

Периферическая гемодинамика нижних конечностей пауэрлифтеров

О.В. Калабин¹, А.П. Спицин²

¹ФГБОУ ВО Вятский государственный университет, Министерство образования и науки РФ, г. Киров, Россия

²ФГБОУ ВО Кировский государственный медицинский университет, Министерство здравоохранения РФ, г. Киров, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить особенности периферической гемодинамики нижних конечностей пауэрлифтеров в зависимости от спортивной квалификации. **Материалы и методы:** исследование функции сердечно-сосудистой системы проводилось у 38 мужчин в возрасте 18-25 лет, занимающихся пауэрлифтингом. Из них 20 человек имели спортивные разряды, а 18 человек являлись кандидатами или мастерами спорта. Для исследования регионального кровотока на участках «стопа», «голень» и «бедро» применяли аппаратно-программный комплекс «Рео-Спектр-3» компании «Нейро-Софт». **Результаты:** выявлено достоверное снижение амплитуды систолической волны, амплитуды артериальной волны, амплитуды максимального систолического значения венозной компоненты на бедре у пауэрлифтеров по сравнению с контрольной группой. Выявлено также существенное снижение амплитудно-частотного показателя у пауэрлифтеров. Индекс быстрого наполнения был достоверно ниже у пауэрлифтеров. На изменение тонуса сосудистой стенки у пауэрлифтеров указывали и значения соотношения «приток-отток». На снижение тонуса мелких и средних артерий у пауэрлифтеров указывала средняя скорость медленного наполнения. Изменение сосудистого тонуса у пауэрлифтеров косвенно указывает на сдвиг вегетативного баланса в сторону преобладания симпатических влияний, то есть указывает на повышенное напряжение механизмов регуляции сердечной деятельности. **Выводы:** характер сдвигов гемоциркуляции включает изменения как в артериальном, так и в венозном звене сосудистого русла. Наиболее выраженные изменения периферического кровообращения выявлены на участках «голень» и «стопа». По мере роста спортивного мастерства характер и степень сосудистых изменений нарастает, что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей сосудистой системы нижних конечностей на интенсивные физические нагрузки.

Ключевые слова: периферическая гемодинамика, сердечно-сосудистая система, адаптация

Для цитирования: Калабин О.В., Спицин А.П. Периферическая гемодинамика нижних конечностей пауэрлифтеров // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 42-48. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.42.

The peripheral hemodynamics of the lower extremities of powerlifters

Oleg V. Kalabin¹, Anatoly P. Spitsin²

¹Vyatka State University, Kirov, Russia

²Kirov State Medical University, Kirov, Russia

ABSTRACT

Objective: to study the features of peripheral hemodynamics of the lower extremities of powerlifters depending on their experience and qualification. **Materials and methods:** the study of cardiovascular system was conducted in 38 men aged from 18 to 25 years engaged in powerlifting. 20 participants had sports categories (1-3) and 18 participants were candidates or masters of sports. To study the regional blood flow in the areas of «foot», «calf» and «hip» the hardware and software complex «Reo-Spectrum-3» of «Neuro-Soft» were used. **Results:** significant decrease in the amplitude of the systolic wave, the arterial wave, the maximum systolic value of the venous component of the hip of powerlifters was revealed in comparison with the control group. A significant decrease in the amplitude-frequency index of powerlifters was also revealed. The index of fast filling was significantly lower in powerlifters. The values of the «inflow-outflow» ratio pointed at the change of the tonus of vessel wall in powerlifters. The average speed of slow filling indicated a decrease in the tonus of small and medium arteries in powerlifters. The change in vascular tone in powerlifters indirectly indicated a shift in the autonomic balance towards the predominance of sympathetic influences. All parameters showed an increased stress of the mechanisms of regulation of cardiac activity. **Conclusions:** the nature of blood circulation shifts includes changes in both the arterial and venous parts of the blood stream. The most pronounced changes in peripheral blood circulation were found in the areas of «calf» and «foot». With the growth of sports skills, the nature and degree of vascular changes increases, which indicates a decrease in the adaptive capacity of the vascular system of the lower extremities to intense physical activity.

Key words: peripheral hemodynamics, cardiovascular system, adaptation

For citation: Kalabin OV, Spitsin AP. Peripheral hemodynamics of the lower extremities powerlifters. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):42-48. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.42.

1.1. Введение

Актуальность темы исследования обусловлена возрастающим интересом тренерских коллективов к вопросам перенапряжения сердечно-сосудистой системы у спортсменов различной квалификации и возраста [1-3]. Приспособление к различным видам деятельности – одно из важнейших свойств организма человека [4, 5]. Сердечно-сосудистая система является достаточно точным индикатором адаптационно-приспособительных реакций целостного организма к воздействию факторов внешней среды, в том числе и к физическим нагрузкам [6-8].

Применение методики реовазографии позволяет выявить особенности периферического кровообращения у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса [9]. Реографическая кривая обладает большой информативностью в плане различных аспектов регионарного кровообращения исследуемого органа [4, 9]. Форма и амплитудные характеристики реограммы зависят главным образом от состояния проходимости и тонуса сосудистого русла, пропульсионной способности сердца и позволяют оценить проходимость крупных (магистральных) артерий, объемное пульсовое кровенаполнение исследуемого органа, тонус и эластичность артерий разного калибра, состояние венозного оттока [10].

Спортивная тренировка влияет на все звенья сердечно-сосудистой системы: морфологию сердца и системную гемодинамику, состояние сосудистого русла [1, 11]. Изучению гемодинамических сдвигов у спортсменов разных видов спорта, в различных режимных условиях посвящено достаточно много работ [2, 3, 11]. Основные исследования направлены изучению регуляции кардиодинамики и центрального кровообращения. Между тем исследования, посвященные периферическому кровообращению, достаточно фрагментарны, выполнены в разных условиях и представляют неоднородные выборки спортсменов, не говоря о типологических различиях состояния регионарной гемодинамики.

Таким образом, учитывая особенности пауэрлифтинга как достаточно молодого и развивающегося вида спорта, представляет интерес изучение особенностей как центральной, так и, в особенности, периферической гемодинамики нижних конечностей. Практический интерес представляет динамика изменений периферической гемодинамики по мере роста спортивной квалификации.

Цель исследования: изучить особенности периферической гемодинамики нижних конечностей пауэрлифтеров в зависимости от спортивной квалификации.

1.2 Материалы и методы

Все исследование функции сердечно-сосудистой системы проводилось у 38 мужчин в возрасте 18-25 лет, занимающихся пауэрлифтингом в подготовительном периоде. Из них 20 человек имели спортивные разряды, а 18 человек являлись мастерами спорта или кандидатами в мастера. Контрольная группа была сопоставима по

весу, росту и возрасту и составляла 20 студентов, занимающихся физической культурой по образовательной программе для вузов. Обследовались только здоровые лица (основная и контрольная группы), которые отбирались согласно официальным критериям ВОЗ, не имеющие острых и хронических заболеваний.

Для исследования регионального кровотока на участках «стопа», «голень» и «бедро» применяли аппаратно-программный комплекс «Рео-Спектр-3» компании «Нейро-Софт» (г. Иваново), данные обрабатывали с помощью программы «Поли-Спектр». Техника наложения РВГ-электродов продольная по принципу «общего электрода». Обследование проводили в положении лежа утром после дня отдыха в комфортных микроклиматических условиях. Результаты обрабатывали при помощи пакета программ «IBM SPSS Statistics v. 20». Осуществляли определение средней (M) и среднего квадратичного отклонения (SD).

1.3 Результаты и их обсуждение

Анализ показателей реовазографии на участке «бедро» в основной и контрольной группах показал следующее. Выявлено достоверное снижение амплитуды систолической волны (Асист), амплитуды артериальной волны (Аарт), амплитуды максимального систолического значения венозной компоненты (Авен) на бедре у пауэрлифтеров по сравнению с контрольной группой (табл. 1). Если время быстрого кровенаполнения сосудов не отличалось, то время медленного кровенаполнения (Альфа 2), обусловленное тонусом сосудов среднего и мелкого калибра, было больше у пауэрлифтеров. Время систолы было достоверно изменено у пауэрлифтеров (табл. 1). Реографический индекс (РИ) был существенно ниже у пауэрлифтеров, что указывает на менее интенсивный кровоток в исследуемом сегменте (табл. 1).

Обращало внимание увеличение коэффициента асимметрии у пауэрлифтеров (КаРИ). Выявлено также существенное снижение амплитудно-частотного показателя (АЧП) у пауэрлифтеров. Диастолический и диастолический индексы, а также модифицированный диастолический индекс достоверно не отличались в основной и контрольной группе. Индекс быстрого наполнения был достоверно ниже у пауэрлифтеров. На изменение тонуса сосудистой стенки у пауэрлифтеров указывали и значения Альфа/Ткат. Увеличение Альфа/Ткат у пауэрлифтеров указывало на увеличение тонуса сосудистой стенки. Аналогичные данные получены исследователями [12] у спортсменов силовых видов спорта, но в то же время у лиц, занимающихся видами спорта с преимущественным проявлением выносливости, системная артериальная податливость, наоборот, была повышена.

На снижение тонуса мелких и средних артерий у пауэрлифтеров указывала средняя скорость медленного наполнения (Vср). Коэффициент венозного оттока как в основной, так и в контрольной группах сохранялся в пределах нормы. Индекс Симонсона был больше у пау-

Таблица 1

Показатели реовазографии на участке «бедро» (M±SD)

Table 1

Indicators of rheovasography in the «hip» area (M±SD)

Показатели/Indicators	Контроль/Control (n=20)	Пауэрлифтинг/Powerlifting (n=38)	p
Асист/Asist, Ом	0,038±0,013	0,023±0,007	0,001
Аарт/Aart, Ом	0,079±0,025	0,053±0,016	0,002
Авен/Aven, Ом	0,055±0,020	0,037±0,013	0,010
Альфа2/Alpha2, с	0,096±0,013	0,117±0,017	0,000
Тсист/Tsist, с	0,257±0,016	0,280±0,022	0,002
РИ/RI, у.е./с.у.	0,795±0,245	0,530±0,158	0,001
КаРИ/KsRI, %	9,211±6,795	19,00±10,21	0,004
АЧП/AFI, у.е./с.у.	0,853±0,238	0,581±0,159	0,000
Альфа/RR/Alpha/RR, %	17,95±2,798	21,07±3,262	0,003
ИБН/QFI, %	46,95±3,374	43,47±4,627	0,016
Альфа/Ткат/Alpha/Tcat	0,220±0,043	0,270±0,053	0,002
Vmax/Vmax, Ом/с	0,778±0,244	0,486±0,147	0,001
Vcp/Vmid, Ом/с	0,444±0,142	0,259±0,082	0,000

n – количество испытуемых/number of subjects

эрлифтеров (27,67±13,88% против 20,58±10,19% в контрольной группе). Реакция мелких артерий и крупных артериол находится, как известно, преимущественно под непосредственным контролем нервной системы [2, 5].

Изменение сосудистого тонуса у пауэрлифтеров косвенно указывает на сдвиг вегетативного баланса в сторону преобладания симпатических влияний, то есть указывает на повышенное напряжение механизмов регуляции сердечной деятельности. Это подтверждается данными работы [13], в которой установлено увеличение нормализованной мощности LF-волн, а также индекса LF/HF, отражающих активацию симпатического отдела ВНС, после трехмесячной силовой тренировки у здоровых пожилых мужчин.

Анализ показателей реовазографии «голени» в основной и контрольной группах выявил следующие особенности. Амплитуда реограммы на уровне систолического максимума производной, а также амплитуда артериальной компоненты реограммы в основной и контрольной группах достоверно не отличались. Однако амплитуда венозной составляющей реограммы (Авен), амплитуда на уровне инцизуры (Аинц), а также амплитуда на уровне дикротического зубца (Адик) различались достоверно (табл. 2). У пауэрлифтеров наблюдается снижение Авен, Аинц и Адик. Время распространения пульсовой волны от сердца не имело достоверных различий (табл. 2). Характерно изменение времени как быстрого (Альфа1), так и медленного (Альфа2) кровенаполнения, причем время медленного кровенаполнения изменялось в большей степени. Увеличение этих показателей

считается характерным для уменьшения растяжимости артерий крупного и среднего калибра, например, в связи с повышением их тонуса, причем в большей степени страдают сосуды среднего калибра. Рядом авторов [2, 14] высказывается предположение, что хронические изменения кровотока при мышечных нагрузках способны направленно изменять диаметр вовлеченных артериальных сосудов.

Также была изменена длительность систолы, длительность катакроты и длительность диастолы. У спортсменов они оказались достоверно больше по сравнению с контрольной группой (табл. 2). В то же время РИ и АЧП не имели достоверных различий. Индекс быстрого наполнения (ИБН) был меньше у спортсменов, что также указывает на повышение тонуса крупных артерий. На изменение эластичности сосудистой стенки артерий мелкого и среднего калибра указывает изменение показателя замедления кровотока (ПЗК). Соотношение времени быстрого и медленного кровенаполнения (Альфа1/Альфа2) у пауэрлифтеров было сдвинуто в сторону преобладания тонуса крупных сосудов (табл. 2). Также достоверно отличался показатель состояния венозного оттока (ПВО). ПВО у пауэрлифтеров был существенно больше 9,0±1,09% против 3,58±1,07% в контрольной группе, p = 0,028. Известно, что отток крови снизу вверх обеспечивает ряд факторов, важнейшим из которых является сокращение мышц при физической нагрузке. По-видимому, продолжительные статические нагрузки (подъем тяжестей), периодическое и длительное напряжение мышц нижних конечностей создает препятствие

Таблица 2

Показатели реовазографии на участке «голень» (M±SD)

Table 2

Indicators of rheovasography in the «calf» area (M±SD)

Показатели/Indicators	Контроль/Control (n=20)	Пауэрлифтинг/Powerlifting (n=38)	p
Авен/Aven, Ом	0,083±0,021	0,067±0,020	0,015
Аинц/Ainc, Ом	0,044±0,023	0,023±0,014	0,006
Адик/Adik, Ом	0,041±0,014	0,031±0,010	0,034
Альфа1/Alpha1, с	0,063±0,004	0,068±0,007	0,015
Альфа2/Alpha2, с	0,068±0,005	0,085±0,015	0,000
Тсист/Tsist, с	0,182±0,016	0,238±0,024	0,000
Тдик/Tdik, с	0,268±0,090	0,382±0,077	0,001
Тдиаст/Tdiast, с	0,751±0,135	0,667±0,102	0,035
ДИК/DIK, %	41,89±17,85	24,65±15,05	0,017
Авен/Аарт/Aven/Aart, %	83,21±5,287	72,24±9,654	0,000
Альфа/RR/Alpha/RR, %	14,26±2,182	17,12±1,996	0,000
ИБН/QFI, %	51,37±1,17	47,94±4,493	0,001
A1/A2/A1/A2, у.е./с.у.	0,915±0,074	0,818±0,157	0,018
ИВО_Сим/IVO_Sim, %	23,53±8,023	29,77±11,82	0,039

n – количество испытуемых/number of subjects

для нормального оттока венозной крови. Индекс Симонсона также свидетельствует об изменении оттока крови по венам у спортсменов (табл. 2).

Сравнительный анализ показателей реовазографии «стопы» показал следующее. Амплитуды реограммы на уровне систолического максимума, амплитуда артериальной компоненты реограммы, а также амплитуда венозной составляющей реограммы достоверно не отличались в основной и контрольной группах (табл. 3). Однако амплитуда на уровне инцизуры и на уровне диастолического зубца различались достоверно (табл. 3). У пауэрлифтеров, особенно, амплитуда на уровне инцизуры была меньше. Также отличались время быстрого и медленного кровенаполнения. Достоверно отличалась и длительность диастолы. В целом реографический индекс, а также амплитудно-частотный показатель достоверно не отличались, что указывает на сохранность артериального кровотока в исследуемом сегменте (стопе). Диастолический индекс (ДИИ) отличался достоверно (табл. 3), у пауэрлифтеров он был меньше. Показатель замедления кровотока (ПЗК) был достоверно выше у спортсменов. Показатель состояния венозного оттока также был существенно больше у пауэрлифтеров (6,14±1,18% против 2,61±0,78% в контроле, p = 0,012).

Работами некоторых авторов [2] показано, что даже небольшие величины изменений венозного возврата к сердцу (3-7% исходного кровотока в полых венах) имеют существенное значение для изменений сердечного выброса и системного артериального давления.

Однако индекс Симонсона отличался не достоверно, хотя у спортсменов он был больше (28,12±16,61% против 22,74±9,70%). Относительный показатель (ОПбета), который дает информацию о взаимосвязи венозного оттока с артериальным, достоверно отличался в основной и контрольной группах, у пауэрлифтеров он был меньше (табл. 3).

Особенности кровотока нижних конечностей у пауэрлифтеров в зависимости от спортивной квалификации. Показатели реовазографии у спортсменов в зависимости от спортивной квалификации на участке «бедро» были следующими. Амплитудные показатели на участке «бедро» были следующими: амплитуда волны, соответствующая наиболее выраженному пику производной, амплитуда артериальной составляющей волны, амплитуда максимального систолического значения венозной компоненты достоверно не различались. Также не имели достоверных различий время быстрого и медленного кровенаполнения.

Достоверно различались время систолы и время диастолы. Время систолы у мастеров спорта было больше чем у разрядников (0,292±0,025 с против 0,270±0,013 с, p = 0,037). Достоверные различия выявлены в длительности катакроды (0,655±0,073 с против 0,791±0,093 с у разрядников, p = 0,015). Вместе с тем величина реографического индекса, а также АЧП отличались не достоверно, хотя у мастеров они были меньше. Показатели венозного оттока (ПВО, КВО, ИВО_Сим) также различались не достоверно.

Таблица 3

Показатели реовазографии на участке «стопа» (M±SD)

Table 3

Indicators of rheovasography in the «foot» area (M±SD)

Показатели/Indicators	Контроль/Control (n=20)	Пауэрлифтинг/Powerlifting (n=38)	p
Аинц/Ainc, Ом	0,052±0,022	0,031±0,022	0,004
Адик/Adik, Ом	0,054±0,017	0,043±0,017	0,036
Альфа1/Alpha1, с	0,061±0,004	0,071±0,015	0,023
Альфа2/Alpha2, с	0,060±0,004	0,074±0,012	0,000
Альфа/Alpha, с	0,121±0,008	0,145±0,023	0,000
Тсист/Tsist, с	0,165±0,011	0,219±0,046	0,000
Тдик/Tdik, с	0,222±0,093	0,364±0,094	0,001
ДИК/DIK, %	47,53±15,72	27,76±16,86	0,001
ДИА/DIA, %	50,05±12,69	38,94±12,27	0,005
ИБН/QFI, %	52,63±1,165	51,53±2,528	0,247
Альфа/Ткат/Alpha/Tcat	0,153±0,022	0,192±0,043	0,000
ПЗК/DBF, с	0,077±0,004	0,089±0,009	0,000
КВО/KVO, %	86,79±1,686	83,82±2,767	0,000
ДО/DR, %	81,89±2,331	75,53±6,920	0,000
ПБета/SBeta, у.е./c.u.	1,206±0,235	1,018±0,268	0,029
ОПбета/RMBeta, у.е./c.u.	79,16±16,99	68,12±21,93	0,031

n – количество испытуемых / number of subjects

Таблица 4

Показатели реовазографии на участке «голень» у пауэрлифтеров (M±SD)

Table 4

Indicators of rheovasography in the «calf» area in powerlifters (M±SD)

Показатели/Indicators	Разрядники/Arresters (n=20)	Мастера/Masters	p
Адик/Adik, Ом	0,026±0,009	0,039±0,006	0,011
Акат/Acat, Ом	0,021±0,012	0,036±0,005	0,006
Альфа2/ Alpha2, с	0,078±0,007	0,096±0,018	0,016
Альфа/Alpha, с	0,146±0,008	0,164±0,017	0,021
Тсист/Tsist, с	0,226±0,020	0,254±0,019	0,014
Тдиаст/Tdiast, с	0,621±0,080	0,732±0,098	0,057
Ткат/Tcat, с	0,702±0,082	0,821±0,092	0,013
РИ/RI, у.е./c.u.	0,912±0,255	0,938±0,128	0,733
АЧП/AFI, у.е./c.u.	1,077±0,290	0,964±0,196	0,205
ДИА/DIA, %	29,90±9,678	41,43±6,901	0,022
ИБН/QFI, %	49,60±2,633	45,57±5,682	0,034
ИВО_Сим/IVO_Sim, %	23,50±11,45	38,71±4,112	0,003
ОПбета/RMBeta, у.е./c.u.	62,90±12,99	52,43±5,968	0,063

n – количество испытуемых / number of subjects

Таблица 5

Показатели реовазографии на участке «стопа» у пауэрлифтеров (M±SD)

Table 5

Indicators of rheovasography in the «foot» area in powerlifters (M±SD)

Показатели/Indicators	Разрядники/Arresters (n=20)	Мастера/Masters (n=18)	p
Авен/Aven, Ом	0,076±0,039	0,100±0,020	0,040
Адик/Adik, Ом	0,036±0,017	0,056±0,011	0,032
АЧП/AFI, у.е./с.у.	1,149±0,395	1,320±0,164	0,204
ПБета/SBeta, у.е./с.у.	1,114±0,305	0,881±0,121	0,064
ОПбета/RMBeta, у.е./с.у.	76,10±24,97	56,71±9,447	0,056

n – количество испытуемых / number of subjects

Показатели реовазографии у спортсменов в зависимости от квалификации на участке «голень» были следующими. Достоверные различия выявлены в величине амплитуды дикроты. У мастеров спорта она была существенно больше, что указывает на изменение оттока крови. На это указывало также и время медленного кровенаполнения (табл. 4). Отличалось и время систолы (табл. 4). Вместе с тем такие важнейшие показатели, как РИ и АПЧ не имели достоверных различий. Однако индекс быстрого наполнения у мастеров был ниже, что указывает на повышение тонуса крупных артерий (табл. 4). На изменение венозного оттока в данной области (голень) указывали значения ИВО_Сим, что можно рассматривать как признак венозного застоя. На это также указывало и значение ОПбета.

Показатели реовазографии у спортсменов в зависимости от квалификации на участке «стопа» были следующими. Достоверные различия выявлены в амплитуде венозной составляющей реограммы и амплитуде реограммы на уровне дикротического зубца, а также

амплитуде реограммы на середине катакроты (табл. 5). Временные показатели реограммы (Альфа1, Альфа2), а также РИ и АЧП отличались не достоверно (табл. 5). Реографический показатель также указывал на признаки венозного застоя. У мастеров и кандидатов в мастера он достигал 0,902±0,130%, а у разрядников – 0,737±0,257%, p = 0,064. На признаки ухудшения венозного оттока также указывали значения Пбета и ОПбета (табл. 5).

1.4 Выводы

1. Характер сдвигов гемоциркуляции у пауэрлифтеров включает изменения, как в артериальном, так и в венозном звене сосудистого русла. Наиболее выраженные изменения периферического кровообращения выявлены на участках «голень» и «стопа».

2. По мере роста спортивного мастерства характер и степень сосудистых изменений нарастает, что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей сосудистой системы нижних конечностей на интенсивные физические нагрузки.

Список литературы

1. **Дорофеева С.С.** Состояние некоторых гуморальных регуляторных систем у спортсменов высокого класса // Украинский медицинский альманах. 2005. Т.7. С. 63-5.
2. **Дратцев Е.Ю.** Особенности регионального мышечного кровообращения у спортсменов высокой квалификации: диссертация кандидата биологических наук. Ярославль, 2008. 156 с.
3. **Дьякова Е.Ю., Миронов А.А.** Особенности адаптации периферического кровообращения у спортсменов, занимающихся подводным плаванием в ластах // Теория и практика физической культуры. 2017. №10. С. 83-5.
4. **Кабачкова А.В., Кологривова В.В., Фраш С.С., Каплевич Л.В.** Реакция периферической гемодинамики нетренированных мужчин на выполнение дозированной физической нагрузки // Теория и практика физической культуры. 2017. №2. С. 89-93.
5. **Fisher JP, Young CN, Fadel PJ.** Autonomic Adjustments to Exercise in Humans // Comprehensive Physiology. 2015. Vol.5, №2. P. 475-512. DOI: 10.1002/cphy.c140022.
6. **Кудря О.Н., Вернер В.В.** Вегетативная регуляция сердечно-сосудистой системы и системы энергообеспечения мышеч-

References

1. **Dorofeeva SS.** State of some humoral regulatory systems in high-class athletes. Ukrainian medical almanac. 2005;(7):63-65. Russian.
2. **Dratcev EYu.** Features of regional muscle blood circulation in highly qualified athletes: thesis candidate of biological Sciences. Yaroslavl, 2008. 156 p. Russian.
3. **Dyakova EYu, Mironov AA.** Features of adaptation of peripheral blood circulation in athletes involved in scuba diving in fins. Theory and practice of physical culture. 2017;(10):83-5. Russian.
4. **Kabachkova AV, Kologrivov VV, Frash SS, Kapilevich LV.** Reaction of peripheral hemodynamics untrained men into doing the dosed physical load. Theory and practice of physical culture. 2017;(2):89-93. Russian.
5. **Fisher JP, Young CN, Fadel PJ.** Autonomic Adjustments to Exercise in Humans. Comprehensive Physiology. 2015;5(2):475-512. DOI: 10.1002/cphy.c140022.
6. **Kudrya ON, Verner VV.** Vegetative regulation of cardiovascular system and energy supply system of muscle activity in the

ной деятельности при выполнении дозированных нагрузок юными спортсменами // Теория и практика физической культуры. 2009. №3. С. 36-42.

7. **Calbet JAL, Boushel R.** Assessment of cardiac output with transpulmonary thermodilution during exercise in humans // *J Appl Physiol.* 2015. Vol.118, №1. P. 1-10. DOI: 10.1152/jappphysiol.00686.2014.

8. **Calbet JAL, González Alonso J, Helge JW, Søndergaard H, Munch Andersen T, Saltin B, Boushel R.** Central and peripheral hemodynamics in exercising humans: leg vs arm exercise // *Scand J Med Sci Sports.* 2015. Vol.25, №4. P. 144-57. DOI: 10.1111/sms.12604.

9. **Замчий Т.П.** Особенности системы кровообращения, морфологического и психофизиологического статуса женщин, занимающихся силовыми видами спорта: диссертация кандидата биологических наук. Томск, 2011. 156 с.

10. **Bada AA, Svendsen JH, Secher NH, Saltin B, Mortensen SP.** Peripheral vasodilatation determines cardiac output in exercising humans: insight from atrial pacing // *J. Physiol.* 2012. Vol.590, №8. P. 2051-60. DOI: 10.1113/jphysiol.2011.225334.

11. **Кирьянова М.А.** Особенности центрального и периферического кровообращения пловцов и легкоатлетов с учетом специфики мышечной деятельности: диссертация кандидата биологических наук. Чебоксары, 2011. 214 с.

12. **Sugawara J, Maeda S, Otsuki T, Tanabe T, Ajisaka R, Matsuda M.** Effects of nitric oxide synthase inhibitor on decrease in peripheral arterial stiffness with acute low-intensity aerobic exercise // *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004. Vol.287, №6. P. 2666-9. DOI: 10.1152/ajpheart.00077.2004.

13. **Melo RC, Quiterio RJ, Takahashi ACM.** High eccentric strength training reduces heart rate variability in healthy older men // *Sports Med.* 2008. №42. P. 59. DOI: 10.1136/bjism.2007.035246.

14. **Girerd X, Laurent S, Safar ME.** Structure changes of large conduit arteries in hypertension // *J Hypertens.* 1996. №14. P. 545-55.

performance of dosed loads by young athletes. Theory and practice of physical culture. 2009;(3):36-42. Russian.

7. **Calbet JAL, Boushel R.** Assessment of cardiac output with transpulmonarythermodilution during exercise in humans. *J Appl Physiol*, 2015;118(1):1-10. DOI: 10.1152/jappphysiol.00686.2014.

8. **Calbet JAL, González Alonso J, Helge JW, Søndergaard H, Munch Andersen T, Saltin B, Boushel R.** Central and peripheral hemodynamics in exercising humans: leg vs arm exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(4):144-57. DOI: 10.1111/sms.12604.

9. **Zamchiy TP.** Features of the system of blood circulation, morphological and psychophysiological status of women engaged in power sports: the dissertation of the candidate of biological sciences. Tomsk, 2011. 156 p. Russian.

10. **Bada AA, Svendsen JH, Secher NH, Saltin B, Mortensen SP.** Peripheral vasodilatation determines cardiac output in exercising humans: insight from atrial pacing. *J Physiol.* 2012;590(8):2051-60. DOI: 10.1113/jphysiol.2011.225334.

11. **Kiryanova MA.** Features of the Central and peripheral blood circulation of swimmers and athletes taking into account the specifics of muscle activity: the dissertation of the candidate of biological sciences. Cheboksary, 2011. 214 p. Russian.

12. **Sugawara J, Maeda S, Otsuki T, Tanabe T, Ajisaka R, Matsuda M.** Effects of nitric oxide synthase inhibitor on decrease in peripheral arterial stiffness with acute low-intensity aerobic exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004;287(6):2666-9. DOI: 10.1152/ajpheart.00077.2004.

13. **Melo RC, Quiterio RJ, Takahashi ACM.** High eccentric strength training reduces heart rate variability in healthy older men. *Sports Med.* 2008;(42):59. DOI: 10.1136/bjism.2007.035246.

14. **Girerd X, Laurent S, Safar ME.** Structure changes of large conduit arteries in hypertension. *J Hypertens.* 1996;(14):545-55.

Сведения об авторах:

Калабин Олег Владимирович, ассистент кафедры физического воспитания ФГБОУ ВО Вятский государственный университет Минобрнауки России. ORCID ID: 0000-0002-5383-5007 (+7 (912) 338-70-07, kalabinoleg@gmail.com)

Спицин Анатолий Павлович, д.м.н., проф., зав. кафедрой патофизиологии ФГБОУ ВО Кировский государственный медицинский университет Минздрава России. ORCID ID: 0000-0002-0942-6361

Information about the authors:

Oleg V. Kalabin, Assistant of the Department of Physical Education of the Vyatka State University. ORCID ID: 0000-0002-5383-5007 (+7 (912) 338-70-07, kalabinoleg@gmail.com)

Anatoly P. Spitsin, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Pathophysiology Department of the Kirov State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-0942-6361

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 26.05.2018

Принята к публикации: 14.06.2018

Received: 26 May 2018

Accepted: 14 June 2018