

УДК 613.68(616-003.96+577.121):(571.56)

DOI: 10.36604/1998-5029-2023-87-71-82

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА С МЕТАБОЛИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ У РАБОТНИКОВ РЕЧНОГО ФЛОТА ЯКУТИИ

Е.З.Засимова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова», 677000, республика САХА-Якутия, г. Якутск, ул. Белинского, 58

РЕЗЮМЕ. Цель. Провести оценку корреляционных связей адаптационного потенциала (АП) с метаболическими факторами у работников речного флота Якутии до и после рейса с целью оценки влияния длительного рейса. **Материалы и методы.** Перед длительным рейсом у 45 мужчин проведено анкетирование, измерение роста, массы тела, частоты сердечных сокращений, определение индекса массы тела и АП. Проведена оценка корреляционных связей АП (по Р.М.Баевскому) с биохимическими (аспартатаминотрансфераза, аланинаминотрансфераза, щелочная фосфатаза, гамма-глутамилтрансфераза, лактатдегидрогеназа, креатинкиназа, глюкоза, холестерин, триглицериды) и гормональными (Т3св, Т4св, ТТГ, тестостерон, кортизол) показателями, а также с метаболитами плазмы крови (62 метаболита), определенными методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией до после длительного рейса. **Результаты.** Распределение по уровню АП речников – у 37,8% удовлетворительный адаптационный потенциал, у 24,4% – функциональное напряжение адаптационных механизмов, у 20,0% – неудовлетворительная адаптация и у 17,8 – резкое снижение функциональных возможностей системы кровообращения с явлением срыва адаптационных механизмов. Выявленные корреляционные связи АП имеют ассоциации с возрастом, избыточной массой тела и ожирением. До длительного рейса корреляционные связи выявлены с креатинином, тестостероном, пальмитиновой кислотой; после рейса – с креатинкиназой, глюкозой, мочевиной, тестостероном, глюконовой и треоновой кислотами. После длительного рейса количество корреляционных связей АП с метаболическими параметрами увеличивается. **Заключение.** Установленные у работников речного флота Якутии метаболические изменения свидетельствуют об усугублении дизадаптивных изменений в условиях длительного рейса. С учетом выявленных особенностей необходимо проведение профилактических мероприятий для уменьшения выраженности дизадаптивных метаболических изменений во время длительного рейса и реабилитационных мероприятий после рейса.

Ключевые слова: адаптационный потенциал, речники, длительный рейс, метаболиты, корреляционные связи.

CORRELATIONS OF ADAPTIVE POTENTIAL WITH METABOLIC FACTORS IN WORKERS OF THE YAKUTIA RIVER FLEET

E.Z.Zasimova

M.K.Ammosov North-Eastern Federal University, 58 Belinsky Str., Yakutsk, 677000, Russian Federation

SUMMARY. Aim. To assess correlations of adaptive potential (AP) with metabolic factors in workers of the Yakutia river fleet before and after the voyage in order to assess the impact of a long voyage. **Materials and methods.** Before a long voyage in 45 men, a questionnaire was conducted, measurement of height, body weight, heart rate, blood pressure, determination of body mass index and AP. The correlation of AP (according to R.M.Baevsky) with biochemical (aspartate transaminase, alanin transaminase, alkaline phosphatase, gamma glutamyl transferase, lactate dehydrogenase, creatine kinase, glucose, cholesterol, triglycerides) and hormonal (TSH, free T3, free T4, testosterone, cortisol) indicators was eval-

Контактная информация

Екатерина Захаровна Засимова, врач лечебной физкультуры и спортивной медицины, Институт физической культуры и спорта Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова, 677027, Россия, республика САХА-Якутия, г. Якутск, ул. Белинского, 58в. E-mail: ekazas15@yandex.ru

Correspondence should be addressed to

Ekaterina Z. Zasimova, MD, Institute of Physical Culture and Sports of the M.K.Ammosov North-Eastern Federal University, 58v Belinsky Str., Yakutsk, 677027, Russian Federation. E-mail: ekazas15@yandex.ru

Для цитирования:

Засимова Е.З. Корреляционные связи адаптационного потенциала с метаболическими факторами у работников речного флота Якутии // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2023. Вып.87. С.71–82. DOI: 10.36604/1998-5029-2023-87-71-82

For citation:

Zasimova E.Z. Correlations of adaptive potential with metabolic factors in workers of the Yakutia river fleet. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2023; (87):71–82 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2023-87-71-82

uated, and also with blood plasma metabolites (62 metabolites) determined by gas chromatography with mass spectrometry before after a long voyage. **Results.** Distribution by AP level of rivermen – 37.8% have satisfactory adaptive potential, 24.4% have functional stress of adaptive mechanisms, 20.0% have unsatisfactory adaptation and 17.8% have a sharp decrease in the functional capabilities of the circulatory system with the phenomenon of disruption of adaptive mechanisms. The revealed correlations of AP have associations with age, overweight, obesity and metabolic syndrome. Correlations were found with creatinine, testosterone, palmitic acid before the long voyage, and with creatine kinase, glucose, urea, testosterone, gluconic and threonic acids after the voyage. After a long voyage, the number of correlations of AP with metabolic parameters increases. **Conclusion.** In workers of the Yakutia river fleet the revealed results of metabolic changes indicate an aggravation of disadaptive changes in the conditions of a long voyage. Taking into account the identified features, it is necessary to carry out preventive measures to reduce the severity of disadaptive metabolic changes during a long voyage and rehabilitation actions after the voyage.

Key words: adaptive potential, rivermen, long voyage, metabolites, correlations.

Несмотря на свою уникальную структурно-функциональную организацию и автономность, гомеостатические системы связаны между собой многочисленными метаболическими связями. Благодаря этим (межсистемным) связям оказывается возможной работа компенсаторных механизмов при нарушении функций отдельных гомеостатических систем. Благодаря этим связям осуществляется влияние на течение типовых физиологических и патологических процессов: регенерацию, воспаление, формирование иммунодефицитов и аутоиммунной патологии [1]. Эксплуатация судов в северных регионах требует особой надежности организма для обеспечения безопасности мореплавания. Адаптационно-компенсаторные механизмы человека в субэкстремальных и экстремальных условиях определяются, прежде всего, работой природных гомеостатических систем в новых условиях существования [2]. В морской медицине специфика проблемы адаптации моряков определяется, большей частью, относительно коротким временем приспособления моряков к многообразию новых условий жизнедеятельности. Относительная кратковременность и многократность периодов воздействия неблагоприятных судовых и природных факторов – основные отличия адаптации моряков в сравнении с коренным и пришлым населением Крайнего Севера [3]. Негативно влияют на здоровье работающих на судне шум, вибрация, качка, эпизоды ускорения, электромагнитные поля, неблагоприятные климатические условия и их частая смена, загрязнение воздушной среды веществами, выделяемыми транспортируемыми грузами и материалами, используемыми при строительстве и ремонте объектов водного транспорта [4]. Шум и вибрация влияют на общую иммунологическую реактивность, гормональный статус, вызывают изменения со стороны органов слуха, ЦНС и сердечно-сосудистой системы [5].

Узкий диапазон химических анализов, используемых в настоящее время медицинским сообществом, в будущем будет заменен анализами, которые выявляют гораздо более полную метаболическую сигнатуру. Ожидается, что эта сигнатура будет описывать глобальные биохимические aberrации, отражающие закономерности вариаций в состояниях здоровья, более точно

описывать конкретные заболевания и их прогрессирование и в значительной степени помогать в дифференциальной диагностике. Некоторые метаболиты, особенно когда они присутствуют в высоких концентрациях, могут функционировать как медленно действующие яды (т.е. метаботоксины). Метаболомика может помочь в выявлении многих новых метаботоксинов, которые вызывают состояния, ранее приписываемые к дефектным генам или неправильно свернутым белкам. Метаболиты абсолютно необходимы в качестве сигнальных молекул. Действительно, их роль в передаче сигналов органам, тканям или клеткам может быть гораздо важнее, чем их роль в качестве молекулярного топлива или молекулярных кирпичей и раствора [6].

Метаболический статус у работников речного флота Республики Саха (Якутия) недостаточно изучен. Поиск маркеров оценки дизадаптационных состояний представляет несомненный интерес и является актуальным.

Цель исследования – дать характеристику корреляционных связей адаптационного потенциала с метаболическими факторами у работников речного флота Якутии до и после рейса с целью оценки влияния длительного рейса.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили 45 мужчин в возрасте от 21 года до 68 лет (средний возраст $47,11 \pm 12,3$ лет), работающие в организациях речного транспорта Республики Саха (Якутия) с вредными условиями труда (подкласс 3.1). Распределение обследованных лиц по возрастному составу было следующим: от 20-29 лет – 5, 30-39 лет – 6, 40-49 лет – 12, 50-59 лет – 13, 60-69 лет – 9 человек. По стажу работы в организациях речного транспорта обследованные лица были распределены таким образом: до 1 года – 2, до 5 лет – 2, от 5 до 10 лет – 11, от 10 до 20 лет – 6, более 20 лет – 24 человека. Исследование проводилось в соответствии с этическими рекомендациями Хельсинкской декларации, одобрено Комитетом по биомедицинской этике ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем» и выполнено с информированного согласия исследуемых.

Перед длительным рейсом, продолжительностью 4 месяца, проведено анкетирование, состоящее из 8 блоков (общие сведения, состав семьи, жилищные условия, материальная обеспеченность, образ жизни, медицинская активность семьи, экология, заболевания сердечно-сосудистой системы), измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления, пульсового давления (ПД), антропометрических показателей – роста и массы тела по стандартной методике. Индекс массы тела оценивался на основании вычисления индекса Кетле, рассчитанного по формуле: $ИМТ = \text{масса тела (кг)} / \text{рост (м}^2\text{)}$. В соответствии с критериями ВОЗ (1997), значение ИМТ тела свыше 25 кг/м² относится к категории с избыточной массой тела, >30 кг/м² – к ожирению 1 степени, >35 кг/м² – к ожирению 2 степени, >40 кг/м² – к ожирению 3 степени (Европейские рекомендации III пересмотра, 2003 г.). Был рассчитан адаптационный потенциал (АП) системы кровообращения по формуле Р.М.Баевского [7]:

$$АП = 0,011 \times ЧСС + 0,014 \times САД + 0,008 \times ДАД + 0,009 \times МТ - 0,009 \times Р + 0,014 \times В - 0,27,$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений (уд/мин), САД и ДАД – систолическое и диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.); Р – рост (см), МТ – масса тела (кг), В – возраст (лет). Интерпретация АП по баллам: ниже 2,60 – удовлетворительная адаптация (характеризует достаточные функциональные возможности системы кровообращения); 2,60-3,09 – функциональное напряжение адаптационных механизмов; 3,10-3,59 – неудовлетворительная адаптация, характеризует снижение функциональных возможностей системы кровообращения; более 3,60 – характеризует резкое снижение функциональных возможностей системы кровообращения с явлением срыва адаптационных механизмов целостного организма.

Исследования биохимических и гормональных параметров крови проводились в лаборатории ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем» до и после длительного рейса в условиях постоянного внутреннего и внешнего контроля качества. Забор крови для исследования из локтевой вены в утренние часы натощак. Активность аспартатаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, гамма-глутамилтрансферазы, лактатдегидрогеназы, креатинкиназы, уровней глюкозы, общего холестерина, холестерина липопротеинов высокой плотности и триглицеридов проводили энзиматическим методом на автоматическом биохимическом анализаторе CobasMiraPlus (LaRoche, Швейцария) с использованием реактивов «Bioson» (Германия). Концентрацию в плазме крови свободных фракций трийодтиронина (Т3св) и тироксина (Т4св), тиреотропного гормона (ТТГ), кортизола и тестостерона определяли методом иммуноферментного анализа с помощью наборов реагентов АО «Вектор-Бест» (Новосибирск, Россия).

Идентификацию и определение концентрации метаболитов в образцах плазмы крови проводили (до и после рейса) методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией (ГХ-МС) [8] в лаборатории Института биологических проблем криолитозоны Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН».

Для метаболомного анализа 100 мкл сыворотки крови экстрагировали в 1 мл метанола в течение суток. Полученный экстракт выпаривали при 40°C на ротонном испарителе, сухой остаток растворяли в 50 мкл раствора трикозана в пиридине. Для получения летучих триметилсилил-производных (ТМС) проводили дериватизацию с использованием 50 мкл N,O-бис-(триметилсилил)трифторацетамида (BSTFA) в течение 15 мин при 100°C. Анализ проводили методом ГХ-МС на хроматографе Маэстро (Россия) с квадрупольным масс-спектрометром Agilent 5975C (США), колонка HP-5MS, 30м×0.25мм. Для хроматографии использовали линейный градиент температуры от 70°C до 320°C со скоростью 4°C/мин при потоке газа (гелий) 1 мл/мин. Сбор данных осуществляли с помощью программного обеспечения Agilent ChemStation. Количественную интерпретацию хроматограмм проводили методом внутренней стандартизации по углеводороду C23. Обработка и интерпретация масс-спектрометрической информации проводилась с использованием стандартной библиотеки NIST 2011.

Анализ данных метаболомного профиля плазмы крови проводили на базе платформы MetaboAnalyst (V5.0), <https://www.metaboanalyst.ca>. Были использованы многомерные методы: анализ главных компонент (PCA – principal component analysis) и частичный дискриминантный анализ методом наименьших квадратов (PLS-DA). Метод PCA, или многофакторный анализ, основанный на методах проекции, был использован для оценки статистической дифференциации между группами в различные сезоны (весна/осень) и для биохимической интерпретации. Этот метод позволяет увидеть систематические изменения во всех образцах крови и выявляет основные выбросы, которые, в свою очередь, отображают взвешенную разность между наблюдаемыми группами. Эти выбросы являются уникальными для исследуемых групп.

Статистический анализ полученных данных проведен с использованием пакета программы IBM SPSS Statistics 23.0. Проверку на нормальность распределения изучаемых количественных показателей проводили по тесту Колмогорова–Смирнова. При сравнении количественных показателей групп значимость различий оценивали с помощью парного и непарного критерия t-критерия Стьюдента при нормальном распределении и критерия Манна-Уитни при ненормальном распределении. Количественные данные представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – ошибка среднего. Для выявления связи между изучаемыми показателями применяли метод

корреляционного анализа данных с вычислением коэффициентов и ранговой корреляции Спирмена и Пирсона. Результаты считались статистически значимыми при величинах достигнутого уровня значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования

Обследование проведено во время плановых медицинских осмотров 45 работников речного флота до и после длительного рейса. Распределение по уровню АП показало, что у 17 (37,8%) из них наблюдается

удовлетворительная адаптация (1 группа), у 11 (24,4%) – функциональное напряжение адаптационных механизмов (2 группа), у 9 (20,0%) – неудовлетворительная адаптация (3 группа) и у 8 (17,8%) – резкое снижение функциональных возможностей системы кровообращения с явлением срыва адаптационных механизмов (4 группа). Значения ИМТ в диапазоне нормы установлены у 35,6%, избыточный вес – у 33,3%, ожирение 1 степени – у 22,2% и ожирение 2 степени – у 8,9% обследованных лиц.

Таблица 1

Средние значения показателей ИМТ и сердечно-сосудистой системы в сформированных по уровню АП группах

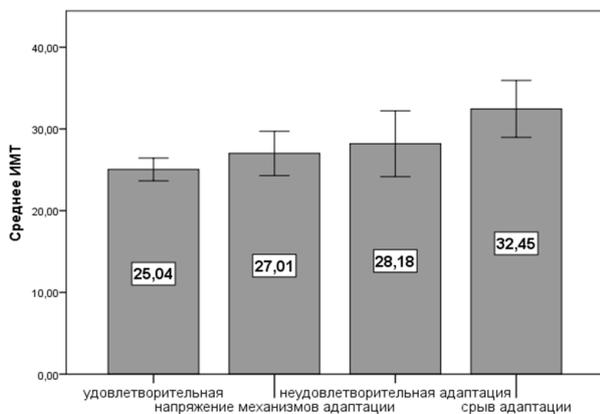
Показатель	1 группа (n=17)	2 группа (n=11)	3 группа (n=9)	4 группа (n=8)
ИМТ	25,04±2,70 ^{##}	27,00±4,04 [°]	28,18±5,23	32,45±4,17
САД, мм рт. ст.	112,35±5,62 ^{*°°##}	123,63±6,74 ^{#°}	136,66±5,00 ^{**}	158,37±11,63
ДАД, мм рт. ст.	70,29±6,95 ^{*°°##}	86,36±7,77 [°]	90,00±5,00 ^{**}	101,00±8,33
ПД, мм рт. ст.	42,35±9,70 ^{##}	38,18±6,03 ^{#°}	46,66±5,00 ^{**}	60,00±16,03

Примечание. Различия статистически достоверны ($p < 0,05$): * – между 1 и 2 группой; °° – между 1 и 3 группой, ## – между 1 и 4 группой; # – между 2 и 3 группой; ° – между 2 и 4 группой; ** – между 3 и 4 группой.

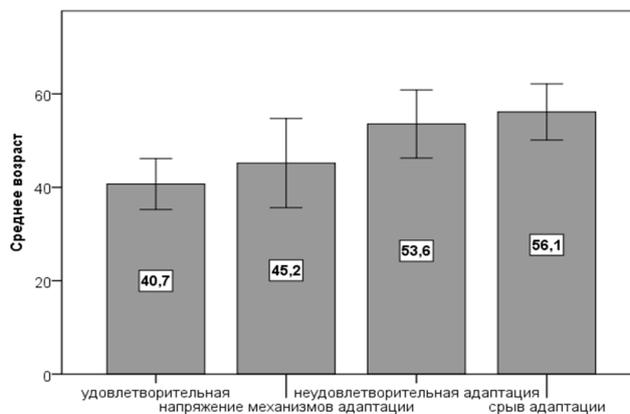
У лиц с удовлетворительной адаптацией (1 группа) показатели ИМТ, САД, ДАД, ПД были в пределах нормальных значений, у лиц с напряжением механизмов адаптации (2 группа) установлен избыточный вес, у лиц с неудовлетворительной адаптацией (3 группа) наблюдался избыточный вес с повышением уровня артериального давления, у лиц со срывом адаптации (4 группа) – ожирение 1 степени с выраженной артериальной гипертензией (табл. 1). Значимые различия показателей ИМТ установлены между 1 и 4, 2 и 4 группами, САД – между всеми группами, ДАД – между 1 и 2, 1 и 3, 1 и 4, 2 и 4, 3 и 4 группами, ПД – между 1 и 4, 2 и 3, 2 и 4, 3 и 4 группами.

Корреляционный анализ, проведенный между ран-

говыми значениями категориальных данных анкетирования (возраст, национальность, образование, семейное положение, стаж проживания в Якутии, условия проживания и т.д.) выявил прямые сильные корреляционные связи АП с ИМТ ($r=0,556$; $p=0,000$) и возрастом обследованных ($r=0,450$; $p=0,002$), т.е. состояние «срыва адаптации» чаще всего встречается у лиц с высокими значениями ИМТ и старшего возраста (рис.). Также установлены прямые корреляционные связи АП с продолжительностью профессиональной вредности ($r=0,434$; $p=0,003$). Сильные корреляционные связи также установлены между АП и значениями САД ($r=0,933$; $p=0,000$), ДАД ($r=0,824$; $p=0,000$) и ПД ($r=0,500$; $p=0,000$).



Столбцы ошибок: 95% дов. инт.



Столбцы ошибок: 95% дов. инт.

Рис. Статистически значимые взаимосвязи АП со значением ИМТ и возраста

Сравнительные данные биохимических и гормональных параметров крови у речников были в пределах диапазона нормы, но со значимыми различиями до и после длительного рейса, с тенденцией к повышению уровня щелочной фосфатазы, мочевины, креатинина, Т3св, Т4св, тестостерона после рейса. После рейса уровни АлАТ и глюкозы были выше нормы (табл. 2). При разной напряженности обменных процессов су-

дить о преобладании ката- и анаболических путей метаболизма можно по коэффициенту де Ритиса (АсАТ/АлАТ), адаптационный диапазон которого колеблется от 1,2 до 1,6, эталонное его значение равно 1,5. В нашем исследовании коэффициент де Ритиса существенно различался до и после длительного рейса. После рейса этот показатель был снижен за счет высокого значения АлАТ.

Таблица 2
Различия биохимических и гормональных параметров крови речников до и после рейса

Показатель (референсные значения)	До рейса	После рейса	p
Лактатдегидрогеназа (225-450 Ед/л)	385,75±7,96	347,71±8,62	0,000
Щелочная фосфатаза (<258 Ед/л)	203,26±7,44	223,93±8,28	0,009
АлАТ (<30 Ед/л)	20,60±1,88	36,26±4,86	0,003
Мочевина (5-12,1 ммоль/л)	5,47±0,19	6,22±0,21	0,007
Креатинин (50-120 мкмоль/л)	91,73±1,49	100,24±1,87	0,000
Глюкоза (3,3-5,5 ммоль/л)	5,28±0,19	5,94±0,24	0,017
Коэффициент де Ритиса (1,3-1,5)	1,55±0,09	1,00±0,05	0,000
Т3 св. (2,5-7,5 нмоль/л)	3,58±0,10	4,63±0,17	0,000
Т4 св. (10,0-25,0 нмоль/л)	10,63±0,37	13,54±0,64	0,000
Тестостерон (4,5-35,4 нмоль/л)	13,17±1,04	15,98±1,06	0,014

При изучении взаимосвязи АП с биохимическими и гормональными параметрами крови выявлены прямые корреляционные связи с уровнем креатинина, глюкозы и мочевины, обратные корреляционные связи с уровнем креатинкиназы, тестостерона до- и после

рейса с максимальным усилением обратной связи тестостерона после рейса (табл. 3). Все выявленные корреляционные связи АП с показателями крови в той или иной степени имеют ассоциации с избыточной массой тела и ожирением.

Таблица 3
Корреляционные связи АП с биохимическими и гормональными показателями крови речников

Биохимические и гормональные показатели	r	p
Креатинин, ммоль/л	0,408	0,005
Тестостерон, нмоль/л		
Креатинкиназа, Ед/л	-0,334	0,025
Глюкоза, ммоль/л		
Мочевина, ммоль/л		
Тестостерон, нмоль/л		
	0,443	0,002
	0,329	0,027
	-0,657	0,000

Из 62 метаболитов плазмы крови установлены прямые сильные корреляционные связи АП с пальмитиновой кислотой ($r=0,425$; $p=0,004$) – до рейса, с глюконовой ($r=0,401$; $p=0,006$) и треоновой кислотами ($r=0,391$; $p=0,008$) – после рейса (табл. 4).

Количество корреляционных связей АП с биохими-

ческими параметрами и метаболитами плазмы крови у речников увеличивается после рейса по сравнению со значениями до рейса, что свидетельствует о повышении степени напряжения адаптационных механизмов.

Таблица 4

Корреляционные связи АП с метаболитами плазмы крови речников

№	Метаболиты	До рейса		После рейса	
		r	p	r	p
1.	Lacticacid	0,203	0,180	0,001	0,995
2.	Glycolicacid	0,242	0,110	0,155	0,310
3.	Hydraacrylicacid	0,259	0,086	0,277	0,066
4.	Hydroxybutyricacid	-0,077	0,616	0,096	0,531
5.	Valine	-0,260	0,084	-0,317*	0,034
6.	Amino1hexanol	-0,106	0,489	-0,225	0,138
7.	Urea	0,032	0,836	-0,120	0,432
8.	Leucine	-0,132	0,386	-0,185	0,224
9.	Phosphoricacid	0,217	0,152	0,213	0,160
10.	Succinicacid	0,366*	0,013	0,213	0,160
11.	Podocarpa581113tetraen7one13hydroxy14isopropyl	-0,110	0,474	-0,309*	0,039
12.	Glycericacid	0,305*	0,041	0,319*	0,033
13.	Serine	-0,337*	0,024	-0,267	0,077
14.	Threonine	-0,136	0,373	-0,052	0,736
15.	Dihydrouacil	0,000	0,998	0,028	0,857
16.	Xylopyranose	0,156	0,998	0,061	0,690
17.	Deoxytetronicacid	0,115	0,452	0,123	0,422
18.	Rs34dihydroxybutanolcacid	0,303*	0,043	0,375*	0,011
19.	Asparticacid	-0,295*	0,050	-0,095	0,534
20.	Oxoproline	-0,162	0,287	-0,106	0,490
21.	cis4Aminocyclohexanecarboxylicacid	-0,029	0,852	0,182	0,232
22.	Threonicacid	0,244	0,106	0,378*	0,010
23.	Threonicacid1	0,252	0,094	0,423**	0,004
24.	Dioxoheptanoicacid	0,208	0,170	0,213	0,160
25.	Aminoheptanedioicacid	-0,266	0,078	-0,024	0,875
26.	Glutamicacid	0,065	0,673	-0,188	0,216
27.	Tetrahydroxypentanoicacidlactonetris	0,195	0,199	0,344*	0,021
28.	Ribonicacid	0,184	0,226	0,349*	0,019
29.	Ribonicacid	-0,011	0,941	-0,006	0,971
30.	DXylopyranose	0,194	0,202	-0,007	0,966
31.	Phosphoricacid	0,044	0,773	0,039	0,799
32.	Ketolgluconicacid	0,276	0,067	0,313*	0,037
33.	Fructofuranose	0,332*	0,026	0,263	0,081
34.	Fructofuranose	0,326*	0,029	0,298*	0,046

35.	Fructofuranose	0,316*	0,034	-0,071	0,643
36.	Fructopyranose	0,235	0,120	0,153	0,317
37.	Anhydrohexitol	-0,163	0,285	-0,361*	0,015
38.	Fructofuranose	0,309*	0,039	0,329*	0,027
39.	Hexadecenoicacid	0,102	0,504	0,186	0,222
40.	DFructose	0,147	0,336	0,131	0,389
41.	Palmiticacid	0,411**	0,005	0,271	0,072
42.	Sorbose	0,264	0,080	0,294	0,050
43.	α DMannopyranose5TMSderivative	0,277	0,066	0,311*	0,038
44.	ProstaglandinD	0,061	0,693	0,151	0,324
45.	Acrylicacid	0,250	0,097	0,185	0,223
46.	Gluconicacid	0,201	0,186	0,401**	0,006
47.	Glucopyranose5TSderivative	0,343*	0,021	0,278	0,064
48.	Palmitelaidicacid	0,183	0,228	0,181	0,234
49.	Gluconicacid	0,143	0,348	-0,088	0,566
50.	PalmiticAcid	0,119	0,435	0,158	0,300
51.	Linoleicacid	0,202	0,184	0,133	0,384
52.	Oleicacid	0,151	0,184	0,185	0,224
53.	Octadecenoicacid	0,177	0,245	0,248	0,100
54.	Stearicacid	0,359*	0,015	0,235	0,121
55.	Linoleicacid	0,048	0,752	0,149	0,329
56.	Oleicacid	0,175	0,249	0,199	0,190
57.	Octadecenoicacid	0,121	0,429	0,220	0,147
58.	Stearicacid	0,253	0,093	0,159	0,296
59.	Arachidonicacid	0,324*	0,030	0,211	0,164
60.	Eicosatrienoicacid	0,295*	0,049	0,081	0,597
61.	ProstaglandinE	-0,066	0,0668	0,074	0,628
62.	Cholesterol	0,218	0,150	0,181	0,234
*Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).					
**Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).					

Обсуждение результатов исследования

Проведенное нами исследование показывает, что у работников речного флота наблюдается напряжение механизмов адаптации системы кровообращения, о чем свидетельствуют значения ИМТ, САД, ДАД, ПД. Избыточный вес у лиц с напряжением механизмов адаптации, избыточный вес с повышением уровня артериального давления у лиц с неудовлетворительной адаптацией, ожирение 1 степени с выраженной артериальной гипертензией у лиц со срывом адаптации –

являются признаками нарушения метаболических процессов организма.

В период плавания может возникнуть перенапряжение адаптационных механизмов и наступить период дизадаптационных расстройств, которые, как правило, отмечаются через 3-3,5 месяца плавания и более [9]. Адаптация большинства систем организма к условиям рейса происходит в первые один-два месяца рейса. Далее следует короткий период адекватной реакции – в среднем около одного месяца. Но уже на третьем-четвертом месяце плавания наступает дизадаптация. Наи-

более выраженные изменения сердечной деятельности по данным ЭКГ появляются на четвертом месяце рейса и сохраняются в дальнейшем [10]. В длительных траншпиротных рейсах у моряков рыбопромыслового флота напряжение механизмов адаптации держится до двух месяцев, после чего взаимодействие между отдельными составляющими центрального и периферического контура управления снижается, реактивность организма и неспецифические реакции адаптации формируются автономно, наступает фаза истощения и развивается состояние дезадаптации. Истинной адаптацией к условиям работы в море не наступает [11].

Моряки, независимо от их национальности и ранга, демонстрировали большую склонность к избыточному весу и ожирению по сравнению с общим населением той же этнической принадлежности [12]. Фремингемское исследование с участием более 1 млн человек показало, что у лиц среднего возраста с избыточной массой тела вероятность развития артериальной гипертензии на 50% выше, чем среди тех, кто не страдает ожирением. Увеличение ИМТ сопровождалось достоверным повышением САД и ДАД, причем на каждые лишние 4,5 кг веса приходилось увеличение САД на 4,4 мм рт. ст. у мужчин и на 4,2 мм рт. ст. у женщин [13]. У лиц, страдающих ожирением, формируется гиперфилтрация, по-видимому, как компенсаторная реакция, позволяющая обеспечить возросшие метаболические потребности организма при увеличении массы тела [14].

Уровень глюкозы крови у речников имел тенденцию к повышению после рейса, хотя, по данным исследований Е.Р.Бойко, для жителей Севера характерны сезонная обусловленность изменений углеводного обмена, существование региональных нормативов содержания сывороточных глюкозы, лактата, пирувата, а также склонность к развитию гипогликемических состояний [15]. Известно, что кроме «химического топлива» углеводы служат исходными продуктами для биосинтеза липидов, белков и нуклеиновых кислот. У человека и животных на всех стадиях синтеза и распада углеводов регуляция углеводного обмена осуществляется при участии центральной нервной системы и гормонов [16]. Нарушения метаболизма глюкозы, образование гликотоксикозов, промежуточных продуктов гликирования и конечных продуктов гликирования рассматривают как факторы риска, которые инициируют развитие атеросклероза и прогрессирование атеросклероза, сахарный диабет, синдром резистентности к инсулину, микрососудистые осложнения, артериосклероз, микроангиопатии [17]. Также после рейса у речников был снижен коэффициент де Ритиса за счет высокого значения АлАТ, что свидетельствует об усилении катаболических процессов.

Креатинин – аминокислота, полученная из креатина – традиционно используется для оценки функции почек. Однако на его уровни в значительной степени влияют состояние питания, мышечная масса, возраст

и пол человека [18]. Креатинкиназа – фермент, который катализирует реакцию переноса фосфорильного остатка с АТФ на креатин с образованием креатинфосфата и АДФ. АТФ – молекула, являющаяся источником энергии в биохимических реакциях человеческого организма. Уровень креатинкиназы был связан с увеличением ИМТ, окружностью талии >80 см и двумя или более признаками метаболического синдрома, в соответствии с центральной ролью волокон скелетных мышц II типа в энергетическом обмене и ожирении [19]. Основой ассоциации ожирения и нарушений углеводного обмена является развитие вторичной инсулинорезистентности на фоне гипертрофии и дисфункции жировых клеток [20].

Известно, что мужчины с ожирением имеют нарушенный профиль половых стероидов, особенно более низкие уровни общего тестостерона в сыворотке крови по сравнению со здоровыми мужчинами [21]. У мужчин с низким уровнем тестостерона в сыворотке, обусловленным ожирением, существует линейно-обратная связь между снижением веса и увеличением концентрации тестостерона в сыворотке. Низкие концентрации тестостерона в сыворотке с возрастом в основном являются следствием хронических заболеваний, связанных с ожирением, употребления опиоидов и модифицируемого поведения, связанного со здоровьем [22].

Выявленные нами различия корреляционных связей АП и метаболитов плазмы крови у речников до и после длительного рейса, свидетельствуют о тесной связи метаболомного профиля с периодом плавания. Из метаболитов плазмы крови с АП коррелировали пальмитиновая кислота, глюконовая и треоновая.

Кроме диагностики уже имеющихся заболеваний, метаболомный профиль плазмы крови может служить для оценки риска развития болезни в будущем в результате снижения адаптационных резервов организма при влиянии на него неблагоприятных экологических факторов различной природы [23].

Избыточное количество пальмитиновой насыщенной жирной кислоты является основной причиной синдрома дефицита полиненасыщенных жирных кислот в клетках, тем самым запуская длительное формирование, в частности, атеросклероза. Известно, что при повышенном содержании пальмитиновой кислоты в пище в организме образуется большое количество пальмитиновых липопротеинов низкой и очень низкой плотности, что приводит к нарушению синтеза липопротеинов низкой плотности (ЛПНП). Белков, связывающих жирные кислоты для переноса последних в клетку, недостаточно, либо белки в составе ЛПНП не активированы. Таким образом, образуется большое количество безлигандных пальмитиновых, а также линолевых и линоленовых (которые также поступили с пищей) ЛПНП. Такие ЛПНП превращаются в крови в «биологический мусор», который организм не может усвоить и любыми способами пытается уничтожить

[24]. Глюконовая кислота относится к группе альдоновых кислот и используется в фармацевтической и пищевой промышленности, где зарегистрирована в качестве пищевой добавки E574, как регулятор кислотности продуктов и разрыхлитель. Кроме того, она является подкислителем, комплексообразователем, усиливает действие антиоксидантов. Глюконовая кислота успешно применяется в фармацевтической промышленности с целью синтеза таких важных препаратов, как глюконаты натрия, кальция, железа, а также глюконо-дельта-лактона [25]. Глюконовую кислоту получают окислением D-глюкозы. Корреляция глюконовой кислоты с АП возможно связана с повышением уровня глюкозы крови у речников после рейса. Метаболит треоновая кислота представляет собой сахарную кислоту, полученную из треозы. L-изомер является метаболитом аскорбиновой кислоты (витамин С). Так же треоновая кислота является продуктом окисления фруктозы. Продуктом окисления треоновой кислоты по концевой гидроксильной группе является винная кислота. Исследования свидетельствуют, что L-треонат подавляет экспрессию гена человека DKK1 *in vitro*, участвующего в процессах облысения мужчин [26].

Заключение

Результаты оценки адаптационного потенциала до рейса показали удовлетворительную адаптацию только у 37,8% речников, что может явиться основанием для более углубленного профессионального от-

бора для работы в условиях длительных рейсов. Метаболические параметры и корреляционный анализ АП речников показали неудовлетворительную адаптацию или признаки срыва адаптации чаще у лиц старшего возраста и имеющих избыточную массу тела или ожирение. Дизадаптационные признаки статистически значимо положительно коррелируют с уровнем глюкозы, креатинина, мочевины, пальмитиновой кислоты, глюконовой кислоты, треоновой кислоты и имеют отрицательные связи с уровнем тестостерона и креатинкиназы. Выявленные результаты метаболических изменений свидетельствуют об усугублении дизадаптивных изменений в условиях длительного рейса.

С учетом выявленных особенностей необходимо проведение профилактических мероприятий для уменьшения выраженности дизадаптивных метаболических изменений во время длительного рейса и реабилитационных мероприятий после рейса.

Конфликт интересов

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest

Источники финансирования

Исследование проводилось без участия спонсоров

Funding Sources

This study was not sponsored

ЛИТЕРАТУРА

1. Панин Л.Е. Гомеостаз и проблемы приполярной медицины (методологические аспекты адаптации) // Бюллетень СО РАМН. 2010. Т.30, №3. С.6–11. EDN: MSSFQP.
2. Бочкарев М.В., Коростовцева Л.С., Коломейчук С.Н., Петрашова Д.А., Шаламова Е.Ю., Рагозин О.Н., Свиричев Ю.В. Роль сна и изменений ритма сна-бодрствования в адаптации к условиям Арктики // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2019. Т.16, №2. С.86–95. EDN: ZGOJRV. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2019-16-2-86-95>
3. Зайцев В.И., Виноградов С.А. Особенности формирования адаптационных реакций организма моряков в условиях высоких широт // Здоровье населения и среда обитания. 2013. №2(239). С.11–13. EDN: PXLTP.
4. Мацевич Л.М., Вишневский А.М., Разлетова А.Б., Гамаюнов А.С., Лукина Т.М. Факторы, формирующие среду обитания при эксплуатации объектов водного транспорта // Казанский медицинский журнал. 2009. Т.90, №4. С.597–600. EDN: KZLJEF.
5. Сидоров П.И., Казакевич Е.В., Багрецова А.А. Морская медицина как основа сохранения здоровья работников водного транспорта // Медицина труда и промышленная экология. 2007. №1. С.8–11. EDN: KGLFAH.
6. Beger R.D., Dunn W., Schmidt M.A., Gross S.S., Kirwan J.A., Cascante M., Brennan L., Wishart D.S., Oresic M., Hankemeier T., Broadhurst D.I., Lane A.N., Suhre K., Kastenmüller G., Sumner S.J., Thiele I., Fiehn O., Kaddurah-Daouk R. Metabolomics enables precision medicine: “A White Paper, Community Perspective” // Metabolomics. 2016. Vol.12. Article number: 149. <https://doi.org/10.1007/s11306-016-1094-6>
7. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Адаптационный потенциал системы кровообращения и вопросы донозологической диагностики // Проблемы адаптации детского и взрослого организма в норме и патологии. М.: ИГМИ, 1990. С.25–31.
8. Петрова Н.В., Сазанова К.В., Медведева Н.А., Шаварда А.Л. Особенности метаболомного профиля на разных стадиях онтогенеза *Prunella vulgaris* (Lamiaceae) при выращивании в климатической камере // Химия растительного сырья. 2018. №3. С.139–147. EDN: YABUWD. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018033798>
9. Камалутдинов С.Р., Попов В.В., Иванова Т.Н. Признаки хронической сердечной недостаточности у моряков торгового флота во время длительных рейсов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2012. Т.46, №3. С.64–

67. EDN: PWO GOD.

10. Сидоров П.И., Казакевич Е.В., Суханов С.Г. Адаптация моряков к условиям рейса: руководство по морской медицине / под ред. П.И.Сидорова. Архангельск: АГМА, 1998. С.26–29.

11. Щербина Ф.А. Адаптивные реакции организма моряков рыбопромыслового флота в динамике 75-суточного рейса // Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014. №3. С.91–99. EDN: SOAITF.

12. Nittari G., Tomassoni D., Di Canio M., Traini E., Pirillo I., Minciacchi A., Amenta F. Overweight among seafarers working on board merchant ships // BMC Public Health. 2019. Vol.19. Article number: 45. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6377-6>

13. Stevens V.J., Obarzanek E., Cook N.R., Lee I.M., Appel L.J., Smith West D., Milas N.C., Mattfeldt-Beman M., Belden L., Bragg C., Millstone M., Raczynski J., Brewer A., Singh B., Cohen J. Long-term weight loss and changes in blood pressure: results of the trials of hypertension prevention, phase II // Ann. Intern. Med. 2001. Vol.134. P.1–11. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-134-1-200101020-00007>

14. Ковесди Ч., Фурс С., Зоккали К. Ожирение и заболевания почек: скрытые последствия эпидемии // Нефрология. 2017. Т.21, №2. С.10-19. <https://doi.org/10.24884/1561-6274-2017-21-2-10-19>

15. Бойко Е.Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 191 с. ISBN: 5-7691-1565-3.

16. Литвак М.М., Зарудская О.М. Многообразие превращений углеводов в организме // Научный альманах. 2016. №1-2 (15). С.386–392. EDN: WBF PUL. <https://doi.org/10.17117/na.2016.01.02.386>

17. Титов В.Н., Хохлова Н.В., Ширяева Ю.К. Глюкоза, гликотоксины и продукты гликирования протеинов: роль в патогенезе // Клиническая медицина. 2013. №3. С.15–23. EDN: PWKODZ.

18. Asif A.A., Hussain H., Chatterjee T. Extraordinary Creatinine Level: A Case Report // Cureus. 2020. Vol.12, Iss.7. Article number: e9076. <https://doi.org/10.7759/cureus.9076>

19. Al-Hail N., Butler A.E., Dargham S.R., Abou Seif A., Atkin S.L. Creatine Kinase Is a Marker of Metabolic Syndrome in Qatari Women With and Without Polycystic Ovarian Syndrome // Front. Endocrinol. 2019. Vol.10. Article number: 659. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00659>

20. Лавренова Е.А., Драпкина О.М. Инсулинорезистентность при ожирении: причины и последствия // Ожирение и метаболизм. 2020. Т.17, №1. С.48–55. EDN: WCSRAE. <https://doi.org/10.14341/omet9759>

21. Гамидов С.И., Шатылко Т.В., Гасанов Н.Г. Мужское здоровье и ожирение – диагностика и терапевтические подходы // Ожирение и метаболизм. 2019. Т.16, №3. С.29–36. EDN: QELTWG. <https://doi.org/10.14341/omet10314>

22. Wittert G., Grossmann M. Obesity, type 2 diabetes, and testosterone in ageing men // Rev. Endocr. Metab. Disord. 2022. Vol.23. P.1233–1242. <https://doi.org/10.1007/s11154-022-09746-5>

23. Колосова О.Н., Засимова Е.З., Слепцов И.В., Гольдерова А.С., Кершенгольц Б.М. К вопросу разработки теста отбора вахтовиков для работы на Севере на основе определения метаболомного профиля плазмы крови, на примере работников водного транспорта // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021. Т.26, №4. С.91–102. EDN: GIBVXT. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-91-102>

24. Степычева Н.В., Васина Н.А., Куликова А.А. Оценка влияния пальмового масла на развитие атеросклероза и атероматоза // Современные научные исследования и инновации. 2018. №1(81). URL: <https://web.snauka.ru/issues/2018/01/85552>. EDN: NRUUBD.

25. Голикова Е. П., Лакина Н. В., Шкилева И. П., Матвеева В. Г. Исследование биокаталитического способа получения глюконовой кислоты // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. №3. С.40–46. EDN: ZRCMYT.

26. Kwack M. H., Ahn J.S., Kim M. K., Kim J.C., Sun Y.K. Preventable effect of L-threonate, an ascorbate metabolite, on androgen-driven balding via repression of dihydrotestosterone-induced dickkopf-1 expression in human hair dermal papilla cells // BMB Reports. 2010. Vol.43, Iss.10. P.688–692. <https://doi.org/10.5483/BMBRep.2010.43.10.688>

REFERENCES

1. Panin L.E. [Homeostasis and problems of circumpolar health (methodological aspects of adaptation)]. *Siberian Scientific Medical Journal* 2010; 30(3):6–11 (in Russian).

2. Bochkarev M.V., Korostovtseva L.S., Kolomeychuk S.N., Petrashova D.A., Shalamova E.Yu., Ragozin O.N., Sviryaev Yu.V. [The role of sleep and sleep-wake rhythm changes in adaptation to Arctic conditions]. *Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki = Journal of Ural Medical Academic Science* 2019; 16(2):86–95 (in Russian). <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2019-16-2-86-95>

3. Zaitsev V.I., Vinogradov S.A. [Features of Formation of Adaptive Reactions of Sailors at High Latitudes]. *Zdorov'e naseleniâ i sreda obitaniâ = Public Health and Life Environment* 2013; (2):11–13 (in Russian).

4. Matsevich L.M., Vishnevskij A.M., Razletova A.B., Gamayunov A.S., Lukina T.M. [The factors forming environment during operation of water transport units]. *Kazan Medical Journal* 2009; 90(4):597–600 (in Russian).

5. Sidorov P.I., Kazakevitch E.V., Bagretsova A.A. [Maritime medical service as a means to preserve health in water transport workers]. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology* 2007; (1):8–11 (in Russian).
6. Beger R.D., Dunn W., Schmidt M.A., Gross S.S., Kirwan J.A., Cascante M., Brennan L., Wishart D.S., Oresic M., Hankemeier T., Broadhurst D.I., Lane A.N., Suhre K., Kastenmüller G., Sumner S.J., Thiele I., Fiehn O., Kaddurah-Daouk R. Metabolomics enables precision medicine: “A White Paper, Community Perspective” *Metabolomics* 2016; 12:149. <https://doi.org/10.1007/s11306-016-1094-6>
7. Baevisky R.M., Berseneva A.P. [Adaptive potential of the circulatory system and issues of prenosological diagnostics. In: Problems of adaptation of the child and adult organism in normal and pathological conditions]. Moscow: MGMI; 1990:25–31 (in Russian).
8. Petrova N.V., Sazanova K.V., Medvedeva N.A., Shavarda A.L. [Metabolomic profile at the different stages of *Prunella Vulgaris* (Lamiaceae) ontogenesis at growing in the climate chamber]. *Khimija rastitel'nogo syr'ja (Chemistry of Plant Raw Material)* 2018; (3):139–147. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018033798>
9. Kamalutdinov S.P., Popov V.V., Ivanova T.N. [Signs of chronic cardiac insufficiency in merchant marine sailors on long voyages]. *Aviakosm. Ekolog. Med.* 2012; 46(3):64–67. PMID: 23074954.
10. Sidorov P. I., Kazakevich E.V., Sukhanov S. G. [Adaptation of seafarers to the conditions of the voyage]. Akhangel'sk: AGMA; 1998 (in Russian).
11. Shcherbina F.A. [Adaptive response in fishing fleet seamen during a 75-day's voyage]. *Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series “Medical and Biological Sciences”* 2014; (3):91–99 (in Russian).
12. Nittari G., Tomassoni D., Di Canio M., Traini E., Pirillo I., Minciocchi A., Amenta F. Overweight among seafarers working on board merchant ships. *BMC Public Health* 2019; 19:45. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6377-6>
13. Stevens V.J., Obarzanek E., Cook N.R., Lee I.M., Appel L.J., Smith West D., Milas N.C., Mattfeldt-Beman M., Belden L., Bragg C., Millstone M., Raczynski J., Brewer A., Singh B., Cohen J. Long-term weight loss and changes in blood pressure: results of the trials of hypertension prevention, phase II. *Ann. Intern. Med.* 2001; 134:1–11. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-134-1-200101020-00007>
14. Kovcsdy C., Furth S., Zoccali C. [Obesity and kidney disease: hidden consequences of the epidemic]. *Nephrology (Saint-Petersburg)* 2017; 21(2):10–19 (in Russian). <https://doi.org/10.24884/1561-6274-2017-21-2-10-19>
15. Boyko E.R. [Physiological and biochemical basis of human life activity in the North]. Yekaterinburg.: UrO RAN; 2005 (in Russian). ISBN: 5-7691-1565-3.
16. Litvak M.M., Zarudskaya O.M. [The variety of transformations of carbohydrates in the body]. *Science Almanac* 2016; (1-2):386–392 (in Russian). <https://doi.org/10.17117/na.2016.01.02.386>
17. Titov V.N., Khokhlova N.V., Shiryaeva Yu.K. [Glucose, glycotoxins, and protein glycation products: the role in patogenesis]. *Clinical Medicine (Russian Journal)* 2013; (3):15–23 (in Russian).
18. Asif A.A, Hussain H., Chatterjee T. Extraordinary Creatinine Level: A Case Report. *Cureus* 2020; 12(7):e9076. <https://doi.org/10.7759/cureus.9076>
19. Al-Hail N., Butler A.E., Dargham S.R., Abou Seif A., Atkin S.L. Creatine Kinase Is a Marker of Metabolic Syndrome in Qatari Women With and Without Polycystic Ovarian Syndrome. *Front. Endocrinol.* 2019; 10:659. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00659>
20. Lavrenova E.A., Drapkina O.M. [Insulin resistance in obesity: pathogenesis and effects]. *Obesity and metabolism* 2020; 17(1):48–55 (in Russian). <https://doi.org/10.14341/omet9759>
21. Gamidov S.I., Shatylo T.V., Gasanov N.G. [Male health and obesity – diagnostic and therapeutic approach]. *Obesity and metabolism.* 2019; 16(3):29–36 (in Russian). <https://doi.org/10.14341/omet10314>
22. Wittert G., Grossmann M. Obesity, type 2 diabetes, and testosterone in ageing men. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 2022; 23:1233–1242. <https://doi.org/10.1007/s11154-022-09746-5>
23. Kolosova O.N., Zasimova E.Z., Sleptsov I.V., Golderova A.S., Kershengolts B.M. [On the development of a test for the selection of shift workers for work in the North based on the determination of the metabolomic profile of blood plasma, by the example of workers in water transport]. *Arctic and Subarctic Natural Resources* 2021; 26(4):91–102 (in Russian). <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-91-10>
24. Stepycheva N. V., Vasina N. A., Kulikova A. A. [Evaluation of the effect of palm oil on the development of atherosclerosis]. *Modern Scientific Researches and Innovations* 2018; (1) (in Russian). Available at: <https://web.snauka.ru/issues/2018/01/85552>
25. Golikova, E.P., Lakina N.V., Shkileva I.P., Matveeva V.G. [The study of the biocatalytic method for producing gluconic acid]. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy* 2017; (3):40–46 (in Russian).
26. Kwack M. H., Ahn J.S., Kim M. K., Kim J.C., Sun Y.K. Preventable effect of L-threonate, an ascorbate metabolite, on androgen-driven balding via repression of dihydrotestosterone-induced dickkopf-1 expression in human hair dermal papilla cells. *BMB Reports* 2010; 43(10):688–692. <https://doi.org/10.5483/BMBRep.2010.43.10.688>

Информация об авторах:

Екатерина Захаровна Засимова, врач лечебной физкультуры и спортивной медицины (Институт физической культуры и спорта), соискатель диссертации (Медицинский институт), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова»; e-mail: ekazas15@yandex.ru

Author information:

Ekaterina Z. Zasimova, doctor (Institute of Physical Culture and Sports), PhD student (Medical Institute) of the M.K.Ammosov North-Eastern Federal University; e-mail: ekazas15@yandex.ru

Поступила 27.01.2023

Принята к печати 15.02.2023

Received January 27, 2023

Accepted February 15, 2023
