

УДК 616-009.861-02:613.73:[615.322/.324:638.16/.17]-053.6/.7:796.071

DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-1-14-23

Г. А. ПРОСЕКИН, В. Н. КИМ

Дисфункция эндотелия и нарушение микроциркуляции у юных спортсменов как проявление синдрома перенапряжения: методы оценки и коррекция специализированными продуктами на основе апикомпонентов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Томск, Россия

634050, Россия, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2

E-mail: e-mail: medobutcher003@gmail.com

Статья поступила в редакцию 22.04.24 г.; принята к печати 06.09.24 г.

Резюме

Введение. Проблемы со здоровьем, высокая распространенность факторов кардиоваскулярного риска, «ранняя спортивная специализация» и частые пограничные сдвиги в сердечно-сосудистой системе у юных атлетов вызывают особый интерес специалистов. Не решена и проблема использования специализированных продуктов питания спортсменов (СПП) юного возраста. **Цель.** Оценка состояния эндотелия плечевой артерии (ПА), микрососудов склеры глаз, показателей крови, работоспособности юных атлетов до и после курса СПП на основе апикомпонентов. **Материалы и методы.** У 40 атлетов олимпийского резерва (16,1±0,4 лет) провели тест на реактивную гиперемия и гипервентиляцию для оценки потокзависимой вазодилатации (ПЗВД), вазоконстрикции (ПЗВК), биомикроскопию склеры, спирометрию, общий и биохимический анализ крови. **Результаты.** У всех атлетов обнаружили эндотелиальную дисфункцию (ЭД) ПА в виде нарушения ПЗВД, ПЗВК, роста нейровегетативного индекса напряжения (ИН), кортизола и спазма микроциркуляции. После курса СПП (медовый батончик) ПЗВД выросла на 96 % ($p=0,0001$), ПЗВК снизилась в 2 раза ($p=0,0001$), ИН уменьшился на 40 % ($p=0,0001$), а спазм микрососудов – на 65 % ($p=0,0001$). Повысились белок, эритроциты, гемоглобин, минералы и работоспособность на фоне снижения общего холестерина, триглицеридов, кортизола и мочевины. **Заключение.** Снижение ПЗВД, усиление ПЗВК, высокий ИН, повышенный кортизол и спазм микроциркуляции являются проявлением синдрома перенапряжения юных атлетов, формирующего спастический тип регионарного кровообращения, лимитирующего работоспособность и создающего предпосылки для развития артериальной гипертензии. СПП на базе медового батончика устраняет ЭД и спазм микроциркуляции, восполняет суточные потери нутриентов, обеспечивает прирост количества белков и минералов, необходимых для растущего организма. Неинвазивные методы оценки ПА и микроциркуляции актуальны и востребованы в детском спорте.

Ключевые слова: детский спорт, плечевая артерия, эндотелий, дилатация, вазоспазм, микроциркуляция, работоспособность, специализированное питание, апикомпоненты, микроэлементы

Для цитирования: Просекин Г. А., Ким В. Н. Дисфункция эндотелия и нарушение микроциркуляции у юных спортсменов как проявление синдрома перенапряжения: методы оценки и коррекция специализированными продуктами на основе апикомпонентов. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2025;24(1):14–23. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-1-14-23>.

UDC 616-009.861-02:613.73:[615.322/.324:638.16/.17]-053.6/.7:796.071

DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-1-14-23

G. A. PROSEKIN, V. N. KIM

Endothelial dysfunction and microcirculation disorder in young athletes as a manifestation of overexertion syndrome: methods of assessment and correction with specialized products based on apiculture components

Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

2, Moskovsky tract, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: medobutcher003@gmail.com

Received 22.04.24; accepted 06.09.24

Summary

Introduction. Health problems, the high prevalence of cardiovascular risk factors, «early sports specialization» and frequent borderline changes in the cardiovascular system in young athletes are of particular interest to specialists. The problem of using specialized food products (SFP) for athletes of young age has not been resolved either. **Objective.** Assessment of the state of the

brachial artery (BA) endothelium, eye sclera microvessels, blood parameters and performance of young athletes before and after a course of SFP based on apiculture components. *Materials and methods.* In 40 Olympic reserve athletes (16.1±0.4 years) were tested for reactive hyperemia and hyperventilation to assess flow-dependent vasodilatation (FDVD), constriction (FDVC), biomicroscopy of the sclera, spiroergometry, general and biochemical blood tests. *Results.* All athletes were found to have endothelial dysfunction (ED) of BA in the form of a violation of the FDVD, FDVC, an increase in the neurovegetative tension index (TI), cortisol and microcirculation spasm. After a course of SFP (honey bar), FDVD increased by 96% ($p=0.0001$), FDVC decreased by 2 times ($p=0.0001$), TI decreased by 40% ($p=0.0001$), and microvascular spasm by 65% ($p=0.0001$). Protein, red blood cells, hemoglobin, minerals and performance increased, while total cholesterol, triglycerides, cortisol and urea decreased. *Conclusion.* A decrease in FDVD, an increase in FDVC, high TI, increased cortisol and microcirculation spasm are manifestations of the overexertion syndrome in young athletes, which forms a spastic type of regional blood circulation, limiting performance and creating preconditions for the development of arterial hypertension. SFP in the form of a honey bar eliminates ED, microcirculation spasm, replenishes daily losses of nutrients, provides an increase in protein and minerals necessary for a growing body. Non-invasive methods for assessing BA and microcirculation are relevant and in demand in children's sports.

Key words: children's sports, brachial artery, endothelium, dilatation, vasospasm, microcirculation, performance, specialized nutrition, apiculture components, microelements

For citation: Prosekin G. A., Kim V. N. Endothelial dysfunction and microcirculation disorder in young athletes as a manifestation of overexertion syndrome: methods of assessment and correction with specialized products based on apiculture components. *Regional hemodynamics and microcirculation.* 2025;24(1):14–23. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-1-14-23>.

Введение

Хорошо известно, что факторы риска возникновения большинства заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС) формируются с детства. Данная парадигма, с учетом современного «омоложения спорта», имеет сегодня особый контекст, поскольку «ранняя специализация спорта» требует не только высоких нагрузок, но также вынуждает использовать у юных атлетов «взрослый протокол тренировок» и «спортивную фармакологию» [1]. При этом отсутствие специализированного питания, разрешенного спортсменам детского возраста, вызывает неполное восстановление организма, «срыв адаптации», перетренированность, оксидативный стресс, водно-электролитный дисбаланс, эндотелиальную дисфункцию (ЭД) и «стрессорную кардиомиопатию перенапряжения» [2, 3]. Подтверждением тому стали результаты оценки здоровья юных атлетов сборных России, полученные в 2020 году. Обнаружено, что в 35,3 % случаев недопуск спортсменов к тренировкам и соревнованиям был связан с отклонениями в ССС [4]. Особую тревогу вызывает рост распространенности артериальной гипертензии (АГ) у спортсменов в возрасте до 18 лет. В среднем, по данным СМАД, АГ встречается у 19,7 % атлетов. Причем в игровых видах – у 23 %, на выносливость – у 15 % и сложнокоординационных – 14,3 %, в том числе у совсем юных спортсменов высокой квалификации с неадекватным гипертензионным ответом на тест с физической нагрузкой [5] и нарушением микроэлементного состава крови [6, 7].

Исходя из этого, повышенное внимание привлекает к себе эндотелиальная дисфункция как причина перенапряжения сердца у юных атлетов [3]. Установлено, что только неповрежденные клетки эндотелия способны «чувствовать» напряжение сдвига движущейся крови и выделять вазодилатирующий фактор оксид азота [8], вызывая тем самым вазодилатацию или вазоконстрикцию артерий. К сожалению, современный спорт высших достижений связан с высокоинтенсивными психофизическими нагрузками, окислительным стрессом, ускорением процесса перекисного окисления липидов (ПОЛ), усилением функции симпатoadренальной системы (САС), АГ

и ЭД, поэтому появляются новые научные сведения о повреждении или нарушении функции эндотелиоцитов [9–11] – особенно у детей с признаками гиперсимпатикотонии. В то же время нужно учитывать, что эндотелиоциты могут подвергаться переутомлению и перенапряжению, и поэтому их чувствительность к сдвиговому напряжению может снижаться, провоцируя тем самым ЭД и спазм интактных периферических [12] и венечных артерий [13]. В частности, об этом свидетельствует 18-летнее наблюдение за лицами с признаками ЭД плечевой артерии (ПА), определяемой с помощью пробы с реактивной гиперемией, у которых впоследствии развилась ишемическая болезнь сердца [14].

Поэтому стала очевидной необходимость более детального изучения «физиологии детского спорта» и, в частности, новых исследований эндотелийзависимых локальных и системных механизмов регуляции регионарной гемодинамики и микроциркуляторного русла у спортсменов олимпийского резерва и элитных атлетов до 18 лет. А также требуется разработка и внедрение специализированной продукции для питания спортсменов (СПП) юного возраста с богатым ингредиентным составом и, главное, с безопасно и легкоусвояемыми энергетическими и пластическими природными субстратами, не относящимися к допингу, с высокой метаболической, здоровьесберегающей и спортивной эффективностью. Таким образом, выполненная работа полностью соответствует курсу на импортозамещение в области спортивного питания с целью актуализации и повышения качества и конкурентоспособности отечественных СПП, а также индивидуализации пищевого статуса у атлетов высокой квалификации [15].

Цель работы – оценить с помощью нагрузочных проб сосудодвигательную функцию эндотелия плечевой артерии и микрососудов склеры глаз, показатели крови и работоспособности у спортсменов олимпийского резерва до и после применения специализированного медового батончика F25 ApiSpeis Light.

Материалы и методы исследования

Провели рандомизированное исследование у 68 юных воспитанников Югорского колледжа-

Таблица 1

Энергетическая ценность и химический состав СПП «Медовый батончик F25 ApiSpeis Light»

Table 1

Energy value and chemical composition of the F25 ApiSpeis Light honey bar as SFP

Пищевая ценность	В 100 г продукта	В суточной порции (39 г)
Углеводы, г	59,5	23,2
Жиры, г, в том числе ПНЖК	25,0	9,8
Флавоноиды	4	1,6
Витамин А, мг (бета-каротин)	2,2 (13,2)	0,9 (5,2)
Витамин Е, мг	0,75	0,29
Кальций, мг	135,0	53,0
Магний, мг	54,0	21,0
Пищевые волокна (нерастворимые), мг	54,0	21,0
Энергетическая ценность, ккал	462	180

интерната олимпийского резерва г. Ханты-Мансийска. В основную группу вошли 40 атлетов (16,1±0,4 лет) с 2-месячным применением в суточном рационе СПП. В группу контроля включили 28 спортсменов без использования СПП. Сравнимые группы были однородными (возраст, пол, вид спорта и мастерство). У всех участников выполнялся тест на реактивную гиперемии (РГ) в плечевой артерии для изучения потокзависимой вазодилатации (ПЗВД), в норме равной 10 % и выше к исходному диаметру просвета артерии [16], и тест на гипервентиляцию (ГВ) для оценки потокзависимой вазоконстрикции (ПЗВК) плечевой артерии [17] с помощью УЗ-сканера ACUSON-X150 (США). Проводилась биомикроскопия склеры глаз с калиброметрией артериол и венул до и после ГВ на щелевой лампе SL 980 (Италия), а также оценивались максимально достигнутая нагрузка (W_{max}), максимальное потребление кислорода (МПК), время достижения порога анаэробного обмена (ПАНО), частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД) и индекс напряжения (ИН) вегетативной нервной системы (ВНС) [18] на эргометре E-Bike (США), спирографе Oxycon Pro (Германия) и электрокардиографе «Поли-Спектр 8/ЕХ» (Россия). Как пример приведен протокол возрастающего нагрузочного эргоспирометрического теста на велоэргометре: 1 мин – нагрузка 0 Вт, затем непрерывная ступенчато возрастающая нагрузка по 3 минуты, 100 Вт – 200 Вт – 300 Вт. Нагрузка прекращена на 10' теста при нагрузке 300 Вт в течение 2'34" (285,6 Вт = 4,4 Вт/кг – 113,3 %Д). Максимально достигнутая ЧСС – 181 в мин (90,4 % от максимальной возрастной ЧСС), АД – 186/80 мм рт. ст. Анаэробный порог достигнут на 8-й минуте теста при ЧСС – 168 в мин. Потребление O_2 – 2982 мл/мин = 45,9 мл/мин/кг при нагрузке 300 Вт в течение 0'51" (228,3 Вт – 90,6 %Д). Работа на уровне ПАНО в течение 1'43". Макс. значение RER – 1,11. Максимальное потребление кислорода в норме – 3483 мл/мин = 53,6 мл/мин/кг (111 %Д). Кислородный пульс в норме – 19,3 мл (125,3 %Д). Минутная вентиляция на пике повышена – 128 л/мин (120 %Д).

Дыхательный резерв снижен – 12 % (42,9Д). Соотношение VD/VT повышено – 32 (при норме 25). При этом вентиляторные эквиваленты по CO_2 (VE/VCO_2 покоя = 37, на пике нагрузки VE/VCO_2 покоя = 35,5) и по O_2 (VE/VO_2 покоя = 22, на пике нагрузки VE/VO_2 = 36,5) в покое и на всем протяжении физической нагрузки в пределах нормы. Исследование крови проводилось на биохимическом и иммуноферментном аппарате ChemWell 2910 (США). Все исследования выполнялись в рамках очередного УМО (углубленного медицинского осмотра) до и после 2-месячного использования СПП: по 1 батончику (13 г) 3 раза в день (во время или после еды). Медовый батончик одобрен ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» и получил разрешение на применение юными спортсменами с 14 лет. Состав СПП включал: корпус/начинка (перга, мед натуральный, орехи кедровые, пыльца цветочная (обножка), экстракт прополиса водный «Эй-Пи-Ви» и концентрированный «ПЭГУС», маточное молочко пчелиное лиофилизированное, мумие, хитозан низкомолекулярный, глазурь кондитерская белая (сахар, заменитель какао-масла лауринового типа, молоко сухое цельное, молочная сыворотка, эфиры полиглицерина, ароматизатор натуральный «Ванилин», краситель натуральный бета-каротин. В табл. 1 приведены сведения о пищевой, химической и энергетической ценности СПП батончика F25 ApiSpeis Light.

Критериями включения в исследование являлись: возраст до 18 лет, медицинский допуск к тренировкам и соревнованиям, а также информированное согласие на участие.

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью статистических пакетов SAS 9.3-9.4, STATISTICA 10–12, IBM–SPSS 21–24. Критическое значение уровня статистической значимости было равным 0,05. При превышении данного уровня значимости выбиралась нулевая гипотеза. При проверке нормальности распределения количественных признаков 80 % признаков в группах не имели нормального распределения. В связи с этим сравнение

Таблица 2

Функциональные показатели у всех юных атлетов до приема СПП ($M \pm m$)

Table 2

Functional indicators for all young athletes before the SFP intake ($M \pm m$)

Показатель	Основная группа, n=40	Группа контроля, n=28	p – уровень значимости
САД, мм рт. ст.	127,5 $\pm$ 2,2	129,2 $\pm$ 3,4	0,45
ЧСС, уд./мин	83,5 $\pm$ 1,7	81,8 $\pm$ 1,9	0,51
Индекс напряжения ВНС, усл. ед.	112,9 $\pm$ 9,7	95,4 $\pm$ 11,7	0,21
Wmax, METS	15,0 $\pm$ 1,91	14,7 $\pm$ 2,11	0,47
МПК, мл/мин	50,5 $\pm$ 0,51	51,0 $\pm$ 0,38	0,39
Время до ПАНО, мин	10,4 $\pm$ 1,3	10,8 $\pm$ 1,5	0,47
ПЗВД ПА 75 сек РГ, %	7,4 $\pm$ 0,5	7,8 $\pm$ 0,8	0,55
Vps ПА 75 сек РГ, см/с	64,1 $\pm$ 3,5	62,9 $\pm$ 4,0	0,35
ПЗВК ПА 5 мин ГВ, %	-9,4 $\pm$ 0,7	-9,7 $\pm$ 1,1	0,41
Vps ПА 5 мин ГВ, см/с	47,2 $\pm$ 1,5	48,1 $\pm$ 1,8	0,44
Диаметр артериол 5 мин ГВ, %	-11,5 $\pm$ 0,4	-12,1 $\pm$ 0,5	0,38
Диаметр венул 5 мин ГВ, %	-14,5 $\pm$ 0,5	-13,5 $\pm$ 0,3	0,34

Примечание: здесь и далее Wmax – максимально достигнутая нагрузка; МПК – максимальное потребление кислорода; ПАНО – порог анаэробного обмена; ВНС – вегетативная нервная система; РГ – тест на гиперемию; ГВ – тест на гипервентиляцию; Vps – скорость кровотока в ПА.

параметров провели с помощью непараметрических методов: классический дисперсионный анализ (ANOVA), дисперсионный анализ Краскела–Уоллиса и критерий Ван дер Вардена. Для количественных признаков сравниваемых групп проводили оценку средних арифметических и среднеквадратических (стандартных) ошибок среднего. Дескриптивные статистики приведены как $M \pm m$, где M – среднее, а m – ошибка среднего. Взаимосвязь признаков оценивали с помощью коэффициента Спирмена.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализируя исходные данные до приема СПП (табл. 2, 3), надо отметить, что фактически у всех юных атлетов отмечались слегка повышенные уровни САД, ЧСС, ИН и кортизола (на верхней границе референсной нормы), указывающие на некоторое напряжение симпатoadренальной системы. При этом все показатели работоспособности находились в пределах целевых тренировочных установок, разработанных в колледже-интернате олимпийского резерва.

Также у юных атлетов наблюдались несколько более высокие уровни общего холестерина и триглицеридов по сравнению с референсной нормой. Однако показатели общего белка, мочевины, эритроцитов, гемоглобина и микроэлементов находились в границах нормы. Вместе с тем практически у всех спортсменов выявлялись значительные отклонения по вазодилатации и вазоконстрикции ПА, что указывало на наличие эндотелиальной дисфункции у спортсменов олимпийского резерва с явным преобладанием ангиоспазма. В частности, показатель ПЗВД в основной и контрольной группах равнялся 7,4 % и 7,8 % при референсной норме 10 % и выше,

а потокзависимая вазоконстрикция при тесте на ГВ, характеризующая готовность ПА к спазму, составила, соответственно, -9,4 % и -9,7 % (в норме референсный уровень не должен превышать -5 %). Все это свидетельствовало о спастическом типе регионарной гемодинамики вследствие эндотелиальной дисфункции, гиперконстрикции ПА и снижении притока крови к тканям в условиях гипервентиляции у юных спортсменов, что неминуемо вызывало компенсаторный спазм микрососудов (рис. 1). Просвет артериол у атлетов основной и контрольной групп уменьшился на -11,5 % и -12,1 %, тогда как диаметр венул на -14,5 % и 13,5 %.

Таким образом, оценка исходного состояния функциональных показателей работоспособности у юных спортсменов олимпийского резерва подтвердила наличие у них признаков перенапряжения кардиоваскулярных, эндотелийзависимых и симпатoadренальных механизмов регуляции, а также необходимость дополнительного обогащения нутриентами пищевого суточного рациона с акцентом на микро- и макроэлементы.

В частности, это утверждение подтверждается наглядной динамикой функциональных и лабораторных показателей после 2-месячного применения спортсменами основной группы СПП медового батончика F25 ApiSpeis Light (табл. 4, 5), когда у атлетов не только снизились показатели САД, ЧСС и кортизола, но также устранился спазм плечевой артерии и микрососудов склеры глаз при гипервентиляции (рис. 2). Спазм артериол и венул сократился более чем на половину, причем в условиях фактически полностью восстановленной дилататорной функции эндотелия магистральной артерии (повышение

Лабораторные показатели у всех юных атлетов до приема СПП ($M \pm m$)

Table 3

Laboratory indicators for all young athletes before the SFP intake ($M \pm m$)

Показатель	Основная группа, n=40	Группа контроля, n=28	p – уровень значимости
Общий холестерин, ммоль/л	4,77±0,07	4,51±0,04	0,45
Триглицериды, моль/л	1,31±0,05	1,13±0,06	0,41
Общий белок, г/л	69,11±3,42	71,32±3,23	0,21
Мочевина, ммоль/л	5,43±0,65	5,11±0,54	0,43
Калий, моль/л	4,06±0,05	4,21±0,04	0,48
Кальций, моль/л	2,11±0,05	2,15±0,04	0,51
Железо, мкмоль/л	19,01±1,82	18,32±1,66	0,49
Магний, моль/л	0,91±0,03	0,92±0,03	0,53
Фосфор, моль/л	1,09±0,03	1,05±0,02	0,49
Кортизол, нмоль/л	363,95±8,5	367,22±7,1	0,46
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	4,93±0,02	4,7±0,02	0,23
Гемоглобин, г/л	139,5±8,5	138,2±1,1	0,44

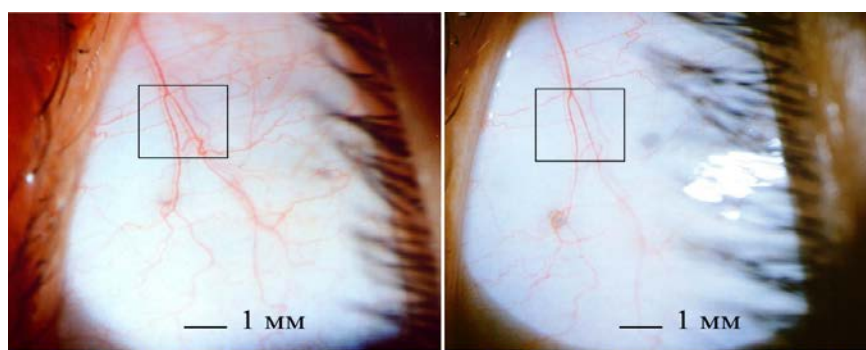


Рис. 1. Состояние микроциркуляторной сети склеры глаз у юных спортсменов до приема СПП: слева – исходное состояние; справа – на фоне гипервентиляции

Fig. 1. The state of the microcirculatory network of the eye sclera in young athletes before taking SFP: on the left – initial state; on the right – against the background of hyperventilation

ПЗВД составило 96 %, с 7,4 % до 14,5 %; $p=0,0001$) и уменьшения уровня ПЗВК более чем в 2 раза (с $-9,4$ % до $-4,4$ %; $p=0,0001$). При этом спазм просвета артериол уменьшился на 65 %, а спазм венул в ответ на гипервентиляцию не только снизился, напротив, венулы даже расширились с $-14,5$ % до 2,5 % ($p<0,0001$), что наглядно свидетельствовало о восстановлении микроциркуляторного кровообращения.

Таковыми же положительными и демонстративными оказались изменения в лабораторных показателях после применения СПП, что в сочетании со снижением уровней ИН ВНС, САД и ЧСС, восстановленной функцией эндотелия магистральных артерий и микроциркуляции является очень важным, тем более на фоне роста содержания общего белка (14 %), эритроцитов (12 %), гемоглобина (13 %), железа (19 %), кальция (13 %), калия (14 %), магния (16 %) и фосфора (14 %), а также существенного снижения показателя холестерина (14 %), триглицеридов (18 %), кортизола (16 %) и мочевины (15 %). При этом в контрольной группе, в которой юные спортсмены, не использовали СПП

на базе медового батончика и продолжали в течение 2 месяцев тренировочную и соревновательную деятельность, отмечены даже разнонаправленные функционально-лабораторные сдвиги. На рис. 3 и 4 в качестве примера отражены такие изменения.

Завершая этот раздел, необходимо отметить, что все спортсмены находились в одинаковых условиях колледжа-интерната, питались в одной столовой и выступали на одних соревнованиях. Единственное, что отличало их, так это то, что атлеты основной группы дополнительно применяли в своем суточном пищевом рационе СПП на базе медового батончика.

Обсуждая полученные результаты, прежде всего, следует сказать, что обнаруженные у атлетов признаки перенапряжения кардиоваскулярной, нейровегетативной и симпатoadренальной системы были ожидаемыми, поскольку они полностью укладываются в ранее описанные другими авторами кардиоваскулярные клинические проявления синдрома перенапряжения у юных спортсменов высокой квалификации [1–6]. Поэтому главной

Таблица 4

Функциональные показатели у спортсменов в основной группе до и после приема СПП ($M \pm m$)

Table 4

Functional indicators for athletes in the main group before and after taking SFP ($M \pm m$)

Показатель	До курса СПП, (n=40)	После курса СПП, (n=40)	p – уровень значимости
САД, мм рт. ст.	127,5 $\pm$ 2,2	112,6 $\pm$ 2,1	0,005
ЧСС, уд./мин	83,5 $\pm$ 1,7	71,1 $\pm$ 1,5	0,002
Индекс напряжения ВНС, усл. ед.	112,9 $\pm$ 9,7	67,74 $\pm$ 11,22	0,0001
Wmax, METS	15,0 $\pm$ 1,91	16,8 $\pm$ 2,3	0,0001
МПК, мл/мин	50,5 $\pm$ 0,51	56,6 $\pm$ 0,31	0,0001
Время до ПАНО, мин	10,4 $\pm$ 1,7	11,6 $\pm$ 0,9	0,001
ПЗВД ПА 75 сек РГ, %	7,4 $\pm$ 0,5	14,5 $\pm$ 1,8	0,0001
Vps ПА 75 сек РГ, см/с	64,1 $\pm$ 3,5	48,7 $\pm$ 3,3	0,0001
ПЗВК ПА 5 мин ГВ, %	-9,4 $\pm$ 0,7	-4,4 $\pm$ 1,2	0,0001
Vps ПА 5 мин ГВ, см/с	47,2 $\pm$ 1,5	55,1 $\pm$ 1,5	0,0001
Диаметр артериол 5 мин ПГВ, %	-11,5 $\pm$ 0,4	-3,91 $\pm$ 0,09	0,0001
Диаметр венул 5 мин ГВ, %	-14,5 $\pm$ 0,5	2,5 $\pm$ 0,3	0,0001

Примечание: здесь и в табл. 6 ** – $p < 0,05$ в сравнении с группой контроля-2.

Таблица 5

Лабораторные показатели у спортсменов в основной группе до и после приема СПП ($M \pm m$)

Table 5

Laboratory indicators for athletes in the main group before and after taking SFP ($M \pm m$)

Показатель	До курса СПП, n=40	После курса СПП, n=40	p – уровень значимости
Общий холестерин, ммоль/л	4,77 $\pm$ 0,07	4,1 $\pm$ 0,05	0,0001
Триглицериды, моль/л	1,31 $\pm$ 0,05	1,07 $\pm$ 0,05	0,0001
Общий белок, г/л	69,11 $\pm$ 3,42	78,79 $\pm$ 5,12	0,0001
Мочевина, ммоль/л	5,43 $\pm$ 0,65	4,62 $\pm$ 0,41	0,0001
Калий, моль/л	4,06 $\pm$ 0,05	4,63 $\pm$ 0,09	0,0001
Кальций, моль/л	2,11 $\pm$ 0,05	2,38 $\pm$ 0,07	0,0001
Железо, мкмоль/л	19,01 $\pm$ 1,82	22,73 $\pm$ 2,55	0,0001
Магний, моль/л	0,91 $\pm$ 0,03	1,06 $\pm$ 0,02	0,0001
Фосфор, моль/л	1,09 $\pm$ 0,03	1,24 $\pm$ 0,06	0,0001
Кортизол, нмоль/л	363,95 $\pm$ 8,5	309,36 $\pm$ 10,9	0,0001
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	4,93 $\pm$ 0,02	5,52 $\pm$ 0,05	0,0001
Гемоглобин, г/л	139,5 $\pm$ 8,5	157,6 $\pm$ 10,5	0,0001

отличительной особенностью нашей работы являлось клинко-инструментальное моделирование влияния эндотелийзависимой «рабочей гиперемии» и гипервентиляции на регионарное кровообращение и микроциркуляцию у юных спортсменов олимпийского резерва во время физической работы. Вот почему были применены тесты на реактивную гиперемии и гипервентиляцию, моделирующие физиологические процессы в организме юных атлетов на фоне большой психофизической нагрузки. При этом визуализирующие методы оценки помогли нам вос-

произвести, объективизировать и актуализировать состояние ключевых механизмов регуляции регионарной гемодинамики и микроциркуляторного русла, изменение которых в организме, как известно, носит системный характер [10], поскольку именно механизм ПЗВД и ПЗВК периферических артерий, через влияние оксида азота и эндотелины, включая симпатoadреналовые влияния на вазомоторную функцию эндотелия и тонус микрососудов, через действие NO, симпатическое и парасимпатическое влияние ВНС, а также стрессорных гормонов,

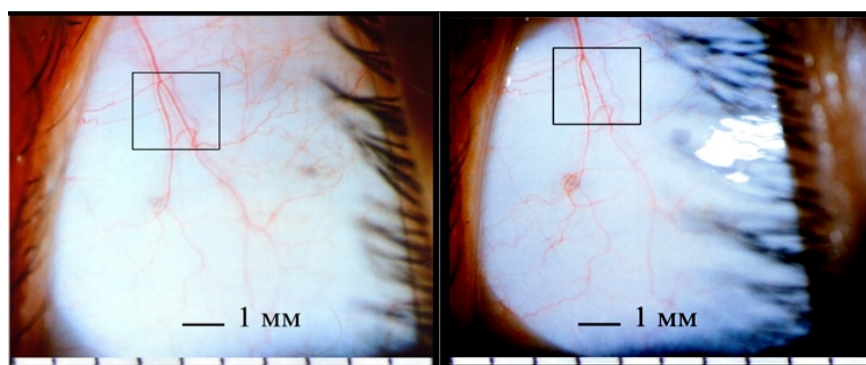


Рис. 2. Состояние микроциркуляторной сети склеры глаз у юных спортсменов после приема СПП: слева – исходное состояние; справа – на фоне гипервентиляции

Fig. 2. The state of the microcirculatory network of the eye sclera in young athletes after taking SFP: on the left – initial state; on the right – against the background of hyperventilation

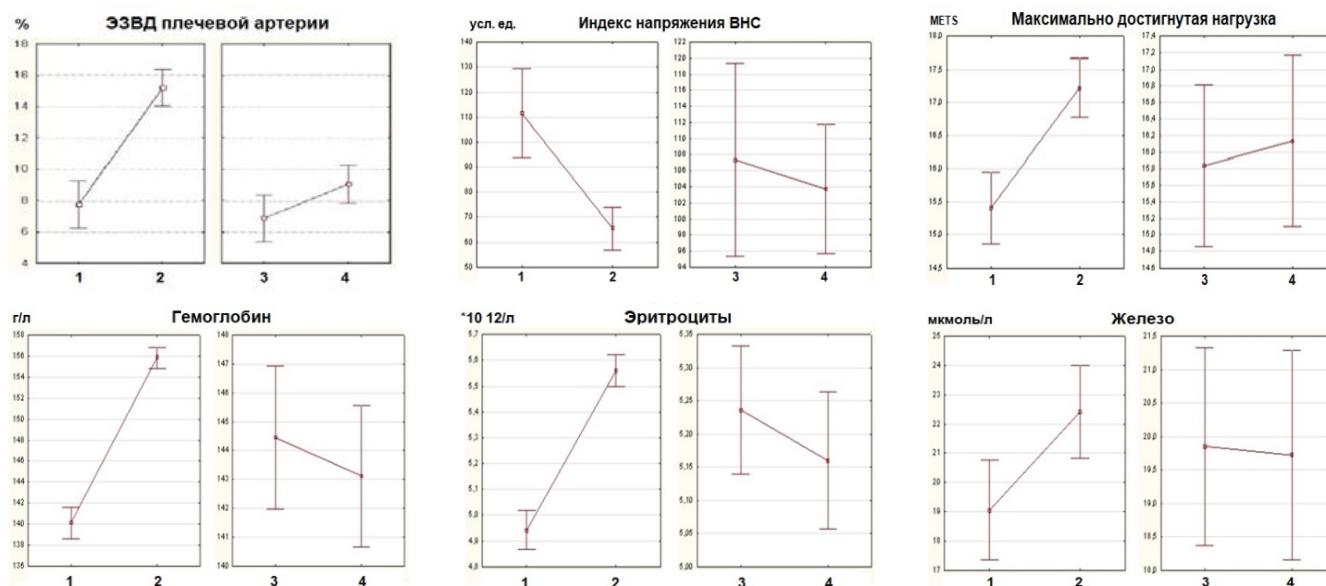


Рис. 3. Показатели ПЗВД, ИН, работоспособности, красной крови и железа в основной группе: до (1) и после (2) приема СПП и контроле-2: исходные (3) и через два месяца тренировок (4) без СПП

Fig. 3. Indicators of FDVD, TI, performance, red blood and iron in the main group: before (1) and after (2) taking SFP and control-2: initial (3) and after two months of training (4) without SFP

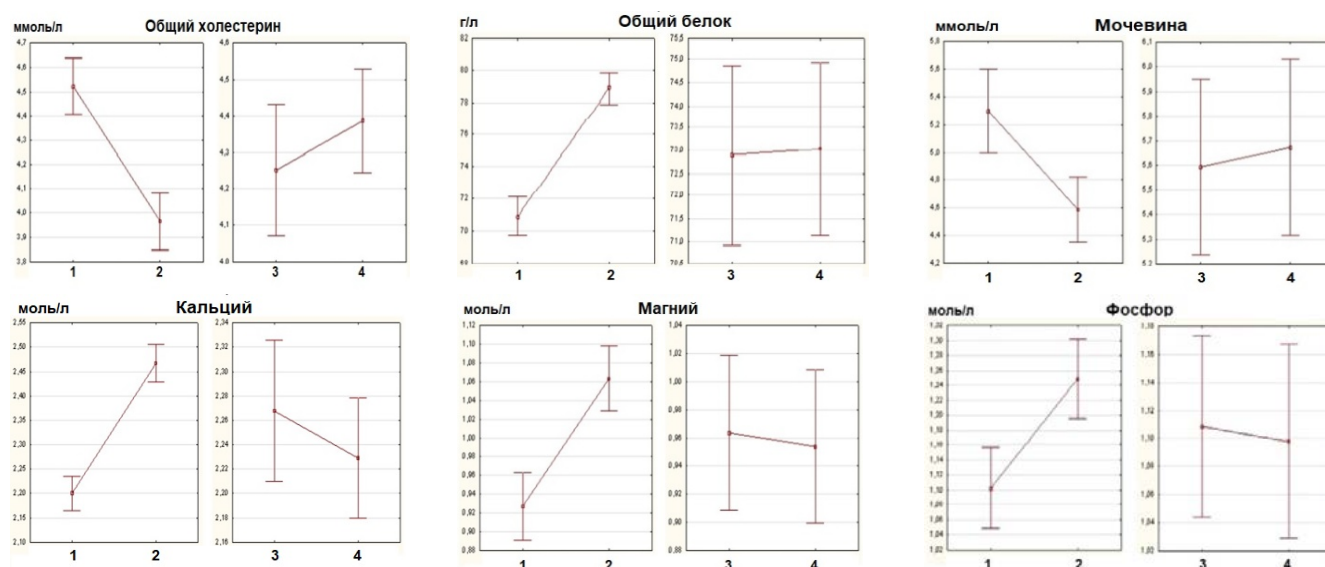


Рис. 4. Показатели холестерина, белка, мочевины, кальция, магния и фосфора в основной группе: до (1) и после (2) приема СПП и контроле-2: исходные (3) и через два месяца тренировок (4) без СПП

Fig. 4. Indicators of cholesterol, protein, urea, calcium, magnesium and phosphorus in the main group: before (1) and after (2) taking SFP and control-2: initial (3) and after two months of training (4) without SFP

собственно, и обеспечивают высокую психофизиологическую работоспособность элитных атлетов.

Также следует подчеркнуть, что юный возраст спортсменов с учетом высоких физических нагрузок и сложных физиологических аспектов детского периода сами по себе оказываются факторами риска для перенапряжения физиологических систем растущего организма. Именно в детском спорте фокус внимания должен перемещаться на особый контроль над здоровьем, соблюдением тренировочных протоколов и, конечно, качеством питания. В связи с этим можно заметить, что ультразвуковой тест на реактивную гиперемия [16] или ее аппаратный плетизмографический пальцевый компактный аналог Endo-PAT [19], а также тест на гипервентиляцию во время проведения стресс-эхокардиографии с велоэргометрической нагрузкой [20] являются востребованными методами изучения вазомоторной функции эндотелия магистральных артерий и микроциркуляции с высокой воспроизводимостью и точностью [21, 22]. И это важно, так как артерии средне-малого диаметра и артериолы выполняют транспортную доставку артериальной крови в ткани, капилляры осуществляют главную функцию транкапиллярного обмена газов, питательных субстратов и продуктов обмена, а вены дренируют и депонируют венозную кровь для поддержки транкапиллярного обмена и возврата крови в правые отделы сердца [22]. К сожалению, наша работа продемонстрировала, что данные физиологические процессы у спортсменов олимпийского резерва имеют опасные функциональные отклонения, укладываемые в проявления синдрома перенапряжения.

При этом надо подчеркнуть, что испытуемыми в нашем исследовании были юные атлеты, у которых очень вероятно в дальнейшем, как у пациентов с длительным стажем АГ, дополнительно может присоединиться ДЭ, обусловленная непосредственным травмирующим воздействием на эндотелий высокого уровня АД, гиперпродукции окисленных форм кислорода, гиперактивации ПОЛ, повышенных значений холестерина и стрессорных гормонов, что неминуемо приведет к еще более выраженному спазму микроциркуляции, вплоть до развития ремоделирования микроциркуляторного русла и стойкой АГ. А пока, учитывая юный возраст атлетов, главной причиной падения ПЗВД средне-малых артерий и спазма микрососудов является процесс перестимуляции или переутомления эндотелия как проявление синдрома перенапряжения. Ведь эндотелий тоже подвергается перенапряжению, точнее перестимуляции [23]. Это полностью объясняет тот факт, что после приема СПП у юных атлетов ПЗВД фактически восстановилась на фоне значимого уменьшения спазма ПА и микроциркуляции.

Учитывая вышесказанное, безусловно, нужно отметить высокую корректирующую эффективность примененного СПП – медового батончика. Было показано, что этот специализированный продукт питания на основе апикомпонентов обладает высокими нутриентными, эритропоэтическими, антистрессорными, антиоксидантными, эндотелийпротекторными,

липидснижающими, антигипертензивными и эргогенными свойствами, что согласуется с результатами других ученых о клинко-функциональной эффективности натурального меда, пыльцы, перги, маточного молочка, прополиса [24–28]. В результате обогащения пищевого рациона и состава крови многокомпонентными нутриентами и улучшения транкапиллярного обмена у юных спортсменов в основной группе наблюдались положительный азотистый баланс и важные разнонаправленные сдвиги по эритроцитам, гемоглобину, общему холестерину, триглицеридам и минералам, а также повышение работоспособности, чего нельзя было отметить в лабораторных показателях крови атлетов в контроле. Другими словами, было продемонстрировано, что у спортсменов без курса СПП позитивные спортивные результаты и небольшой прирост максимально достигнутой нагрузки обеспечивались благодаря перенапряжению эндотелийзависимых, миогенных, вегетативных и симпатoadреналовых механизмов регуляции сосудистого тонуса и гемодинамики. На это четко указывали обратные корреляционные связи «времени достижения ПАНО» и кортизола ($r=-0,52$; $p<0,001$), ЧСС и САД с гемоглобином ($r=-0,50$; $p<0,001$), а также прямые корреляционные связи «времени достижения ПАНО» и эритроцитов ($r=0,61$; $p<0,001$), ЧСС и САД с ИН ($r=0,52$; $p<0,009$) и скорости кровотока в ПА при ГВ с максимальной достигнутой нагрузкой ($r=0,51$; $p<0,001$).

Закключение

Таким образом, авторами было подтверждено наличие у юных спортсменов олимпийского резерва нарушения ПЗВД магистральных артерий и эндотелийзависимого спазма микроциркуляции как проявление синдрома перенапряжения, при отсутствии нутритивной поддержки.

При этом исследование подтвердило высокую эффективность медового батончика в качестве специализированного питания для юных атлетов. Было установлено, что медовый батончик позволяет восполнять суточные физиологические потери, обусловленные интенсивной физической работой, а также обеспечивает прирост количества белков и минералов, которые необходимы для физиологического развития растущего организма и поддержки здоровья юных спортсменов олимпийского резерва.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare that they have no conflict of interest.

Соответствие нормам этики / Ethics Compliance

Все пациенты и добровольцы, участвовавшие в исследовании, ставшем материалом для настоящей статьи, давали письменное добровольное информированное согласие. Исследования проводили в рамках углубленного медицинского осмотра, принятого в колледже-интернате. / All patients and volunteers who participated in the study that became the material for

this article signed a voluntary informed consent. The research was carried out as part of an in-depth medical examination accepted at a boarding college.

Литература / References

1. Балыкова Л. А., Макаров Л. М., Ивянский С. А., Варлашина К. А. Риск развития сердечно-сосудистых осложнений при употреблении стимуляторов физической работоспособности // *Кардиология*. 2021. Т. 61, №6. С. 105–112. [Balykova LA, Makarov LM, Iyanskiy SA, Varlashina KA. Risk razvitiya serdechno-sosudistyykh oslozhneniy pri upotreblenii stimulyatorov fizicheskoy rabotosposobnosti. *Kardiologiya*. 2021;61(6):105-112. (In Russ.)].
2. Бадтиева В. А., Павлов В. И., Шарыкин А. С., и др. Синдром перетренированности как функциональное расстройство сердечно-сосудистой системы, обусловленное физическими нагрузками // *Российский кардиологический журнал*. 2018. Т. 23, №6. С. 180–190. [Badtiyeva VA, Pavlov VI, Sharykin AS, et al. Sindrom peretrenirovannosti kak funktsionalnoye rasstroystvo serdechno-sosudistoy sistemy, obuslovennoye fizicheskimi nagruzkami. *Ros. kardiolog. zhurn.* 2018;23(6):180-190. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-180-190>.
3. Василенко В. С., Лопатин З. В. Оксидативный стресс и дисфункция эндотелия у спортсменов как фактор риска развития кардиомиопатии перенапряжения // *Современные проблемы науки и образования*. 2019. №1. URL: <https://s.science-education.ru/pdf/2019/1/28488.pdf> (дата обращения: 11.03.2024). [Vasilenko VS, Lopatin ZV. Oksidativnyy stress i disfunktsiya endoteliiya u sportmenov kak faktor riska razvitiya kardiomiopatii perenapryazheniya. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2019;1. URL: <https://s.science-education.ru/pdf/2019/1/28488.pdf> (accessed: 10.03.2024). (In Russ.)].
4. Аксёнова Н. В., Макаров Л. М., Комолятова В. Н. Патология сердца – как ведущая причина отводов от занятий спортом юных элитных спортсменов // *Российский кардиологический журнал*. 2021. Т. 26, №S6. С. 31. [Aksyonova NV, Makarov LM, Komolyatova VN. Patologiya serdtsa – kak vedushchaya prichina otvodov ot zanyatiy sportom yunyykh elitnykh sportmenov. *Ros. kardiolog. zhurn.* 2021;26(S6):31. (In Russ.)].
5. Ивянский С. А., Балыкова Л. А., Широкова А. А., и др. Некоторые показатели суточного мониторирования артериального давления у юных атлетов различной спортивной специализации // *Российский кардиологический журнал*. 2022. Т. 27, №6S. С. 55. [Ivyanskiy SA, Balykova LA, Shirokova AA, et al. Nekotoryye pokazateli sutochnogo monitorirovaniya arterialnogo davleniya u yunyykh atletov razlichnoy sportivnoy spetsializatsii. *Ros. kardiolog. zhurn.* 2022;27(6S):55. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-6S>.
6. Рылова Н. В., Троегубова Н. А., Серёда А. П., Оганисян М. Г. Оценка минерального статуса у юных спортсменов // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2017. Т. 62, №5. С. 175–183. [Rylova NV, Troeygubova NA, Sereda AP, Oganisyan MG. Otsenka mineralnogo statusa u yunyykh sportmenov. *Ros. vestn. perinat. i pediatr.* 2017;62(5):175-183. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2017-62-5-175-183>.
7. Heffernan SM, Horner K, De Vito G, et al. The Role of Mineral and Trace Element Supplementation in Exercise and Athletic Performance: A Systematic Review. *Nutrients*. 2019;11(3):696. <https://doi.org/10.3390/nu11030696>.
8. Соколов И. Л., Мелькумянц А. М., Антонова О. А. Участие эндотелиального гликокаликса в подавлении активности ангиотензин-превращающего фермента при действии напряжения сдвига // *Физиол. журн. им. И. М. Сеченова*. 2019. Т. 105, №2. С. 198–206. [Sokolov IL, Melkumyants AM, Antonova OA. Uchastiye endotelialnogo glikokaliksa v podavlenii aktivnosti angiotenzin-prevrashchayushchego fermenta pri deystvii napryazheniya sdviga. *Fiziol. zhurn. im. I.M. Sechenova*. 2019;105(2):198-206. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S0869813919020079>.
9. Пушкина Я. А., Сычев И. В., Гончарова Л. Н., и др. Патогенетические механизмы развития атеросклероза у спортсменов // *Атеросклероз*. 2020. Т. 16, №4. С. 85–92. [Pushkina YA A, Sychev IV, Goncharova LN, et al. Patogeneticheskiye mekhanizmy razvitiya ateroskleroza u sportmenov. *Ateroskleroz*. 2020;16(4):85-92. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15372/ATER20200411>.
10. Adams JA, Uryash A, Lopez JR. Non-Invasive Pulsatile Shear Stress Modifies Endothelial Activation; A Narrative Review. *Biomedicine*. 2022;10(12):3050. <https://doi.org/10.3390/biomedicine10123050>.
11. Valaei K, Taherkhani S, Arazi H, Suzuki K. Cardiac Oxidative Stress and the Therapeutic Approaches to the Intake of Antioxidant Supplements and Physical Activity. *Nutrients*. 2021 Sep 30;13(10):3483. <https://doi.org/10.3390/nu13103483>.
12. Stacy MR, Bladon KJ, Lawrence JL, et al. Serial assessment of local peripheral vascular function after eccentric exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013;38(12):1181-6. <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0448>.
13. Rehan R, Weaver J, Yong A. Coronary Vasospastic Angina: A Review of the Pathogenesis, Diagnosis, and Management. *Life (Basel)*. 2022;12(8):1124. <https://doi.org/10.3390/life12081124>.
14. Соболева Г. Н., Федюлов В. К., Самко А. Н., и др. Прогностическое значение эндотелия коронарных и плечевой артерий, традиционных факторов риска в развитии сердечно-сосудистых осложнений у пациентов с микрососудистой стенокардией // *Российский кардиологический журнал*. 2017. Т. 22, №3. С. 54–58. [Soboleva GN, Fedulov VK, Samko AN, et al. Prognosticheskoye znachenie endoteliiya koronarnykh i plechevoy arteriy, traditsionnykh faktorov riska v razvitiy serdechno-sosudistyykh oslozhneniy u patsiyentov s mikrososudistoy stenokardiye. *Ros. kardiolog. zhurn.* 2017;22(3):54-58. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-54-58>.
15. Никитюк Д. Б., Кобелькова И. В. Спортивное питание как модель максимальной индивидуализации и реализации интегративной медицины // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89, №4. С. 203–210. [Nikituk DB, Kobelkova IV. Sportivnoye pitaniye kak model maksimalnoy individualizatsii i realizatsii integrativnoy meditsiny. *Voprosy pitaniya*. 2020;89(4):203-210. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10054>.
16. Celermajer DS, Sorensen KE, Gooch VM, et al. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. *Lancet*. 1992;340:1111-1115. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(92\)93147-f](https://doi.org/10.1016/0140-6736(92)93147-f).
17. Nakao K, Ohgushi M, Yoshimura M, et al. Hyperventilation as a specific test for diagnosis of coronary artery spasm. *Am J Cardiol*. 1997;80(5):545-9. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(97\)00419-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(97)00419-0).
18. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М., 1979. 298 С. [Bayevskiy R.M. Prognozirovaniye sostoyaniy na grani normy i patologii. M., 1979. 298 s. (In Russ.)].
19. Martinez-Majander N, Gordin D, Joutsu-Korhonen L, et al. Endothelial Dysfunction is Associated With Early-Onset Cryptogenic Ischemic Stroke in Men and With Increasing Age. *J Am Heart Assoc*. 2021;10(14):e020838. <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.020838>.
20. Dikic AD, Dedic S, Jovanovic I, et al. Stress Echo 2030 study group of the Italian Society of Echocardiography, Cardiovascular Imaging (SIECVI). Noninvasive evaluation of dynamic microvascular dysfunction in ischemia and no obstructive coronary artery disease patients with suspected vasospasm. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2024;25(2):123-131. <https://doi.org/10.2459/JCM.0000000000001562>.

21. Тепляков А. Т., Калюжнин В. В., Калюжнина Е. В., и др. Патология периферического кровообращения при хронической сердечной недостаточности // Бюлл. сиб. мед. 2017. Т. 16, №1. С. 162–178. [Teplakov AT, Kalyuzhin VV, Kalyuzhina EV, et al. Patologiya perifericheskogo krovoobrashcheniya pri khronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti. Byull. sib. med. 2017;16(1):162-178. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2017-1-162-178>.
22. Евдокимов Д. С., Феоктистова В. С., Болдueva С. А., и др. Дисфункция эндотелия у больных с синдромом Такоцубо и ее роль в остром и отдаленном периодах заболевания // Кардиология. 2023. Т. 63, №3. С. 21–27. [Yevdokimov DS, Feoktistova VS, Bolduyeva SA, et al. Disfunktsiya endoteliya u bolnykh s sindromom Takotsubo i yeye rol v ostrom i otdalennom periodakh zabolevaniya. Kardiologiya. 2023;63(3):21-27. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18087/cardio.2023.3.n2364>.
23. Stacy MR, Bladon KJ, Lawrence JL, et al. Serial assessment of local peripheral vascular function after eccentric exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013;38(12):1181-6. <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0448>.
24. Morita H, Ikeda T, Kajita K, et al. Effect of royal jelly ingestion for six months on healthy volunteers. *Nutr J*. 2012;11:77. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-11-77>.
25. Yildiz O, Karahalil F, Can Z, et al. Total monoamine oxidase (MAO) inhibition by chestnut honey, pollen and propolis. *J Enzyme Inhib Med Chem*. 2014;29(5):690-4. <https://doi.org/10.3109/14756366.2013.843171>.
26. Bogdanov St. Pollen: Collection, Harvest, Composition, Quality. *Bee Product Science*. 2016;1:1-13. URL: https://www.researchgate.net/publication/304011810_Pollen_Collection_Harvest_Composition_Quality (accessed: 16.03.2024).
27. Cianciosi D, Forbes-Hernández TY, Afrin S, et al. Phenolic Compounds in Honey and Their Associated Health Benefits: A Review. *Molecules*. 2018;23(9):2322. <https://doi.org/10.3390/molecules23092322>.
28. Zhang S, Lu Z, Tian C, et al. Associations between honey consumption and prehypertension in adults aged 40 years and older. *Clin Exp Hypertens*. 2020;42(5):420-427. <https://doi.org/10.1080/10641963.2019.1693584>.

Информация об авторах

Просекин Георгий Андреевич – врач отделения функциональной диагностики, лаборант кафедры биофизики и функциональной диагностики, Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия, e-mail: medobutcher003@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3582-167X.

Ким Виталий Николаевич – д-р мед. наук, доцент, заведующий отделением функциональной диагностики, профессор кафедры биофизики и функциональной диагностики, Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия, e-mail: doctorkim@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-1351-038X.

Authors information

Prosekin Georgiy A. – Physician, Department of Functional Diagnostics, Laboratory Assistant, Department of Biophysics and Functional Diagnostics, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia, e-mail: medobutcher003@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3582-167X.

Kim Vitaly N. – Dr. Med. Sci., Associate Professor, Head, Department of Functional Diagnostics, Professor, Department of Biophysics and Functional Diagnostics, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia, e-mail: doctorkim@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-1351-038X.