

УДК [612.015.32+577.164.11]-057(470.1/2)  
<http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-4-54-62>

© Петрова Т.Б., Бичкаева Ф.А., 2020 г.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА И ТИАМИНОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ У ПЛАВСОСТАВА СЕВЕРНОГО ВОДНОГО БАСЕЙНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПЕЦИФИКИ РАБОТЫ, ВОЗРАСТА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАЖА

Т. Б. Петрова\*, Ф. А. Бичкаева

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лавёрова, Архангельск, Россия

*Цель:* оценка углеводного обмена и обеспеченности тиамином у плавсостава в зависимости от специфики работы, возраста и профессионального стажа.

*Материалы и методы.* Обследованы работники плавсостава Северного водного бассейна (речники, рыбаки и моряки) в возрасте от 21 до 59 лет, имеющие профессиональный стаж до 35 лет. В сыворотке крови спектрофотометрическим методом определяли параметры углеводного обмена, а в гемолизате крови флуорометрическим методом — обеспеченность организма тиамином.

*Результаты и их обсуждение.* У моряков повышена концентрация глюкозы на фоне низкой обеспеченности тиамином относительно рыбаков и речников. У речников с увеличением возраста и стажа повышается частота встречаемости маргинальных, а у рыбаков с повышением стажа — выраженных тиамин-дефицитных состояний. Изменения углеводного обмена и обеспеченности тиамином плавсостава зависят преимущественно от специфики работы.

**Ключевые слова:** морская медицина, углеводный обмен, тиамин, плавсостав

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Петрова Т.Б., Бичкаева Ф.А. Сравнительный анализ параметров углеводного обмена и тиаминовой обеспеченности у плавсостава Северного водного бассейна в зависимости от специфики работы, возраста и профессионального стажа // *Морская медицина*. 2020. Т. 6, № 4. С. 54–62, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-4-54-62>.

\*Контакт: Петрова Татьяна Борисовна, [tatyana-rab@yandex.ru](mailto:tatyana-rab@yandex.ru)

© Petrova T.B., Bichkaeva F.A., 2020

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF CARBOHYDRATE EXCHANGE AND THIAMINE SECURITY IN THE CREW PERSONNEL OF THE NORTHERN WATER BASIN DEPENDING ON THE SPECIFICS OF WORK, AGE AND PROFESSIONAL EXPERIENCE

Tatyana B. Petrova\*, Fatima A. Bichkaeva

The Federal Research Center for Integrated Arctic Research named after Academician N. P. Laverov, Arkhangelsk, Russia

*Purpose:* assessment of carbohydrate metabolism and thiamine supply in the crew, depending on the specifics of work, age and professional experience.

*Materials and methods.* The researchers examined the crew personnel of the Northern Water Basin (river workers, fishermen and seafarers) aged from 21 to 59 years, with professional experience up to 35 years. In the blood serum, the parameters of carbohydrate metabolism were determined by the spectrophotometric method, and in the blood hemolysate, by the fluorometric method, the content of the thiamine in the body.

*Results and its discussion.* Seafarers have an increased glucose concentration against the background of low thiamine content relative to fishermen and river workers. The frequency of occurrence of marginal states increases with increasing age and experience in river workers, and the frequency of occurrence of pronounced thiamine-deficient states increases with increasing experience in fishermen. Changes in carbohydrate metabolism and thiamine content of the crew depend mainly on the specifics of the work.

**Key words:** marine medicine, carbohydrate metabolism, thiamine, crew personnel

**Conflict of interest:** authors declared no conflict of interest.

**For citation:** Petrova T.B., Bichkaeva F.A. Comparative analysis of the parameters of carbohydrate exchange and thiamine security in the crew personnel of the northern water basin depending on the specifics of work, age and professional experience// *Marine medicine*. 2020. Vol. 6, No. 4. P. 54–62, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-4-54-62>.

\*Contact: Petrova Tatiana Borisovna, [tatyana-rab@yandex.ru](mailto:tatyana-rab@yandex.ru)

**Введение.** Мореплавание неизбежно связано с воздействием различных опасностей, которые могут приводить судно к потере управления, аварии и вызывать комплексную физиологическую стресс-реакцию [1, с. 103]. Помимо непосредственной угрозы для жизни, работа плавсостава характеризуется комплексным воздействием ряда вредных производственных факторов [1, с. 1–2; 2, с. 80–81; 3, с. 95; 4, с. 16]. Специфика работы заключается в том, что суда являются одновременно местом работы и местом проживания (отдыха), поэтому факторы риска бытового, социально-психологического и рабочего характера сосуществуют, и это негативно сказывается на состоянии здоровья [2, с. 80–81].

В комплексе показателей здоровья особую роль играет углеводный обмен — одно из важных звеньев энергетического обмена, зависящий от обеспеченности организма тиамином. С возрастом и увеличением профессионального стажа данные показатели могут изменяться, вследствие ослабления регуляторных, адаптационных, физических, психических и других функций организма [5, с. 140]. Отечественными и зарубежными исследователями установлено, что возрастные изменения вызывают нарушения метаболизма глюкозы [6, с. 28–29; 7, с. 156; 8, с. 190; 9, с. 674; 10, с. 1183–1184; 11, с. 728, с. 2636]. Так, у жителей Севера России установлено статистически значимое повышение уровня глюкозы в крови с увеличением возраста — с 16–21 до 61–74 лет [12, с. 25]. Также, к примеру, у исландских мужчин в возрасте 34–61 года уровень глюкозы смещался в сторону более высоких значений [13, с. 21], а в другом исследовании показано, что у 20–69-летних средний уровень глюкозы в крови тоже повышался [10, с. 1183]. Это, вероятно, связано, с одной стороны, с возрастными изменениями, прежде всего в нервной и эндокринной системе, а также с ферментативной активностью печени, а с другой — с повышением инсулинорезистентности и снижением толерантности к глюкозе [6, с. 28].

Изучение обеспеченности организма тиаминном у плавсостава в возрастном и стажевом аспекте связано с его ролью в качестве кофактора целого ряда ключевых ферментов углеводного и липидного обмена, процессов энергообразования и биосинтеза веществ, что важно при адаптации организма, особенно у лиц, работающих в экстремальных условиях [14, с. 102]. Известно, что активное использование экзогенных и эндогенных липидов в организме способствует «экономизации» прежде всего тиамин, играющего важную роль в углеводном обмене, а увеличение белкового метаболизма отягощает развитие тиаминного гиповитаминоза. Однако истощение с возрастом и стажем витаминных «депо» организма угрожает развитием гиповитаминозных состояний в связи с активацией метаболизма как липидов, так и углеводов. Причиной возникновения тиамин-дефицитного состояния в организме человека чаще всего является неполноценный или несбалансированный рацион, преобладание в нем углеводов [15, с. 58], потребление продуктов с антитиаминовыми факторами (некоторые сорта рыб, ягод и овощей), обильное потребление крепкого чая и др. [16, с. 105].

Риск дефицита тиамин (витамина В1) коррелирует с возрастом, а также с уровнем глюкозы [17, с. 2893; 18, с. 25; 19, с. 50; 20, с. 246]. Так, в работе Н.Р. Barret и А.В. Browne выявлен авитаминоз В1 среди гамбийских мужчин 15–49 лет [21, с. 1295], а также установлен дефицит тиамин у лиц старших возрастных групп на Филиппинах [22, с. 59], в Камбодже, Лаосе и Мьянме [23, с. 479], среди негров испанского происхождения [24, с. 2617]. Профессиональный стаж также оказывает влияние на здоровье человека [25, с. 128], однако в литературе практически отсутствуют исследования по данной проблеме.

Таким образом, в настоящее время в источниках литературы недостаточно сведений, касающихся данной проблемы.

В связи с этим **целью** настоящего исследования являлось изучение изменений показате-

лей углеводного обмена и обеспеченности тиамином у плавсостава Северного водного бассейна (СВБ) в зависимости от специфики работы, возраста и профессионального стажа.

**Материалы и методы.** Проведено обследование 1032 мужчин — работников СВБ в возрасте от 21 до 59 лет. В соответствии со спецификой работы они были разделены на три группы: в первую группу вошли 552 работника Северного речного пароходства (СРП, речники), во вторую группу включены 202 работника Архангельского тралового флота (АТФ, рыбаки), а третью группу составили 278 работников Северного морского пароходства (СМП, моряки). Средний возраст работников водного транспорта составил  $33,4 \pm 6,9$  года. Кроме того, обследована контрольная группа лиц СВБ, работа которых не связана с плаванием.

В зависимости от возраста речники, рыбаки и моряки были распределены по четырем группам: 1-я группа — 20–29 лет, 2-я группа — 30–39 лет, 3-я группа — 40–49 лет, 4-я группа — 50–59 лет.

В зависимости от длительности профессионального стажа речники, рыбаки и моряки также были разделены на четыре группы: 1-я группа — до 3 лет, 2-я группа — 4–10 лет, 3-я группа — 11–20 лет, 4-я группа — 21–35 лет.

Забор крови осуществлялся утром строго натощак (с 8:00 до 10:00) после рейса в вакуумные контейнеры «Beckton Dickinson ВР» с согласия волонтеров и в соответствии с требованиями Хельсинкской Декларации Всемирной Ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований (2000 г.). В сыворотке крови определялось содержание: глюкозы (ГЛЮ, норма — 4,2–6,1 ммоль/л), лактата (ЛАК, норма — 1,33–1,77 ммоль/л) и пирувата (ПИР, норма — 0,03–0,1 ммоль/л). Биохимические исследования проводились на спектрофотометре «Spectronic-700» (Baum-Lomb, США) и биохимическом анализаторе «Mars» с помощью наборов «Sigma Diagnostic». Рассчитывался коэффициент ЛАК/ПИР (норма — до 75 усл.ед.). Обеспеченность организма витамином В<sub>1</sub> (тиамином) оценивали по активности витаминзависимого фермента транскетолазы в гемолизатах эритроцитов. При этом учитывался тиаминдифосфат-эффект (ТДФ-эффект) — коэффициент, рассчитываемый по приросту активности эритроцитарного фермента транскетолазы после добавления тиаминдифосфата. В соответствии с общепринятыми критериями счи-

тали, что показатели ТДФ-эффекта 1,15 усл.ед. и менее свидетельствуют об адекватной обеспеченности организма тиамином, от 1,16 до 1,25 — о маргинальном гиповитаминозе В<sub>1</sub>, а величина ТДФ-эффекта более 1,25 — о выраженном гиповитаминозе.

Статистическая обработка результатов исследования выполнялась с помощью пакетов прикладных программ версий Statistica 6.0 и SPSS 13.0. Результаты исследования представлены в виде среднего арифметического (М), стандартное отклонение (SD). Статистическая обработка проводилась непараметрическими методами, поскольку данное исследование было принято за этап разведочного анализа и в большинстве выборок выявлено неправильное распределение. Достоверность различий между группами оценивали с помощью критерия U-критерия Манна-Уитни ( $p < 0,05$ ). Частота регистрации лиц со значениями показателей, выходящих за пределы норм, рассчитывалась от общего числа лиц в каждой группе (%).

**Результаты и их обсуждение.** В более раннем исследовании было установлено, что уровни ГЛЮ и ПИР в целом у плавсостава были в пределах физиологических норм, а уровень ЛАК превышал верхнюю границу нормы. У общей группы плавсостава уровень ГЛЮ достоверно превышал показатели контрольной группы ( $p = 0,001$ ), в то время как содержание ПИР и ЛАК у плавсостава было статистически значимо ниже в сравнении с контролем ( $p = 0,001$ ), как и величина ЛАК/ПИР [4, с. 13].

Поскольку возраст является важным предиктором, обуславливающим функциональные изменения в нервной и эндокринной системе, и, как следствие, влияющим на регуляцию метаболических процессов и витаминную обеспеченность, то он существенно влияет на содержание метаболитов углеводного обмена [6, с. 2] и тиамин, особенно у лиц, работающих в экстремальных условиях, к которым относится плавсостав.

В настоящем исследовании большинство выявленных нами биохимических параметров, характеризующих состояние углеводного обмена и обеспеченности организма тиамином, имело несущественные колебания у разных групп плавсостава в зависимости от возраста (табл. 1). В уровне глюкозы — одного из интегральных параметров углеводного метаболизма, между возрастными группами статистически значи-

Таблица 1

Средние значения параметров углеводного обмена и тиамина у плавсостава в зависимости от специфики работы и возраста ( $M \pm SD$ )

Table 1

Average values of parameters of carbohydrate metabolism and the thiamine among seamen in relation to the specifics of the work and age ( $M \pm SD$ )

Параметр	Группы плавсостава	Возрастные группы			
		20–29 лет (1)	30–39 лет (2)	40–49 лет (3)	50–59 лет (4)
Количество человек, абс.	СРП	81	193	211	67
	АТФ	59	61	63	19
	СМП	66	106	85	21
Глюкоза, ммоль/л	СРП	4,88±0,32	4,91±0,36	4,92±0,36	4,93±0,55
	АТФ	4,23±0,34*	4,42±0,48*	4,32±0,29*	4,37±0,21*
	СМП	5,10±0,48*+	4,99±0,53+	4,99±0,29+	5,00±0,06+
Лактат, ммоль/л	СРП	2,33±0,37	2,37±0,35	2,33±0,36	2,20±0,51
	АТФ	2,67±0,33*	2,64±0,38*	2,61±0,34*	2,62±0,07*
	СМП	1,99±0,36*+	2,09±0,29*+	2,09±0,24*+	2,05±0,06+
Пируват, ммоль/л	СРП	0,030±0,060	0,031±0,009	0,031±0,008	0,032±0,007
	АТФ	0,034±0,009	0,034±0,012	0,034±0,011	0,033±0,004
	СМП	0,024±0,005	0,024±0,006*+	0,023±0,004*+	0,025±0,005*+
Лактатпируват, усл. ед.	СРП	84,99±21,13	84,07±23,35	81,89±20,06	75,78±17,00
	АТФ	104,44±24,08*	107,82±34,69*	104,19±32,27*	106,11±0,13*
	СМП	103,01±27,69*	114,35±62,32*	111,84±32,85*	104,59±17,13*
ТДФ-эффект, усл. ед.	СРП	0,98±0,02	0,98±0,01	0,98±0,01	0,98±0,01
	АТФ	0,96±0,02	0,97±0,01	0,96±0,01	0,96±0,01
	СМП	1,01±0,01	1,02±0,03	1,02±0,03	1,01±0,06

Примечание. Статистически значимые различия: \* — между аналогичными возрастными группами относительно СРП; + — между аналогичными возрастными группами относительно АТФ. Уровни значимости (p между возрастными): по содержанию ГЛЮ между АТФ 1–2=0,014; по содержанию ЛАК между СРП 2–4=0,003, 3–4=0,021 между СМП 1–2=0,047 и 1–3=0,043; по величине ЛАК/ПИР между СРП 1–4=0,005, 2–4=0,008.

Note. Statistically significant differences: \* — between similar age groups relative to rivermen; + — between similar age groups relative to fishermen. Significance levels (p between ages): by the content of GLU between fishermen 1–2=0,014; by the content of LAC between rivermen 2–4=0,003, 3–4=0,021 between seamen 1–2=0,047 and 1–3=0,043; by the value of LAC/PIR between rivermen 1–4=0,005, 2–4=0,008.

мых различий у моряков не выявлено. У речников и рыбаков 2-й, 3-й, 4-й возрастных групп наблюдалось повышение уровня ГЛЮ относительно 1-й возрастной группы. При сравнении аналогичных возрастных групп значимо выше уровень ГЛЮ был во всех возрастных группах моряков по сравнению с речниками и особенно рыбаками. При этом у рыбаков ниже содержание ГЛЮ по сравнению с моряками и речниками аналогичных возрастных групп.

Следовательно, выявленные в нашем исследовании изменения содержания ГЛЮ у речников, рыбаков и моряков отражают возрастные особенности метаболизма и согласуются с показателями нормы (3,9–5,5 ммоль/л). Достоверно возрастало содержание ГЛЮ в крови у 30–39-летних рыбаков по сравнению с 20–29-летними ( $p=0,014$ ), в то время как у моряков и речников оно повышалось незначимо. При

этом во всех аналогичных возрастных группах рыбаков уровень ГЛЮ был значимо ниже, чем у речников и моряков (табл. 1). Это, по всей видимости, связано со спецификой работы разных групп плавсостава.

Поскольку основными факторами, регулирующими углеводный обмен, являются гормоны поджелудочной железы (инсулин, глюкагон), надпочечников (катехоламины, глюкокортикоиды), соматотропный гормон, а также характер питания, интенсивность физических нагрузок, образ жизни, профессиональная занятость [26, с. 35], то повышенный уровень ГЛЮ во всех возрастных группах моряков, затем у речников по сравнению с рыбаками, вероятно, связан в первую очередь с наибольшим влиянием стрессовых факторов судовой среды [4, с. 5] и, как следствие, повышением активности гипоталамо-гипофизарной системы [6,

с. 28–30] и секреции клюкোকортикоидов (кортизола) в условиях длительного стресса, стимулирующих синтез ГЛЮ. При этом у рыбаков, занимающихся рыбным промыслом, по сравнению с речниками и моряками аналогичных возрастных групп, по-видимому, более тяжелый физический труд [4, с. 16] способствует повышению чувствительности к нему мышечной и жировой тканей и снижению уровня ГЛЮ.

Не менее важными показателями, отражающими состояние углеводного обмена, являются метаболиты глюкозы. Пируват (пировиноградная кислота) представляет собой метаболит аэробного распада глюкозы, а лактат (молочная кислота) — анаэробного метаболизма, которая образуется из пирувата с участием лактатдегидрогеназы. Установлено, что содержание ЛАК у 50–59-летних речников достоверно снижается по сравнению с 20–29-летними ( $p=0,003$ ) и 30–39-летними ( $p=0,021$ ), а у 20–29-летних моряков повышается относительно 30–39-летними ( $p=0,047$ ) и 40–49-летних ( $p=0,043$ ). Наряду с этим во всех аналогичных возрастных группах рыбаков уровень ЛАК был значимо выше, чем у моряков и речников (табл. 1).

При сравнении уровня ПИР статистически значимых изменений как с увеличением возраста, так и между возрастными группами речников, рыбаков и моряков не выявлено. Уровень ПИР оказался значимо выше в аналогичных возрастных группах речников и рыбаков относительно моряков (см. табл. 1).

Оценивая величину ЛАК/ПИР с возрастом достоверно снижается величина у 50–59-летних речников по сравнению с 20–29-летними ( $p=0,005$ ) и 30–39-летними ( $p=0,008$ ), в то время как у моряков и речников повышалось незначимо. Во всех аналогичных возрастных группах речников данная величина была значимо ниже, чем у рыбаков и моряков, что говорит о преобладании у них аэробных процессов над анаэробными (см. табл. 1).

Следовательно, установленные нами возрастные изменения ГЛЮ сказываются на интенсивности синтеза ЛАК и ПИР, что отражается на их содержании в крови. Так, во всех аналогичных возрастных группах речников и моряков уровень ЛАК был значимо ниже, чем у рыбаков, но был смещен в сторону выше нормативных значений (1,33–1,77 ммоль/л) при статистически незначимом повышении ПИР со сдвигом в сторону ниже нормативных значений (0,03–0,1 ммоль/л).

Таким образом, у плавсостава, особенно у моряков и речников и в меньшей степени у рыбаков выявлено снижение утилизации ГЛЮ на фоне повышения ЛАК и снижения ПИР, что, вероятно, связано с митохондриальной дисфункцией, приводящей к сдвигу метаболизма от аэробного гликолиза к анаэробному. При этом изменяется активность генов, кодирующих фермент лактатдегидрогеназу, участвующий в процессах приспособления к факторам внешней среды и обеспечивающий специфический обмен, характерный для каждого типа тканей. Известно, что с возрастом и при физической перегрузке организма увеличивается активность этого фермента [27, с. 30], что было установлено у рыбаков по сравнению с речниками и моряками.

Центральное место в метаболических процессах, лежащих в основе жизнедеятельности, занимают окислительные процессы. Вероятно, возрастные изменения углеводного обмена связаны в первую очередь с увеличением адаптационного порога чувствительности гипоталамуса, который предположительно связывают либо с уменьшением числа антенн — рецепторов на мембране клеток соответствующего гипоталамического центра, либо с уменьшением выработки нейромедиаторов, что было доказано на экспериментальных моделях. Из-за снижения чувствительности гипоталамуса к стресс-факторам и связанного с этим снижения уровня образования активных форм кислорода с возрастом в организме уменьшается устойчивость клеток и способность эффективно адаптироваться к быстро изменяющимся условиям окружающей среды [28, с. 17].

Анализ обеспеченности организма тиамином у работников СВБ в зависимости от возраста показывает, что уровни ТДФ-эффекта во всех возрастных группах рыбаков, моряков и речников достоверно не различаются. Вместе с тем во всех аналогичных возрастных группах рыбаков обеспеченность организма тиамином была незначимо выше, чем у речников и моряков (табл. 1).

Кроме возраста, профессиональный стаж также является независимым предиктором, определяющим интенсивность углеводного обмена и обеспеченности тиамином. Следует отметить, что в зависимости от специфики работы и профессионального стажа показала в целом аналогичную возрастным изменениям динамику, но с некоторыми отличиями (табл. 2). Так, по сравнению с возрастом уровни ГЛЮ,

Таблица 2

Средние значения параметров углеводного обмена и тиамин у плавсостава в зависимости от специфики работы и стажа ( $M \pm SD$ )

Table 2

Average values of parameters of carbohydrate metabolism and the thiamine among seamen in relation to the specifics of the work and experience period ( $M \pm SD$ )

Параметры, ед. изм.	Группы плавсостава	Стажевые группы			
		≤3 (1)	4–10 (2)	11–20 (3)	21–35 (4)
Количество челоек, абс.	СРП	32	107	248	165
	АТФ	19	62	68	53
	СМП	24	94	92	68
ГЛЮ, ммоль/л	СРП	4,92±0,33	4,93±0,35	4,89±0,38	4,94±0,38
	АТФ	4,36±0,53*	4,32±0,37*	4,34±0,47*	4,32±0,16*
	СМП	5,02±0,31+	5,01±0,55+	5,05±0,46*+	4,99±0,25+
ЛАК, ммоль/л	СРП	2,34±0,52	2,35±0,32	2,35±0,38	2,31±0,36
	АТФ	2,63±0,23*	2,66±0,39*	2,64±0,41*	2,61±0,24*
	СМП	2,09±0,35*+	2,03±0,37*+	2,10±0,21*+	2,06±0,19*+
ПИР, ммоль/л	СРП	0,030±0,004	0,031±0,008	0,031±0,008	0,031±0,008
	АТФ	0,036±0,013*	0,033±0,009	0,035±0,013	0,033±0,008
	СМП	0,024±0,003*+	0,024±0,006*+	0,024±0,005*+	0,024±0,004*+
ЛАК/ПИР, усл.ед.	СРП	78±10,1	75,8±16,2	75,81±12,2	74,52±11,1
	АТФ	102,65±19,95*	105,32±29,42*	105,81±38,73*	106,80±20,79*
	СМП	111,93±24,59*	108,67±58,05*	113,07±50,01*	107,88±17,12*
ТДФ-эффект, усл.ед.	СРП	0,98±0,01	0,98±0,02	0,98±0,01	0,98±0,02
	АТФ	0,96±0,12	0,95±0,02	0,96±0,01	0,95±0,02
	СМП	1,02±0,01	1,01±0,02	1,01±0,01	1,02±0,02

Примечание. Статистически значимые различия: \* — между аналогичными стажевыми группами относительно СРП; + — между аналогичными стажевыми группами относительно АТФ. Уровней значимости (p между возрастными) не установлено.

Note. Statistically significant differences: \* — between similar trainee groups relative to rivermen; + — between similar trainee groups relative to fishermen. No significance levels (p between ages) have been established.

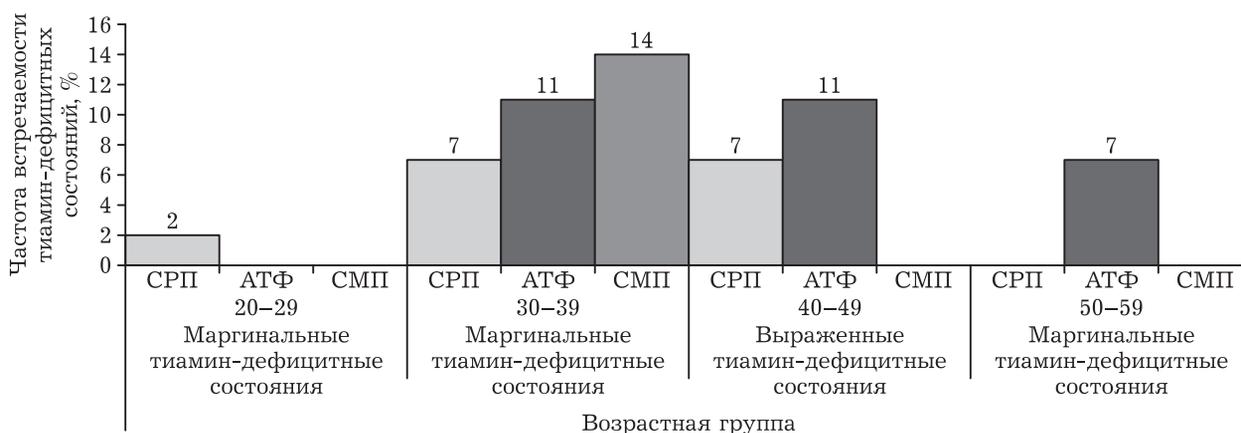
ЛАК и ПИР у речников, рыбаков и моряков статистически значимо не изменяются при переходе от одной стажевой группы к другой. При сравнении аналогичных стажевых групп у рыбаков уровень ГЛЮ значимо ниже, а ЛАК, ПИР и обеспеченности тиамином — выше, чем у речников и рыбаков.

При оценке обеспеченности организма тиамином в зависимости от специфики работы между аналогичными возрастными и стажевыми группами отмечен наибольший его дефицит у моряков относительно речников и рыбаков. Следует отметить, что с возрастом повышается частота маргинальных и выраженных тиамин-дефицитных состояний у рыбаков и речников (рис. 1). В то же время у моряков частота маргинальных тиамин-дефицитных состояний выше при небольшом стаже работы, у речников выше частота маргинального гиповитаминоза, а у рыбаков — выраженного гиповитаминоза В<sub>1</sub>, что подтверждает вышеприведенные данные (рис. 2).

С учетом того, что ТДФ-эффект является коферментом пируватдегидрогеназного ком-

плекса, участвующего в окислительном декарбоксилировании ПИР с образованием ацетил-КоА и обеспечивающего полное окисление углеводов, то у моряков, независимо от возраста и стажа работы, при максимальном уровне ГЛЮ и тенденции снижения ЛАК и ПИР на фоне низкой обеспеченности организма тиамином, вероятно, повышена активация глюко-неогенеза из метаболитов ГЛЮ при недостаточной коферментной активности тиаминдифосфата. У рыбаков и речников при минимальном содержании ГЛЮ и тенденции повышения уровней ЛАК и ПИР повышена обеспеченность тиамином, что, видимо, свидетельствует о повышении активности пируватдегидрогеназного комплекса и усилению аэробного гликолиза, более выраженного у рыбаков.

Увеличение частоты тиамин-дефицитных состояний с повышением возраста и стажа работы во всех группах плавсостава, особенно у речников и моряков, можно связывать не только с влиянием специфики работы, но и с изменениями фактического питания, замедлением процессов всасывания [17, с. 2893].



**Рис. 1.** Частота выявления тиамин-дефицитных состояний у разных групп плавсостава в зависимости от специфики работы и возраста

**Fig. 1.** The frequency of occurrence of thiamine-deficient conditions in different groups among seamen in relation to the specifics of the work and age

Таким образом, возрастные изменения углеводного обмена у плавсостава, особенно моряков, рыбаков и речников, отличаются разнонаправленностью отдельных метаболических путей. Можно предположить, что это связано

степени от специфики работы [4, с. 15], чем от возраста и профессионального стажа. У плавсостава выявленные изменения углеводного обмена (глюкозы и ее метаболитов) с увеличением как возраста, так и с стажа работы



**Рис. 2.** Частота встречаемости тиамин-дефицитных состояний у разных групп плавсостава в зависимости от специфики и стажа работы

**Fig. 2.** The frequency of occurrence of thiamine-deficient conditions in different groups among seamen in relation to the specifics of the work and experience period

не столько с влиянием возраста, сколько со спецификой работы, а следовательно особенностями энергообмена, связанными с психоэмоциональным напряжением, физическим трудом и двигательной активностью.

**Заключение.** Таким образом, в ходе проведенного нами исследования уровня глюкозы и ее метаболитов у представителей рассматриваемых возрастных и стажевых групп речников, рыбаков и моряков установлены разнонаправленные изменения с увеличением возраста и стажа работы. Выявленные особенности метаболизма у плавсостава зависят в большей

повышают риск развития метаболически обусловленных заболеваний (сахарный диабет, ожирение, гипертоническая болезнь и т.д.). На основе полученных данных целесообразно разрабатывать предложения по совершенствованию медико-санитарного обслуживания плавсостава с учетом возраста и стажа работы. Плавсостав представляет собой отчетливую группу риска по развитию тиамин-дефицитных состояний. Рекомендуется применение тиамин-содержащих продуктов и комплекса витаминов группы В с целью нормализации тиаминового статуса, особенно у моряков и речников.

\* \* \*

Работа выполнена в соответствии с планом НИР центра «Изучение адаптивных воз-

растных эндокринно-метаболических перестроек у жителей арктических территорий» № НИОКТР АААА-А19-119121090063-7.

### Литература / References

1. Рымина Т.Н., Пятыхрова Е.В. Особенности воздействия стресса на работников плавсостава в условиях работы в море // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2014. № 4 (58). С. 103–105. [Rimina T.N., Pyatirova E.V. Features of the impact of stress on employees seafarers in terms of working in the sea. *Health. Medical ecology. Science*, 2014, No. 4 (58), pp. 103–105 (In Russ.).]
2. Абакумов А.А., Бумай О.К., Верведа А.Б., Иванченко А.В., Константинов Р.В., Сосюкин А.Е., Чупрова С.Н. Анализ смертности плавсостава морского и речного флота // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2016. № 2 (56). С. 80–90. [Abakumov A.A., Bumai O.K., Verveda A.B., Ivanchenko A.V., Konstantinov R.V., Sosyukin A.E., Chuprova S.N. analysis of mortality of sea and river fleet personnel. *Medicine of extreme situations*, 2016, No. 2 (56), pp. 80–90 (In Russ.).]
3. Иванченко А.В., Бумай О.К., Сосюки А.Е., Константинов Р.В. Актуальные проблемы медицинского обслуживания плавсостава морского и речного флота РФ // *Морской вестник*. 2014. № 1 (49). С. 95–98. [Ivanchenko A.V., Bumai O.K., Sosyukin A.E., Konstantinov R.V. Actual problems of medical care of the ship's crew of the Russian sea and river fleet. *Sea Bulletin*, 2014, No. 1 (49), pp. 95–98 (In Russ.).]
4. Петрова Т.Б., Бичкаев Я.И., Бичкаева Ф.А. Изменение параметров углеводного обмена у плавсостава Северного водного бассейна // *Экология человека*. 2009. № 8. С. 12–18. [Petrova T.B., Bichkaev J.I., Bichkaeva F.A. Change of parameters of carbohydrate metabolism in fleet personnel of the Northern water basin. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, 2009, No. 8. P. 12–18 (In Russ.).]
5. Эсаулова Т.А. Состояние иммунитета у работников газоперерабатывающих производств в зависимости от стажа работы на предприятии // *Кубанский научный медицинский вестник*. 2009. № 1. С. 140–143. [Esaulova T.A. The state of immunity in workers of gas processing plants depending on the length of service at the enterprise. *Kuban scientific medical Bulletin*, 2009, No. 1, pp. 140–143 (In Russ.).]
6. Вакараева М.М. Возрастные изменения уровня глюкозы в крови // *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты*. 2016. № 30. С. 28–32. [Vakaraeva M.M. Age-related changes in blood glucose level. *Fundamental and applied research: problems and results*, 2016, No. 30, pp. 28–32 (In Russ.).]
7. Тукин В.Н. Возрастные изменения биохимических показателей и их взаимосвязь с жидкостью мембран гематоцитов у здоровых мужчин и женщин // *Научные ведомости Белгородского государственного университета*. Серия: Естественные науки. 2012. № 3 (122). С. 155–160. [Tyukin V.N. Age-related changes in biochemical parameters and their relationship with the fluid of hemocyte membranes in healthy men and women. *Scientific Bulletin of the Belgorod state University*. Series: Natural Sciences, 2012, No. 3 (122), pp. 155–160 (In Russ.).]
8. Карнаухова И.В., Ширяева О.Ю. Исследование пула глюкозы крови как критерия сахарного диабета и метаболического синдрома // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. № 2 (58). С. 188–190. [Karnaukhova I.V., Shiryayeva O.Y. A study pool of glucose of blood as a criterion for diabetes mellitus and metabolic syndrome. *Bulletin of the Orenburg state agrarian University*, 2016, No. 2 (58), pp. 188–190 (In Russ.).]
9. Yardley J.E., Brockman N.K., Bracken R.M. Could Age, Sex and Physical Fitness Affect Blood Glucose Responses to Exercise in Type 1 Diabetes? // *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018. No. 9. P. 674. doi: 10.3389/fendo.2018.00674.
10. Berger D., Crowther R.C., Floyd J.C. Jr., Pek S., Fajans S.S. Effect of age on fasting plasma levels of pancreatic hormones in man // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1978. No. 47 (6). P. 1183–1189. doi: 10.1210/jcem-47-6-1183.
11. Boden G., Chen X., De Santis R.A., Kendrick Z. Effects of age and body fat on insulin resistance in healthy men // *Diabetes Care*. No. 16 (5). P. 728–733. doi: 10.2337/diacare.16.5.728.
12. Нестерова Е.В., Шенгоф Б.А., Бичкаев А.А. Возрастные изменения содержания катехоламинов и показателей углеводного обмена у жителей Севера России // *Журнал медико-биологических исследований*. 2018. Т. 6, № 1. С. 25–34. [Nesterova E.V., Shengof B.A., Bichkaev A.A. Age-related changes in the content of catecholamines and indicators of carbohydrate metabolism in residents of the North of Russia. *Journal of medical and biological research*, 2018, Vol. 6, No. 1, pp. 25–34 (In Russ.).]
13. Sigurdsson G., Gottskalksson G., Thorsteinsson T., Davidsson D., Olafsson O., Samuelsson S., Sigfusson N. Community screening for glucose intolerance in middle-aged Icelandic men. Deterioration to diabetes over a period of 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> years // *Acta Med. Scand.* 1981. No. 210. P. 21–26. doi: 10.1111/j.0954-6820.1981.tb09770.x.

14. Бичкаева Ф.А. *Эндокринная регуляция метаболических процессов у человека на Севере*. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 304 с. [Bichkayeva F.A. *Endocrine regulation of metabolic processes in humans in the North*. Yekaterinburg: Ural branch of the Russian Academy of Sciences, 2008. 304 p.].
15. Бойко Е.Р. *Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере*. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 190 с. [Boyko E.R. *Physiological and biochemical bases of human life in the North*. Yekaterinburg: Ural branch of the Russian Academy of Sciences, 2005, 190 p. (In Russ.)].
16. *Теоретические и клинические аспекты науки о питании* / отв. ред. М.Н. Волгарев. М.: Типография ХОЗУ Миннефтепрома, 1987. 217 с. [Theoretical and clinical aspects of nutrition science / ed. by M.N.Volgarev, Moscow: Printing house of the Ministry of oil and gas industry, 1987, 217 p. (In Russ.)].
17. Sharma P., Gillies N., Pundir S., Pileggi C.A., Markworth J.F., Thorstensen E.B., Cameron-Smith D., Milan A.M. Comparison of the Acute Postprandial Circulating B-Vitamin and Vitamer Responses to Single Breakfast Meals in Young and Older Individuals: Preliminary Secondary Outcomes of a Randomized Controlled Trial // *Nutrients*. 2019. No. 11 (12). P. 2893. doi: <https://doi.org/10.3390/nu1122893>.
18. Evliyaoglu O., van Helden J., Imöhl M., Weiskirchen R. Vitamin B1 interpretation: Erroneous higher levels in non-anemic // *Nutrition*. 2019. No. 60. P. 25–29. doi: 10.1016/j.nut.2018.09.002.
19. Martel J.L., Franklin D.S. Vitamin B1 // *Source Stat Pearls*. Treasure Island: Stat Pearls Publishing, 2020–2019.
20. Stroh C., Meyer F., Manger T. Beriberi, a severe complication after metabolic surgery — review of the literature // *Obes Facts*. 2014. No. 7 (4). P. 246–252. doi: 10.1159/000366012.
21. Barrett H.R., Browne A.W. Beri-beri: age-gender bias in The Gambia // *Soc. Sci. Med.* 1992. No. 34 (11). P. 1295–1297. doi: 10.1016/0277-9536(92)90322-h.
22. Angeles-Agdeppa Y., Sun L., Denney K.V., Tanda R., Octavio A., Carriquiry M.V. Food sources, energy and nutrient intakes of adults: 2013 Philippines National Nutrition Survey // *Nutr J*. 2019. No. 18 (1). P. 59. doi: 10.1186/s12937-019-0481-z.
23. Wieringa F.T., Dijkhuizen M.A., Berger J. Micronutrient deficiencies and their public health implications for South-East Asia // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*. 2019. No. 22 (6). P. 479–482. doi: 10.1097/MCO.0000000000000603.
24. Han S., Wu L., Wang W., Li N., Wu X. Trends in Dietary Nutrients by Demographic Characteristics and BMI among US Adults, 2003–2016 // *Nutrients*. 2019. No. 11 (11). P. 2617. doi: 10.3390/nu11112617.
25. Кузнецова И.В. Динамика профессиональной деформации сотрудников ОВД в зависимости от стажа работы и коррекционных мероприятий // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки*. 2008. № 8 (64). С. 128–133. [Kuznetsova I.V. Dynamics of professional deformation of police officers depending on the length of service and corrective measures. *Bulletin of the Tambov University. Series: Humanitarian Sciences*, 2008, No. 8 (64), pp. 128–133 (In Russ.)].
26. Груздева О.В., Барбараш О.Л., Акбашева О.Е., Паличева Е.И., Кашталал В.В., Дылева Ю.А., Силонова А.А., Тавлужева Е.В. Маркеры инсулинорезистентности у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST // *Российский кардиологический журнал*. 2011. № 6 (92). с. 9–13 [Gruzdeva O.V., Barbarash O.L., Akbasheva O.E., Palicheva E.I., Kashtalap V.V., Dyleva Yu.A., Silonova A.A., Tavlyueva E.V. Markers of insulin resistance in patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *Russian journal of cardiology*. 2011. No. 6 (92). pp. 9–13 (In Russ.)].
27. Туу Р. // *Novartis Found Symp*. 2002. No. 242. P. 26–36.
28. Никитина Ю.В., Мухина И.В. Возрастные изменения окислительных процессов в ткани головного мозга и крови крыс // *Нижегородский медицинский журнал*. 2008. № 3. С. 152–153 [Nikitina Yu.V., Mukhina I.V. Age-related changes in oxidative processes in the brain tissue and blood of rats. *Nizhny Novgorod medical journal*, 2008, No. 3, pp. 152–153 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 10.04.2020 г.

#### Авторство:

Вклад в концепцию и план исследования — Петрова Т.Б. Вклад в сбор данных — Бичкаева Ф.А. Вклад в анализ данных и выводы — Петрова Т.Б. Вклад в подготовку рукописи — Петрова Т.Б., Бичкаева Ф.А.

#### Сведения об авторах:

Петрова Татьяна Борисовна — кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологической и неорганической химии, Институт физиологии природных адаптаций Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П.Лавёрова Российской академии наук»; 163001, г. Архангельск, ул. Ломоносова, д. 249; e-mail: tatyana-rab@yandex.ru; ORCID 0000-0002-8513-1848; SPIN 1661-3095; Бичкаева Фатима Артёмовна — доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биологической и неорганической химии, Институт физиологии природных адаптаций Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П.Лавёрова Российской академии наук»; 163001, г. Архангельск, ул. Ломоносова, д. 249; e-mail: fatima@fciarctic.ru; ORCID 0000-0003-0727-3071; SPIN 3562-3921.