

**АНАЛИЗ СПЕЦИФИЧЕСКИХ И НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ
КОМПОНЕНТОВ КИСЛОРОДНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ТРЕНИРОВАННОГО И ДЕТРЕНИРОВАННОГО
ОРГАНИЗМА**

Аннотация. Анализировали специфические и неспецифические компоненты кислородного обеспечения тренированного и детренированного организма у высокотренированных спортсменов. Показано, что лица, проявляющие высокую аэробную производительность, обладают оптимальными параметрами функции внешнего дыхания, эффективным гематологическим профилем, экономичной работой ССС в покое, рациональной реакцией на стандартную физическую нагрузку и лучшим по степени функционального состояния сосудистым руслом нижних конечностей. У лиц, прекративших систематические занятия спортом, было найдено ухудшение параметров кислородтранспортной системы организма. В группах 1 и 2 в сравнении с контролем чаще встречались варианты генов в «сильных» позициях, отвечающих за сосудистый тонус, состояние эндотелия и стойкость тканей к гипоксии.

Ключевые слова: генотип, система крови, гемореология, сосудистый тонус, кислородное обеспечения организма

Yu.L. Maslennikova

**ANALYSIS OF SPECIFIC AND NONSPECIFIC COMPONENTS OF
OXYGEN SUPPLY IN A TRAINED AND DETRAINED ORGANISM**

Annotation. We analyzed the specific and nonspecific components of the oxygen supply of the trained and detrained organism in highly trained athletes. It was shown that individuals with high aerobic performance have optimal values characterizing the functions of external respiration, an effective hematological profile, economical work of CVS at rest, a rational response to standard physical activity and the best in terms of the degree of functional state of the vascular

bed of the lower extremities. Deterioration in the parameters of the body's oxygen transport system was found in persons who stopped systematic sports activities. In groups 1 and 2, in comparison with the control, gene variants in "strong" positions, responsible for vascular tone, endothelial state, and tissue resistance to hypoxia, were more common.

Key words: genotype, blood system, hemorheology, vascular tone, oxygen supply of the body.

Введение

Функциональная система крови находится под контролем генетического аппарата и представляет собой иерархию подсистем регуляции. [1,2]. Степень её активности зависит от скорости кровотока, реологических свойств самой крови, состояния сосудистой стенки, тканевого дыхания и генетического профиля [2,3]. Известно, что уровень функциональной активности системы крови и реологической гемодинамики может резко меняться при отклонениях физиологических функций от оптимального для метаболизма уровня, например, при спортивной тренировке и её прекращении, реагируя на воздействие факторов среды набором специфических и неспецифических компонентов [1, 2, 3, 4].

Представляется интересным рассмотреть закономерности отклонений специфических и неспецифических гомеостатических констант в ответ на длительные высокие аэробные нагрузки (спортсменки высокого уровня подготовки) и при их прекращении (детренированность).

Методика

Обследованы высокотренированные женщины (КМС, МС, МСМК) в видах спорта аэробной направленности (лыжные гонки, кросс, марафонский бег, горный бег) в возрасте от 18 до 29 лет (n=42). Они были распределены в три группы: Контрольная – здоровые нетренированные девушки, 1 – спортсменки, регулярно получающие нагрузку высокой интенсивности аэробной направленности, 2 – испытуемые, прекратившие регулярные тренировочные занятия более двух лет назад и не получающий регулярные физические нагрузки. У всех обследованных лиц определяли: - величину МПК и МПК/МТ с помощью субмакси-

мального нагрузочного теста (PWC_{170}) [4]; - базовые параметры функции внешнего дыхания методом пикфлоуметрии («Эрих Егер», Германия); - содержание форменных элементов крови в венозной крови при помощи гематологического анализатора на 9 параметров DANAM HC – 5710 Dallas, Texas; - состояние регионального кровообращения методом доплеровской ультразвуковой диагностики, «DOPLEX-2500» подробно описанной в других работах [5]. Рассчитаны М (см/сек), Тц (сек), S/D, P/I, RI, IA, PWI; - полиморфные варианты генов *BDKRB 2* (BDKRB receptor B2: 9 bp -9/+9 bp exon 1), *ACE* (rs4340: 287 bp Ins/Del ангиотензин-превращающий фермент), *AGTR 1* (rs5186 angiotensin II receptor, vascular type 1 1166 A>C), *EPAS 1* (ген эндотелиального PAS-домена, белок 1 (*HIF2A*) A/G интрон1), *VEGFA* (Vascular endothelial growth factor A; -634G/C), *PPARG* (34 C>G (Pro12Ala) ген ядерного гамма-рецептора, активируемого пролифераторами пероксисом) из образцов венозной крови испытуемых (амплификатор ДТ-96 (ЗАО «НПФ ДНК-Технология», Россия; капиллярный секвенатор ABI PRISM 310, США). Проводили статистическую обработку данных.

Результаты и их обсуждение

У тренированных лиц в группе 1 активация работы мышечной системы при спортивной тренировке привела к увеличению общей аэробной производительности, экономизации работы сердечно-сосудистой системы в покое и функционального ответа на стандартную физическую нагрузку на что указывает достоверное различие ($p < 0,05$) с контролем в величине индекса Робинсона при нагрузке (на $9,00 \pm 1,49$, 23%, $p < 0,05$), абсолютных и относительные величины МПК и PWC_{170} (19% и 17% соответственно), времени восстановления (на 32%, $p < 0,05$). Параметры физической работоспособности женщин группы 2 значительно не отличались от контроля (рис. 1).

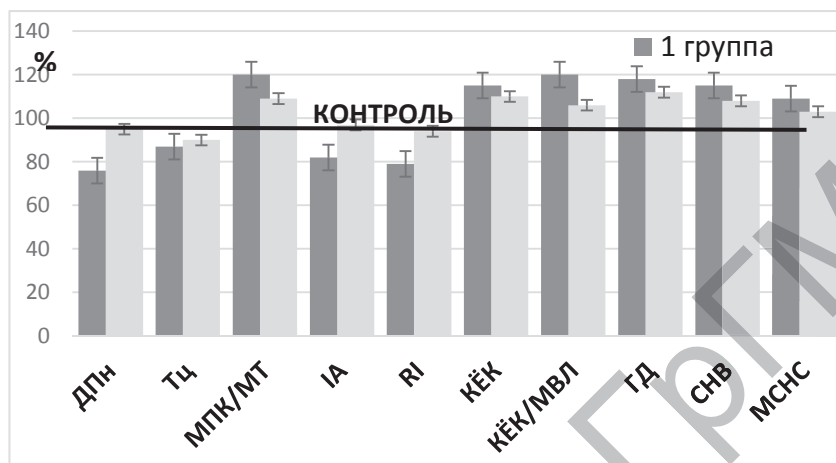


Рис. 1. Параметры, достигшие достоверных различий с контролем (ДПн – индекс Робинсона при нагрузке, Тц – длительность сердечного цикла (сек), МПК/МТ – аэробный потенциал, RI – индекс Персело, IА – индекс ускорения, КЁК – кислородная ёмкость крови, МВЛ – максимальная вентиляция лёгких, СНВ – количество гемоглобина, МСНВ – средняя концентрация гемоглобина в эритроците).

Различие в параметрах внешнего дыхания оказались достоверными лишь в отношении частоты (на 43% и 25% соответственно), глубины дыхания (на 19% и 14% соответственно) и потоковой скорости. Анализ картины гематологических показателей лиц группы 1, обнаружил высокую эффективность эритроцитарного компонента крови. Так достоверно больше были показатели общего числа эритроцитов, количества гемоглобина, среднего содержания и концентрации гемоглобина в эритроците. Кислородная ёмкость крови была достоверно выше в сравнении с контролем в группах 1 и 2 на 15% и 10 %, соответственно ($p < 0,05$), КЁК/МВЛ на 20% и 6% соответственно ($p < 0,05$).

Отметим, что в целом анализ параметров при исключении фактора высокой мышечной нагрузки свидетельствует о том, что имеет место снижение специфического компонента жизнеобеспечения у детренированных лиц, что выражается в потере ранее приобретённых адаптационных приспособлений в работе сердечно-сосудистой системы, в обеспечении функции внешнего дыхания и системы крови.

Исследование вариантов кровотока выявило, что высокие величины МПК/МТ в наибольшей степени коррелировали с величиной индекса Госслинга (PI, $r = -0,54$), индексом подъёма пульсовой волны (PWI, $r = -0,56$) и длительностью сердечного цикла (Тц, $r = 0,64$). Кроме того, в группах спортсменок выявлена достоверно большая частота I аллеля ACE гена (0,62), ассоциированного с большей активностью брадикинина и высокая встречаемость -9/-9 генотипа BDKRB 2 ассоциированного с высоким уровнем экспрессии мРНК рецептора, увеличивающего активность брадикинина.

Анализ генетического профиля женщин в группах 1 и 2 выявил большую в сравнении с контролем частоту встречаемости в «сильных» позициях вариантов генов, отвечающих за сосудистый тонус: отрицательного аллельного (-9) и гомозиготного (-9/-9) признака гена *BDKRB 2* - генотип «высокой активности брадикинина», чаще на 6 % и 4% ($p < 0,05$) гомозиготного вариант II гена *ACE*- регулятора вазопрессорной функции, на 8,5% и 8,2% ($p < 0,05$). Чаще в этих группах встречается комбинация CC гена *EPAS 1*, ассоциированного с высокой стойкостью тканей к гипоксии и регуляцией эритроцитарной функции крови, и на 8% - вариант CC гена эндотелиального фактора роста *VEGFA*, ассоциированного с генетическим детерминированием регуляции ангиогенеза, васкулогенеза, пролиферации клеток эндотелия и синтеза триглицеридов. Несмотря на то, что частоты генотипов значимо не отличаются в группах 1 и 2, и вместе с тем они, несколько ниже в группе женщин, рано прекративших спортивную карьеру (группа 2).

Заключение

Анализ специфических и неспецифических компонентов кислородного обеспечения показал, что в группе активных лиц (группа 1), в сравнении с контролем, достоверно выше оказались показатели функционального состояния сердечно-сосудистой (МПК/МТ, ДП) и дыхательной систем (ЧД, ГД, ПОС), клеточный состав крови (СНВ, МСНМ, КЭК/МВЛ), состояние регионального кровообращения по данным УЗДГ (RI, IA, PWI, Тц), и ассоциировано с «сильным» генетическим профилем. Такие условия обеспечивают эффективную систему транспорта кислорода и лучшие условия для проявления общей аэробной работоспособности. Состояние детренированности,

несмотря на высокий генетический статус, характеризуется менее эффективным обеспечением тканей кислородом.

Библиографический список

1. Фомин, Н.А., Особенности активности ферментов сы-
воротки крови у спортсменов и нетренированных лиц / Н.А. Фо-
мин, Н.М. Горохов, Л.В. Тимошенко // Теория и практика физи-
ческой культуры. - 2006.- № 1.-С. 9-11,39-41
2. Муравьев, А. В., Микроциркуляция и гемореология:
точки взаимодействия // Региональное кровообращение и гемо-
реология / А.В. Муравьев, П.В. Михайлов, И. А. Тихомирова. –
Т. 16, №2 (62), 2017. – С.91-100.
3. Солодков, А. С. Адаптация в спорте: состояние, про-
блемы, перспективы [Текст] / А. С. Солодков // Физиология че-
ловека. – 2000. – Т. 26. – № 6. – С.87 – 93.
4. Масленникова, Ю.Л. Сравнительный анализ функци-
онального состояния организма тренированных и нетренирован-
ных лиц [Текст] / Ю. Л. Масленникова, И. А. Осетров, П. В. Ми-
хайлов // Ярославский педагогический вестник. Естественные
науки – Yaroslavl pedagogical bulletin: научный журнал. – Яро-
славль:Изд-во ЯГПУ, – 2012 – № 4 – Том III (Естественные
науки). -С. 181-185.

УДК 546.221.1:612.822:616

Булаева С.В., Волкова Е.Л., Михайлов П.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ ГАЗОТРАНСМИТТЕРОВ НА МИКРОРЕОЛОГИЮ ЭРИТРОЦИТОВ И ТРОМБОЦИТОВ

Аннотация. Целью работы было исследование влияния до-
норов сероводорода и оксида азота на агрегацию и деформируе-
мость эритроцитов и агрегируемость тромбоцитов *in vitro*. Было
сформировано три группы лиц по уровню максимального потреб-
ления кислорода: с умеренным, высоким и низким аэробным потен-

© Булаева С.В., Волкова Е.Л., Михайлов П.В., 2021