

А. А. Ахапкина, П. В. Михайлов, А. В. Станкевич, А. А. Овцынова, П. Ю. Буланов

**Изменения параметров микроциркуляции у юных спортсменов
под влиянием дозированных мышечных нагрузок**

Были исследованы изменения кровообращения, дыхания и микроциркуляции у юных спортсменов разного возраста и взрослых лиц. Результаты исследования показали, что у юных спортсменов 11–13 лет число функционирующих капилляров в состоянии покоя несущественно отличается от данного показателя в группах юных спортсменов 15–17 лет и взрослых лиц. В тоже время, величина микрососудистой перфузии в покое у детей первой группы была существенно выше, чем у испытуемых второй и третьей групп. Физическая нагрузка во всех группах вызывала увеличение показателей ФПК и AVG, но наиболее выраженные изменения были зарегистрированы в группе взрослых спортсменов.

Ключевые слова: микроциркуляция, юные спортсмены, лазерная доплеровская визуализация, аэробные упражнения, тест PWC₁₇₀.

A. A. Akharkina, P. V. Mikhailov, A. V. Stankevich, A. A. Ovtsynova, P. Ju. Bulanov

Changes of microcirculation parameters in young athletes after aerobic exercises

Changes of blood circulation, breath and microcirculation in young athletes of different age and grown-up persons were investigated. Results of the research showed that in young athletes of 11–13 years the number of functioning capillaries in condition of rest insignificantly differs from this indicator in groups of young athletes of 15–17 years and grown-up persons. At the same time, the size of microvascular perfusion in condition of rest in children of the first group was significantly higher, than in athletes of the second and third groups. Physical activity in all groups caused the increase in indicators of FPK and AVG, but the most vivid changes were registered in the group of grown-up athletes.

Keywords: microcirculation, young athletes, Laser Doppler Imaging, aerobic exercises, test PWC₁₇₀.

Адаптационные изменения в организме при разных средовых воздействиях включают и микрососудистые изменения. При этом адаптационные перестройки микроциркуляторного русла могут отражать и направленность спортивной подготовки [4, 9]. Подтверждением этому служат результаты исследований, согласно которым, у взрослых спортсменов с высокой аэробной работоспособностью отмечается экономизация кровотока в покое, и более значительное, в сравнении с нетренированными лицами, увеличение микроциркуляции после дозированных мышечных нагрузок [7, 8, 9]. Кроме самой мышечной нагрузки на структуру и функцию системы микроциркуляции может сказаться и возраст занимающихся, особенно на первых этапах спортивной подготовки в детстве и юности. Однако, исследования, посвященные оценке микроциркуляции у юных спортсменов не многочисленны. Это не позволяет точно определить роль возрастных преобразования системы микроциркуляции, влияющих на реактивность микрососудов при функциональных нагрузках [5, 6].

Цель данного исследования – сравнить параметры микроциркуляции у юных спортсменов разного возраста, специализирующихся в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости.

Материал и методы

В исследовании приняли участие спортсмены, которые были разделены на три возрастные группы. Первую группу составили мальчики и девочки (n=6) возраст 11–13 лет, вторую группу – юноши и девушки (n=8) возраст 15–17 лет, третью группу (n=12) взрослые испытуемые, возраст 19–25 лет.

В состоянии покоя у испытуемых всех возрастных групп регистрировали основные антропометрические показатели, а также гемодинамику: артериальное давление (АД), частоту сердечных сокращений (ЧСС), с последующим расчетом среднего АД (АД_{ср}) и двойного произведения (ДП), степень оксигенации артериальной крови (пульсоксиметр Nonin 8500). Кроме того, оценивали жизненную емкость легких (ЖЕЛ) (спиротест УСПЦ) и жизненный индекс (ЖИ).

Физическую работоспособность оценивали с помощью велоэргометрического теста PWC_{170} (Велоэргометр Kettler, X3) со ступенчато возрастающей нагрузкой [1].

При анализе микроциркуляции определяли число функционирующих капилляров (ФПК) в 1мм^2 , используя метод биомикроскопии сосудов ногтевого ложа. Микрососудистую перфузию исследовали с помощью метода лазерной доплеровской визуализации (аппарат Easy-LDI компании AIMAGO SA, Швейцария). Результаты получали в относительных перфузионных единицах (AVG), отражающих количество крови протекающей в единицу времени в одной кубической единице объема исследуемой ткани.

Статистическая обработка полученных данных производилась с помощью программы StatSoft Statistica v6.0. Для определения различий между группами испытуемых использовался критерий Mann-Whitney, с целью оценки достоверности внутригрупповой динамики параметров микроциркуляции до и после физической нагрузки – тест Wilcoxon. Данные в тексте и таблицах представлены как $M \pm \sigma$.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты антропометрических измерений и оценки функционального состояния испытуемых до нагрузки представлены в таблице 1. Из приведенных данных видно, что, параметры, характеризующие как антропометрические показатели, так и показатели гемодинамики, соответствуют возрастным нормам для всех рассматриваемых групп испытуемых [3].

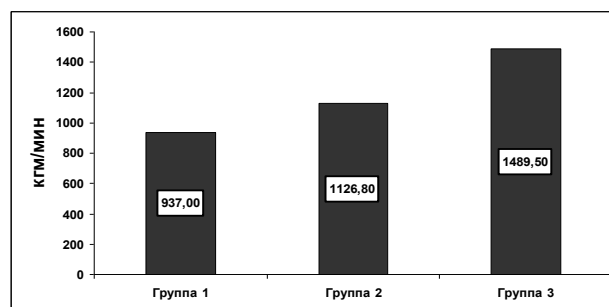


Рис. 1. Физическая работоспособность по тесту PWC_{170} у испытуемых разного возраста (в абсолютных величинах)

Обозначения: Группа 1 – дети 11–13 лет; Группа 2 – юноши и девушки 15–17 лет; Группа 3 – взрослые испытуемые 19–25 лет

Таблица 1. Антропометрические и гемодинамические показатели у испытуемых в состоянии покоя

Показатель	$M \pm \sigma$		
	Группа 1 (n=6)	Группа 2 (n=8)	Группа 3 (n=12)
Рост, см	157,0±4,0	167,3±6,6	174,4±9,0
Вес, кг	42,5±4,8	57,9±9,0	68,3±11,8
Весо-ростовой индекс	270,4±26,2	345,3±43,9	389,7±52,2
ЧСС уд./мин	65,8±11,0	70,4±18,4	60,8±6,1
САД, мм рт. ст.	102,0±6,9	114,6±13,7	116,3±8,2
ДАД, мм рт. ст.	54,8±2,5	68,9±11,3	66,8±8,6
АДер. мм рт. ст.	70,4±3,8	83,9±11,4	83,1±6,9
ДП, усл.ед.	55,2±7,1	81,3±23,1	76,9±12,2
ЖЕЛ, мл	2966,7±250,3	3700,0±747,3	4725,0±1007,4
ЖИ, мл/кг	70,5±9,3	64,4±11,3	69,7±12,1

Обозначения: САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ДП – двойное произведение; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ЖИ – жизненный индекс (ЖИ = ЖЕЛ/масса тела).

Результаты оценки физической работоспособности по тесту PWC_{170} представлены на рисунке 1. При этом максимальное потребление кислорода (МПК) составило в первой группе $2,8 \pm 0,1$ л/мин, во второй – $3,2 \pm 0,4$ л/мин, в третьей – $3,7 \pm 0,6$ л/мин. Это позволяет заключить, что полученные результаты выше средних пока-

зателей нетренированных лиц по всем возрастным группам [2].

Различия ФПК по всем трем группами не были статистически достоверны. Вместе с тем необходимо отметить, что наибольшее значение ФПК было зарегистрировано в третьей группе, и составило $53,7 \pm 11,6$ в 1мм^2 (табл. 2). Тогда как по данным LDI у испытуемых этой группы

имелись самые низкие показатели микрососудистой перфузии (Табл. 2). Перфузия составила $7,4 \pm 1,2$ отн. ед., тогда как в первой группе – $10,6 \pm 1,1$ отн. ед. Различия между рассматриваемыми показателями были статистически досто-

верными ($p < 0,05$). Относительно второй группы, следует отметить, что среднее значение AVG для нее составило $8,2 \pm 1,3$ отн. ед., однако данный показатель не отличался достоверно от значений AVG как первой, так и третьей группы (табл. 2).

Таблица 2. Результаты оценки параметров микроциркуляции ($M \pm \sigma$)

Показатели	Группа 1 (n=6)		Группа 2 (n=8)		Группа 3 (n=12)	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
ФПК	$52,9 \pm 5,7$	$55,5 \pm 6,8$	$51,2 \pm 5,2$	$58,2 \pm 5,7$	$53,7 \pm 11,6$	$59,5 \pm 14,7$
AVG, отн. ед.	$10,6 \pm 1,1$	$15,6 \pm 4,4$	$8,2 \pm 1,3$	$11,4 \pm 1,8$	$7,4 \pm 1,2$	$12,8 \pm 3,7$

Обозначения: ФПК – функциональная плотность капилляров; AVG показатель микрососудистой перфузии (условные единицы)

После нагрузки во всех трех группах отмечалось увеличение числа функционирующих капилляров, которое составило: $58,2 \pm 4,7$ в 1 мм^2 в первой группе, $55,5 \pm 6,8$ в 1 мм^2 во второй, и $59,5 \pm 14,7$ в 1 мм^2 в третьей (рис. 2).

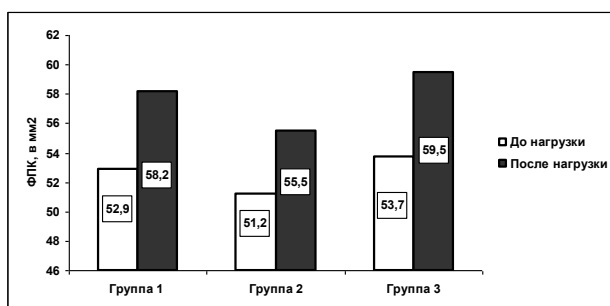


Рис. 2. Различия числа функционирующих капилляров до и после нагрузки

В первой группе AVG увеличилась на 47 %, в то время как во второй группе прирост данного показателя был менее существенным, и составил 39 % по отношению к исходному (рис. 3). Наиболее существенный прирост микрокровотока был зарегистрирован в третьей группе. Он составил 73 % ($p < 0,05$).

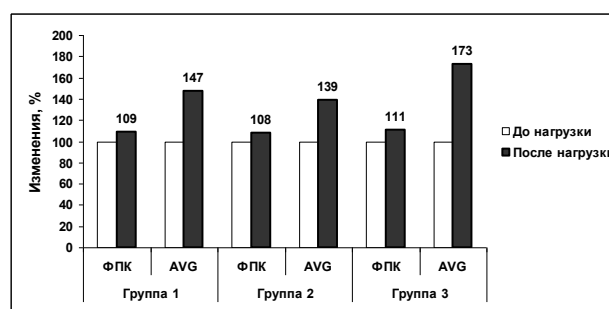


Рис. 3. Изменение числа функционирующих капилляров (ФПК) и относительных перфузионных единиц (AVG) до и после нагрузки

Заключение

В результате проведенного исследования было определено, что у юных спортсменов 11–13 лет число функционирующих капилляров в состоянии покоя несущественно отличается от данного показателя в группах юных спортсменов 15–17 лет и взрослых лиц. В тоже время, величина микрососудистой перфузии в покое у детей первой группы была существенно выше, чем у испытуемых второй и третьей групп.

Физическая нагрузка во всех группах вызывала увеличение показателей ФПК и AVG, но наиболее выраженные изменения были зарегистрированы в группе взрослых спортсменов.

Библиографический список

1. Аулик, И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте [Текст] / И. В. Аулик. – М. : Медицина, 1990. – 192 с.
2. Белоцерковский, З. Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов [Текст] / З. Б. Белоцерковский. – М. : Советский спорт, 2009. – 348 с.
3. Белоцерковский, З. Б., Любина, Б. Г. Сердечная деятельность и функциональная подготовленность у спортсменов (норма и атипичные изменения в

- нормальных и измененных условиях адаптации к физическим нагрузкам) [Текст] / З. Б. Белоцерковский, Б. Г. Любина. – М. : Советский спорт, 2012. – 548 с.
4. Васильева, В. В. Сосудистые реакции у спортсменов [Текст] / В. В. Васильева. – М. : ФиС, 1971. – 150 с.
5. Гурова, О. А., Литвин, Ф. Б. Состояние микроциркуляции у подростков по данным лазерной

доплеровской флоуметрии [Текст] / О. А. Гурова, Ф. Б. Литвин // Вестник РУДН. – 2000. – №2. – 1–4 с.

6. Козлов, В. И., Тупицын, И. О. Микроциркуляция при мышечной деятельности [Текст] / В. И. Козлов, И. О. Тупицын. – М. : ФиС. – 1982. – 135 с.

7. Михайлов, П. В. Реактивность кожных сосудов у лиц с разным уровнем тренированности [Текст] / П. В. Михайлов, А. А. Ахапкина, А. А. Муравьев // Материалы международной научной конференции. – Ярославль : Издательство ЯГПУ им. К. Д. Ушинского, 2013. – 168 с.

8. Михайлов, П. В. Состояние микроциркуляции у лиц с разным уровнем аэробной работоспособности [Текст] / П. В. Михайлов, Е. В. Круглова, Ю. Л. Масленникова, А. А. Муравьев, Е. Н. Квасовец // Ярославский педагогический вестник. Том III (Естественные науки). – 2011. – № 3. – С. 87–93.

9. Михайлов, П. В. Реакция системы микроциркуляции на физическую нагрузку разной интенсивности [Текст] / П. В. Михайлов, А. В. Муравьев, А. М. Тельнова, А. А. Муравьев, А. А. Ахапкина, О. Е. Цыро // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2012. – Т. 18. – С. 25.

Bibliograficheskiy spisok

1. Aulik, I. V. Opredelenie fizicheskoj rabotosposobnosti v klinike i sporte [Tekst] / I. V. Aulik. – M. : Medicina, 1990. – 192 s.

2. Belocerkovskij, Z. B. Jergometricheskie i kardiologicheskie kriterii fizicheskoj rabotosposobnosti u sportsmenov [Tekst] / Z. B. Belocerkovskij. – M. : Sovetskij sport, 2009. – 348 s.

3. Belocerkovskij, Z. B., Ljubina, B. G. Serdechnaja dejatel'nost' i funkcional'naja podgotovlennost' u sportsmenov (norma i atipichnye izmenenija v normal'nyh i izmenennyh uslovijah adaptacii k fizicheskim nagruzkam) [Tekst] / Z. B. Belocerkovskij, B. G. Ljubina. – M. : Sovetskij sport, 2012. – 548 s.

4. Vasil'eva, V. V. Sosudistye reakcii u sportsmenov [Tekst] / V. V. Vasil'eva. – M. : FiS, 1971. – 150 s.

5. Gurova, O. A., Litvin, F. B. Sostojanie mikroциркуляциj u подроcткoв по данным лазерной доплеровской флоуметрии [Текст] / О. А. Гурова, Ф. Б. Литвин // Вестник РУДН. – 2000. – №2. – 1–4 с.

6. Kozlov, V. I., Tupicyn, I. O. Mikroциркуляциja при мышечной деятельности [Текст] / V. I. Kozlov, I. O. Tupicyn. – M. : FiS. – 1982. – 135 s.

7. Mihajlov, P. V. Reaktivnost' kozhnyh сосудов u лиц с разным уровнем тренированности [Текст] / P. V. Mihajlov, A. A. Ahapkina, A. A. Murav'jov // Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. – Jaroslavl' : Izdatel'stvo JaGPU im. K. D, Ushinskogo, 2013. – 168 s.

8. Mihajlov, P. V. Sostojanie mikroциркуляциj u лиц с разным уровнем аэробной работоспособности [Текст] / P. V. Mihajlov, E. V. Kruglova, Ju. L. Maslennikova, A. A. Murav'jov, E. N. Kvasovec // Jaroslavskij pedagogičeskij vestnik. Tom III (Estestvennye nauki). – 2011. – № 3. – S. 87–93.

9. Mihajlov, P. V. Reakcija sistemy mikroциркуляциj na физическую нагрузку разной интенсивности [Текст] / P. V. Mihajlov, A. V. Murav'jov, A. M. Tel'nova, A. A. Murav'jov, A. A. Ahapkina, O. E. Cyro // Angiologija i сосудистая хирургия. – 2012. – Т. 18. – S. 25.