medicine, NR TSU; Head of the Department of Physical Culture, NR TPU, Tomsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-2316-576X.

(✉) Zakharova Anna N., e-mail: azakharova91@gmail.com.