

УДК 612.1:612.825.4:612.766.1

САРЫЧЕВ Александр Сергеевич, доктор медицинских наук, доцент кафедры гигиены и медицинской экологии Северного государственного медицинского университета. Автор 76 научных публикаций, в т. ч. 4 учебных пособия, одного учебника

ОЦЕНКА РЕЗЕРВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛЯЦИИ КРОВООБРАЩЕНИЯ У ВАХТОВИКОВ ЗАПОЛЯРЬЯ

Представлены результаты динамического, когортного исследования по оценке резервных возможностей системы регуляции кровообращения у вахтовиков Заполярья ($n = 76$) с использованием активной ортостатической пробы. Известно, что гравитационная нагрузка при ортостатической пробе адресована непосредственно к механизмам регуляции кровообращения и в зависимости от индивидуального запаса функциональных резервов может протекать с включением в процесс регуляции различных уровней системы управления. Установлено, что при экспедиционном режиме труда и отдыха (РТО) отчетливо просматриваются два пика максимальной нагрузки на функциональные системы организма вахтовиков с развитием переутомления. Формирование первого максимума нагрузки на функциональные системы организма регистрировалось в период заезда и вработывания, затем прогрессирующий рост числа рабочих, относящихся к указанной категории, отмечался во второй половине вахты после 30-35 сут и прежде всего за счет группы вахтовиков, находящихся к середине вахтового периода в состоянии хронического утомления. При использовании экспедиционно-вахтового РТО, только к завершению вахты у 3,6 % вахтовиков сформировалось состояние переутомления.

При недостаточном запасе приспособительных возможностей происходит изменение систолического артериального давления на фоне смещения вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического отдела, что может быть использовано при проведении профессионального отбора вахтовиков.

Ключевые слова: *Заполярье, вахтовый труд, оценка функциональных резервов, вариационная кардиоинтервалография, система регуляции кровообращения.*

В современной социально-экономической среде число лиц, вынужденных выполнять профессиональную деятельность в неблагоприятных для здоровья и жизни условиях, значи-

тельно выросло. К этой категории лиц можно отнести вахтовых рабочих, осуществляющих трудовую деятельность по нефтегазодобыче в экстремальных условиях Заполярья, у которых

при адаптации к экстремальным факторам может наблюдаться значительное локальное истощение структур, обеспечивающих регуляцию функций сердечно-сосудистой, дыхательной, кроветворной и других нейрогуморальных систем [1–3].

По мнению В.В. Парина (1966, 1974) и Ф.З. Мерсона (1988), функциональный резерв органа (системы) можно количественно охарактеризовать как разность между максимально достижимым уровнем его специфической функции и уровнем этой функции в условиях физиологического покоя [4–6].

Расходование функциональных резервов происходит для поддержания необходимого уровня функционирования систем организма. В неадекватных условиях организм вынужден адаптироваться к окружающей среде путем изменения уровней функционирования отдельных систем, что требует расходования функциональных резервов. Благодаря деятельности регуляторных механизмов происходит перестройка внутренней среды в соответствии с внешними условиями.

Степень напряжения регуляторных систем, в т. ч. тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, влияет на уровень функционирования кровообращения путем мобилизации той или иной части функционального резерва. Неблагоприятное воздействие факторов окружающей среды при достаточном функциональном резерве нередко в течение долгого времени не вызывает нарушения миокардиального гемодинамического гомеостаза, а лишь ведет к некоторому смещению физиологических показателей в пределах общепринятого диапазона норм и сопровождается соответствующим напряжением регуляторных систем.

Наоборот, когда функциональный резерв невелик, то уже небольшое увеличение степени напряжения регуляторных систем в ответ на стрессорное воздействие среды может вызвать нарушение гомеостаза.

Функциональный резерв имеет прямую связь с уровнем функционирования и обратную со степенью напряжения регуляторных

систем. Из этого следует, что о функциональном резерве можно судить и не измеряя его непосредственно, а анализируя соотношения между уровнем функционирования и степенью напряжения регуляторных систем [3, с. 10]. В данном случае может быть использовано сопоставление показателей миокардиально-гемодинамического и вегетативного гомеостаза.

Известно, что динамика параметров ритма сердца может рассматриваться в качестве универсальной адаптационной реакции целостного организма в ответ на любое воздействие факторов внешней среды [7–9]. Результаты исследований ряда авторов установлена высокая информативность характеристик вариабельности сердечного ритма (ВСР) для оценки напряжения регуляторных механизмов, функциональных резервов и прогнозирования функционального состояния человека при разнообразных видах деятельности [7, с. 15, 10].

Чем ниже ФР организма, тем более высокое напряжение регуляторных механизмов требуется для поддержания гомеостаза. Однако косвенная оценка ФР по степени напряжения регуляторных механизмов не дает ответа на вопрос о том, каков же запас ФР, какие нагрузки мог бы перенести организм, где предел его устойчивости. Иными словами косвенная оценка ФР по степени напряжения регуляторных механизмов дает диагностическую, но не прогностическую информацию. Для того чтобы прогнозировать возможные реакции организма на изменения условий окружающей среды целесообразно использовать функциональные нагрузочные тесты [2, с. 139; 11].

Известно, что ортостатическая проба является одним из методов для выявления скрытых изменений со стороны сердечно-сосудистой системы, в частности со стороны механизмов регуляции [8, с. 21; 9, с. 51]. Переход из положения «лежа» в положение «стоя» сам по себе не представляет значимой нагрузки для практически здорового человека, а стояние в течение нескольких минут при отсутствии заболеваний также не причиняет существенных неудобств.

Однако если регуляторные механизмы не обладают необходимым функциональным резервом или имеется скрытая недостаточность системы кровообращения, то ортостаз оказывается для организма ощутимым стрессорным воздействием. Гравитационная нагрузка при ортостатической пробе адресована непосредственно к механизмам регуляции кровообращения и в зависимости от индивидуального запаса функциональных резервов может протекать с включением в процесс регуляции различных уровней системы управления.

Материалы и методы. В рамках пяти комплексов экспедиционных выездов были проведены динамические, натурные исследования на о. Колгуев и в п. Варандей, где обследовались рабочие нефтегазодобывающей отрасли, практически здоровые лица мужского пола. Вахтовики (n = 76) были обследованы в начале, середине и в конце вахтового периода. На месте дислокации производства у нефтяников применялся экспедиционный режим труда и отдыха (РТО): 12-часовые рабочие смены через 12 часов отдыха в течение 52 дней с последующим 52-дневным отдыхом по месту жительства (формула РТО 12'12/52+52) и экспедиционно-вахтовый метод с использованием формулы РТО (12'12/24+24).

Для оценки объема функциональных резервов системы регуляции кровообращения у нефтяников в различных возрастных группах [I-(18-29);II-(30-39); III-(40-49);IV-(50-59 лет)] проводилась активная ортостатическая проба с измерением частоты пульса (ЧП), систолического и диастолического артериального давления (САД, ДАД), регистрировались вегетатив-

ные реакции (ВР) (потливость, «шум в ушах») с одновременной регистрацией сердечного ритма на всем протяжении обследования с помощью прибора «Варикард» и программы «ИСКИМ-5, 6» (ИВНМТ «Рамена», г. Рязань) в соответствии с Российскими методическими рекомендациями [12]. Все исследования проводились в утренние часы между 7 и 9 часами, не менее чем через 1 ч после еды. При ортостатической пробе регистрация сердечного ритма и артериального давления проводилась в положениях «лежа» и «стоя». Схема исследований включала 5-минутные отрезки записи в каждом из положений, с интервалом в 1,5-2 мин на переходный процесс. Измерения артериального давления проводились в положении «лежа» – в конце этого периода и сразу же после перехода в положение «стоя». По данным измерения частоты пульса, систолического и диастолического артериального давления в положениях лежа и стоя по формуле, предложенной Бурхардом-Киргофом, вычислялся гомеостатический компонент ортостатической реакции (ГКО) [13; 8, с. 22; 10, с. 15]:

$$\text{ГКО} = \frac{\text{САД}(\text{лежа})/\text{САД}(\text{стоя}) \times \text{ДАД}(\text{стоя})}{\text{ДАД}(\text{лежа}) \times \text{ЧСС}(\text{стоя})/\text{ЧСС}(\text{лежа})},$$

где ЧП – частота пульса в уд/мин;

САД и ДАД – систолическое и диастолическое артериальное давление в мм рт. ст.

Полученные результаты оценивались следующим образом: в норме ГКО составляет 1,0-1,6 относительных единиц, при хроническом утомлении 1,7-1,9; при переутомлении ГКО = 2 и более. Переносимость ортостатической пробы оценивали по общепринятой методике (табл. 1) [13, с. 62].

Таблица 1

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЫ

Показатели	Переносимость пробы		
	хорошая	удовлетворительная	неудовлетворительная
Частота сердечных сокращений	Учащение не более чем на 11 уд.	Учащение на 12-18 уд.	Учащение на 19 уд. и более
Систолическое давление	Повышается	Не меняется	Снижается в пределах 5-10 мм рт. ст.
Диастолическое давление	Повышается	Не изменяется или несколько повышается	Повышается
Пульсовое давление	Повышается	Не изменяется	Снижается
Вегетативные реакции	Отсутствуют	Потливость	Потливость, шум в ушах

Статистический анализ результатов проводился с помощью пакета программ SPSS 13.0. После проверки на правильность распределения (Skewness, Kurtosis, Histogram, Q-Q Plots и по критерию Shapiro-Wilk) сравнение зависимых групп данных (поскольку исследования носили динамический характер), не подчиняющихся закону нормального распределения, проводилось с использованием непараметрического K-Related-Samples Test (t. Friedman) с последующим попарным сравнением с помощью Two-Related-Samples Test (t. Wilcoxon) и теста Exact. Результаты представлялись в виде медианы (Md), 25-го и 75-го перцентилей. Критический уровень значимости (p) в данной работе принимался равным 0,05 [14].

Результаты и обсуждение. Результаты оценки утомления у рабочих в динамике вахтового труда в Заполярье, по данным ГКО, в полевых условиях предоставляют возможность

косвенно судить об объеме и динамике расхода функциональных резервов в системе регуляции сердечно-сосудистой деятельности.

При экспедиционном РТО отчетливо просматриваются два пика максимальной нагрузки на функциональные системы организма вахтовиков с развитием переутомления (рис. 1). Формирование первого максимума нагрузки на функциональные системы организма регистрировалось в период заезда и вработывания, затем прогрессирующий рост числа рабочих, относящихся к указанной категории, отмечался во второй половине вахты после 30-35 сут и прежде всего за счет группы вахтовиков, находящихся к середине вахтового периода в состоянии хронического утомления.

При использовании экспедиционно-вахтового РТО столь значимых изменений выявлено не было. Лишь к завершению 24-суточного трудового цикла деятельности отмечался прирост числа лиц в состоянии переутомления.

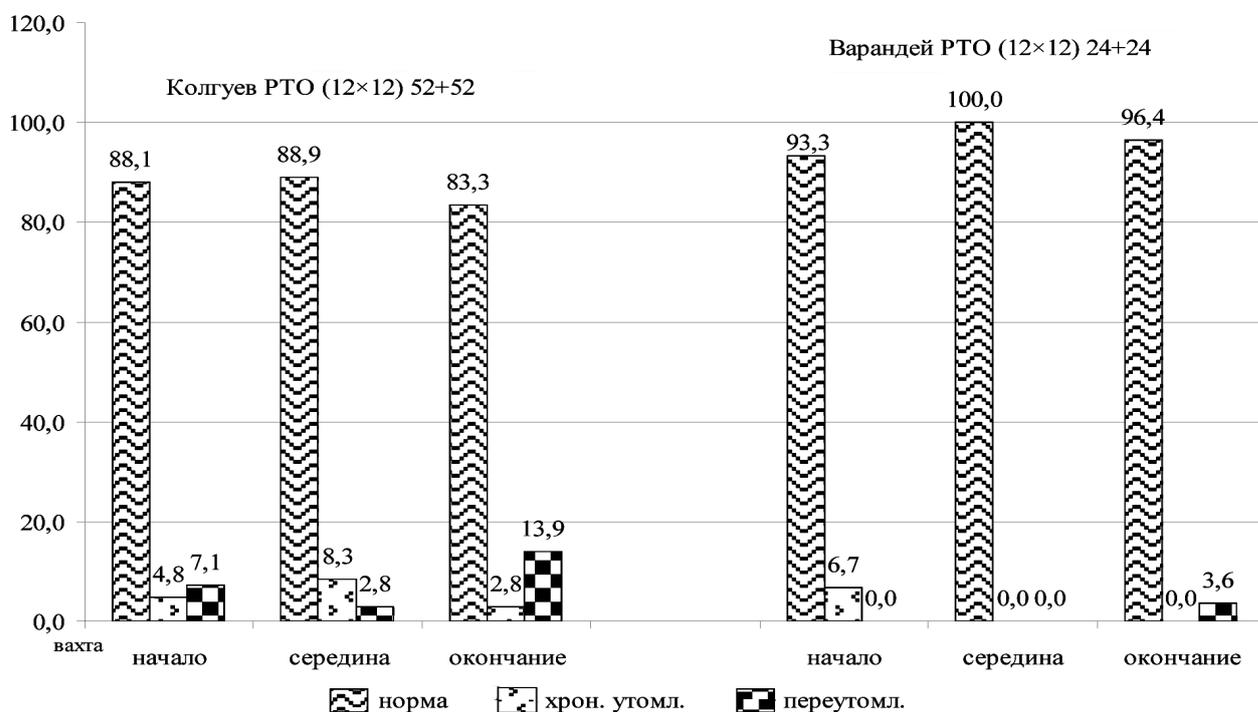


Рис. 1. Утомление у вахтовиков по периодам вахты, %

В зависимости от резервных возможностей сердца и регулирующих его механизмов происходит изменение уровня функционирования системы кровообращения. При высоком функ-

использованы при проведении профессионального отбора лиц впервые поступающих на работу с использованием различных типов вахтовой организации труда (рис. 2).

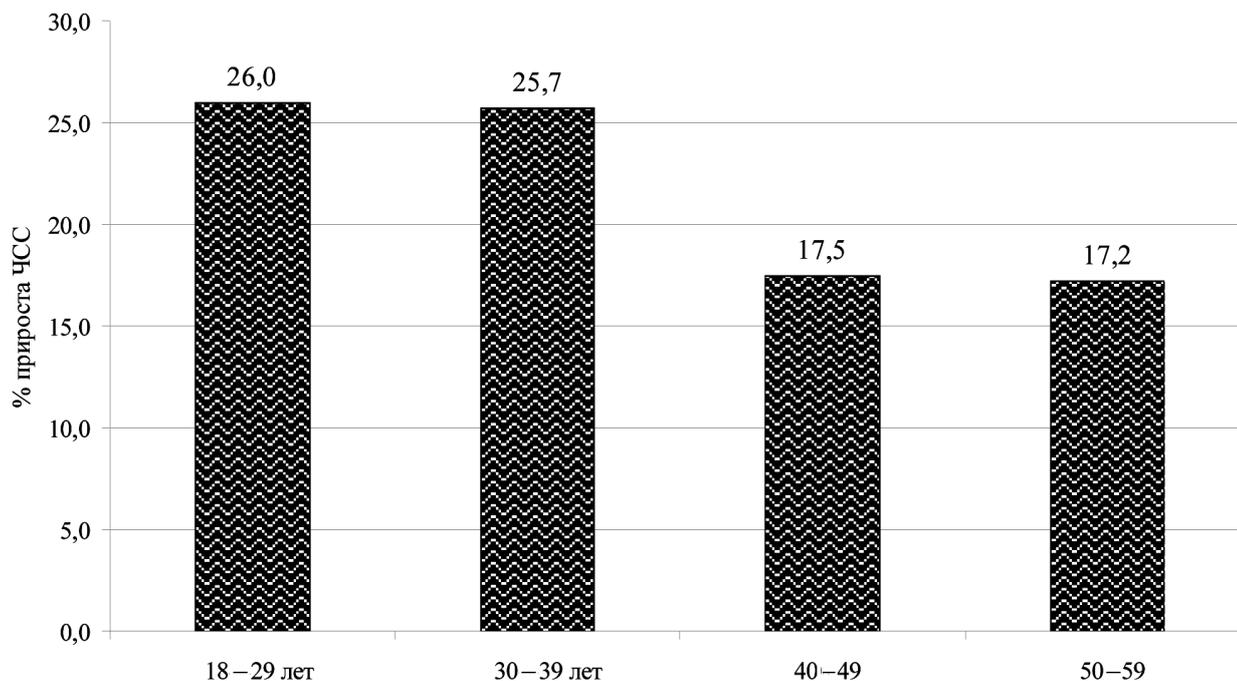


Рис. 2. Увеличение прироста ЧСС при активной ортопробе в различных возрастных группах

циональном резерве, при большом запасе приспособительных возможностей изменения частоты пульса являются ведущими, в меньшей мере изменяется артериальное давление и наоборот [15–17].

Наибольший прирост ЧСС в абсолютных цифрах при ортопробе отмечался у симпатотоников – 28,5 уд. в мин, наименьший – 16,9 уд. мин у парасимпатотоников, при максимальных значениях прироста (%) в возрастной группе от 18 до 39 лет, что свидетельствовало о неудовлетворительной реакции со стороны сердечно-сосудистой системы на ортостаз, при сохранении функциональных резервов и большом запасе приспособительных возможностей. Такая динамика ЧСС была выявлена у вахтовиков независимо от длительности нахождения их на вахте, а полученные данные могут быть

При недостаточном запасе приспособительных возможностей происходит изменение артериального давления, в основном систолического, что выражается в неудовлетворительной реакции на ортостаз, выявленной у 35,7 % нефтяников в начале вахты и у 61,1 % к середине вахтового периода (рис. 3).

При большей продолжительности вахты (52 сут) подобная тенденция сохраняется до завершения трудового цикла, сопровождаясь перераспределением типа реагирования сердечно-сосудистой системы нефтегазодобытчиков на активную ортопробу, в частности при достаточно постоянном числе рабочих, отвечающих на изменение положения тела стабильными величинами САД, возрастала доля вахтовиков, реагировавших на переход в вертикальное положение повышением САД.

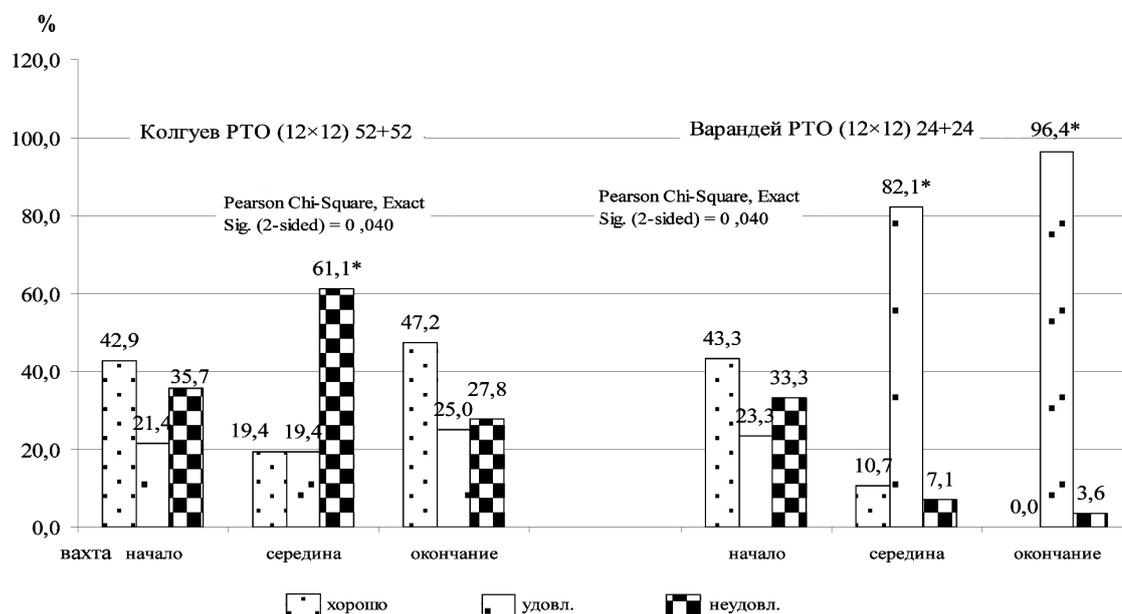


Рис. 3. Оценка изменения САД при ортопробе по периодам вахты

Учитывая средний возраст работающих (≈ 40 лет) и возможность развития атеросклеротических изменений сосудов к этому времени, необходимо рассматривать такой тип реагирования как представляющий угрозу здоровью в плане развития сосудистых катастроф.

В установке определенного уровня функционирования системы кровообращения и в мобилизации функциональных резервов важную роль играют регуляторные механизмы. Их состояние хорошо отражается показателями вариабельности кардиоинтервалов [7, с. 43].

Известно, что снижение резервных возможностей организма требует более высокого напряжения механизмов регуляции для обеспечения адекватного ответа на воздействующий фактор. Эту роль выполняет симпатический отдел вегетативной нервной системы, состояние которого характеризует индекс напряжения регуляторных систем (Ин).

Кроме этого комплексного параметра оценивались и анализировались волновые характеристики ВСР: дыхательные волны (HF) %; индекс централизации управления (ИЦ); активность вазомоторного центра (по показателю ИАП отношение MB-1(LF) к MB-2(VLF)).

Известно, что в популяции людей существуют лица с разным исходным вегетативным тонусом, который является существенным элементом конституции. В настоящее время сложилось представление о том, что предрасположенность к определенному исходному вегетативному тону является генетически детерминированной. При этом накопившийся научный материал свидетельствует, что существуют границы, в рамках которых баланс отделов вегетативной нервной системы (ВНС) может меняться под влиянием средовых факторов [18].

Исходя из этого, на первом этапе проводилось выделение групп нефтяников с преобладающим влиянием в регуляции системы кровообращения различных отделов ВНС (симапатотоников, эй-тоников, парасимапатотоников) (рис. 4).

Эйтоники и парасимапатоники представляли абсолютное большинство в обследованных группах нефтяников. Доля лиц с преобладанием симпатического отдела в регуляции сердечного ритма была достаточно низкой. Только после этого проводился анализ изменений изучаемых характеристик ВСР в различных возрастных группах.

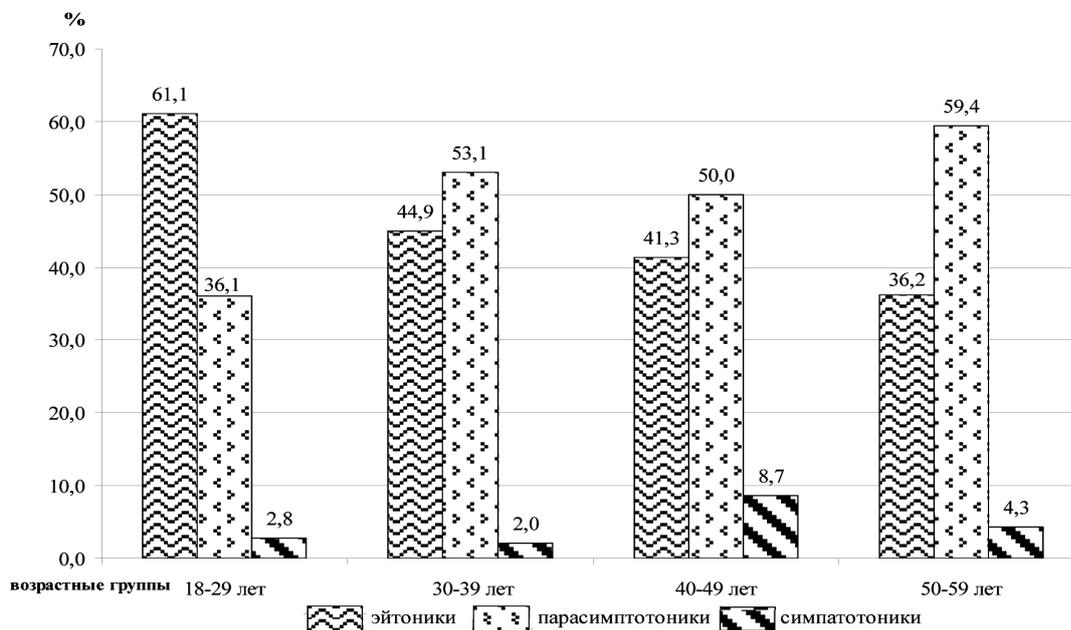


Рис. 4. Распределение вахтовиков по регуляции сердечного ритма в различных возрастных группах

Прирост величины Ин достоверно увеличиваются в группе симпатотоников на протяжении вахты, в группе парасимпатотоников максимальный прирост отмечался в середине % прироста ИН

вахты, а реакция ИН у эйтоников носила волнообразный характер с максимальными значениями в период заезда на вахту и вработывания (рис. 5).

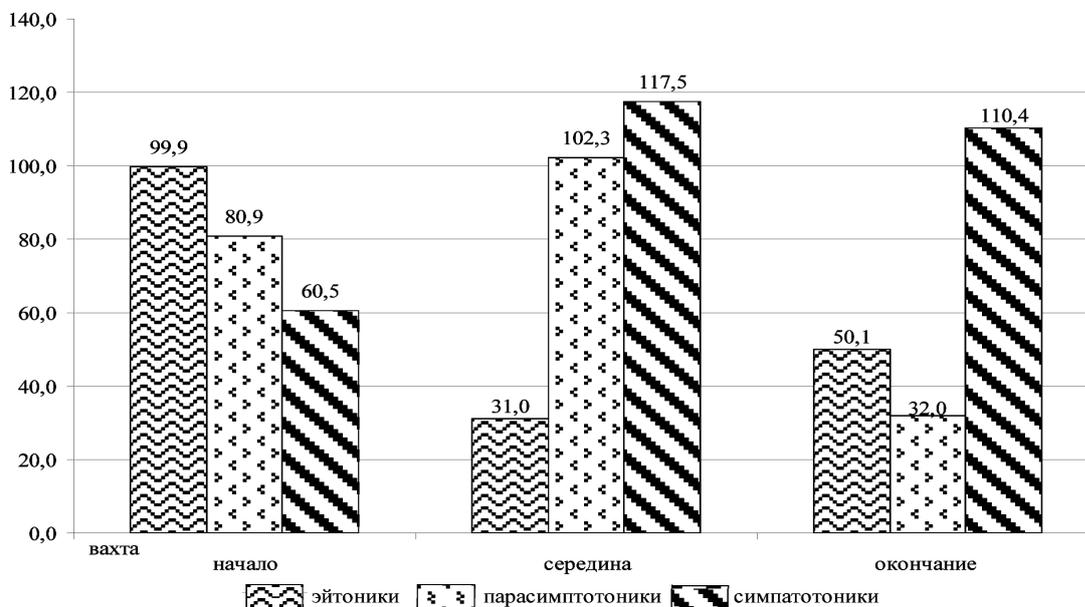


Рис. 5. Динамика ИН при ортопробе по периодам вахты

МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ НАУКИ

В начале вахтового периода у эйтоников и парасимпатотников прирост ИН достигает 100 и 81 % соответственно, в отличие от симпатотников, у которых прирост составил чуть более 60 %. К середине вахты картина меняется: у вахтовиков, относящихся к приведенным выше группам, ИН повышается на 31 и 102 % соответственно, а самый значимый прирост отмечается у симпатотников – 117,5 %. Аналогичная картина сохраняется до завершения вахты (50,1 %;

32,0 %; 110,4 %).

Величина дыхательных волн HF % была ниже нормальных значений (15-25 % от общей мощности) уже в начале вахты и составляла 7,7 % (табл. 2). В последующем отмечалась тенденция к снижению величины этого показателя до 5,5 % в середине вахты и до 6,2 % к окончанию вахты. Известно, что снижение доли ды-

Таблица 2

ВОЛНОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВСР У ВАХТОВИКОВ ЗАПОЛЯРЬЯ

Возрастные группы		18–29 лет (I)	30–39 лет (II)	40–49 лет (III)	50–59 лет (IV)	Достоверность
ДВ, %	Лежа	31,9 (23,2 – 44,7)	19,2 (7,2 – 34,2)	8,8 (3,5 – 24,2)	4,2 (1,9 – 16,0)	$P_{I-II}=0,002$ $P_{I-III}<0,001$ $P_{I-IV}<0,001$ $P_{II-IV}<0,001$ $P_{III-IV}=0,025$
	Стоя	12,3 (7,5 – 29,6)	7,9 (2,5 – 17,5)	6,4 (2,3 – 21,8)	2,8 (1,0 – 11,1)	$P_{I-II}=0,037$ $P_{I-III}=0,010$ $P_{I-IV}<0,001$ $P_{II-IV}=0,006$ $P_{III-IV}=0,009$
ИЦ, усл.ед	Лежа	2,2 (1,2 – 3,3)	4,2 (1,9 – 12,8)	10,3 (3,1 – 27,8)	22,7 (5,7 – 51,7)	$P_{I-II}=0,002$ $P_{I-III}<0,001$ $P_{I-IV}<0,001$ $P_{II-IV}<0,001$ $P_{III-IV}=0,024$
	Стоя	7,2 (2,4 – 12,3)	11,6 (4,7 – 39,4)	14,9 (3,6 – 43,3)	35,2 (8,0 – 103,3)	$P_{I-II}=0,037$ $P_{I-III}=0,010$ $P_{I-IV}<0,0001$ $P_{II-IV}=0,006$ $P_{III-IV}=0,010$
ПАПНЦ, усл.ед	Лежа	2,6 (1,1 – 4,0)	1,0 (0,6 – 2,3)	0,9 (0,4 – 2,0)	0,5 (0,3 – 0,9)	$P_{I-II}<0,001$ $P_{I-III}<0,001$ $P_{I-IV}<0,001$ $P_{II-IV}<0,001$ $P_{III-IV}=0,001$
	Стоя	3,6 (1,3 – 5,6)	1,7 (0,8 – 3,3)	1,1 (0,6 – 2,1)	0,6 (0,3 – 1,2)	$P_{I-II}=0,004$ $P_{I-III}<0,001$ $P_{I-IV}<0,001$ $P_{II-IV}<0,001$ $P_{III-IV}=0,003$

хательных волн в спектре до 8-10 % указывает на смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического отдела.

Индекс централизации варьировал в динамике вахты от 12,3 усл. ед. в начале до 16,9 ед. в середине, незначительно снижаясь к окончанию вахты (15,1 усл. ед.), причем рост показателя в возрастной группе (50-59 лет) 5-кратно превышал таковой в I возрастной группе (18-29 лет).

Показатель активности подкорковых нервных центров (ПАПНЦ) повышался в начале вахты. Рост величины ПАПНЦ, как и индекса централизации, связан с увеличением влияния ЦНС на нижележащие отделы, постепенно снижаясь к ее окончанию, причем максимальные цифры прироста были отмечены в I возрастной группе (18-29 лет), что может свидетельствовать о несовершенстве регуляторных механизмов автономного контура и как следствие более активном участии в регуляции деятельности сердца подкорковых структур.

Известно, что реакция организма на ортостатическое воздействие содержит два компонента: специфический и неспецифический [13, с. 68; 12, с. 15]. Неспецифический компонент представляет собой аналог общего адаптационного синдрома и проявляется повышением активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. Специфический компонент является целенаправленной реакцией, связанной с регуляцией сосудистого тонуса. Роль неспецифического компонента ортостатической реакции состоит в мобилизации энергетических и метаболических ресурсов организма.

Здесь механизм активации симпатического отдела вегетативной нервной системы таков же, как и при ответе организма на любые другие стрессорные воздействия. Специфический компонент ортостатической реакции, как и другие специфические регуляторы в организме, обеспечивает экономичность и эффективность расходования функциональных резервов организма на восстановление нарушенного гомеостаза. Он реализуется через вазомоторный центр и заключается в его активации в ответ на ортостатическое воздействие, о чем свидетельствует прирост значений LF % выше нормальных (15-40 %) при переходе в вертикальное положение и что важно, более выраженное в I-II возрастных группах в начале вахты (свыше 50 %).

Выводы:

1. Расчет величины показателя ГКО позволяет оперативно регистрировать развивающееся переутомление у вахтовиков и вносить коррективы в используемый РТО.

2. При недостаточном запасе приспособительных возможностей происходит изменение артериального давления, в основном систолического, что выражается в неудовлетворительной реакции на ортостаз, выявляемой у 35,7 % нефтяников в начале вахты и у 61,1 % к середине вахтового периода.

3. В динамике вахты регистрировалось смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического отдела, а рост показателя ИЦ в II возрастной группе (50-59 лет) пятикратно превышал таковой в I возрастной группе (18-29 лет).

Список литературы

1. Агаджанян Н.А., Ермакова Н.В. Экологический портрет человека на Севере. М., 1997. 208 с.
2. Гудков А.Б., Теддер Ю.Р. Характер метаболических изменений у рабочих при экспедиционно-вахтовом режиме труда в Заполярье // Физиология человека. 1999. № 3. С. 138-142.
3. Сарычев А.С., Гудков А.Б., Попова О.Н. Компенсаторно-приспособительные реакции внешнего дыхания у нефтяников в динамике экспедиционного режима труда в Заполярье // Экология человека. 2011. № 3. С. 7-13.
4. Меерсон Ф.З., Пшеничкова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. М., 1988. 256 с.
5. Парин В.В. Применение количественных методов в медицине и физиологии // Математические методы анализа сердечного ритма. М., 1966. С. 3-8.

МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ НАУКИ

6. Парин В.В. Сердце и физический труд // Избр. тр. Т. 1: Кровообращение в норме и патологии. М., 1974. С. 19–29.
7. Баевский Р.М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в космической медицине // Успехи физиол. наук. 2006. Т. 37, № 3. С. 42–57.
8. Вегетативная регуляция гемодинамики при ортостатическом воздействии у здоровых и больных пожилого возраста с ИБС // Укр. кардіолог. журн. 2004. № 5. С. 21–25.
9. Методы исследования в физиологии военного труда: руководство / под ред. В.С. Новикова. М., 1993. 231 с.
10. Сарычев А.С. Характеристика адаптивных реакций организма вахтовых рабочих в условиях Заполярья: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Архангельск, 2011. 34 с.
11. Фатеева Н.М., Колпаков В.В. Компенсация физиологических функций при челночных меридиональных перелетах (средние широты – Заполярье) // Тез. докл. V Сибир. физиолог. съезда. Томск, 2005. С. 132.
12. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования. СПб., 2000. 66 с.
13. Актуальные проблемы физиологии военного труда / под ред. В.И. Шостака. СПб., 1992. 238 с.
14. Гланц С. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. М., 1998. 459 с.
15. Кривошеков С.Г., Охотников С.В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Новосибирск, 2000. 118 с.
16. Матюхин В.А., Кривошеков С.Г., Демин Д.В. Физиология перемещений человека и вахтовый труд. Новосибирск, 1986. 200 с.
17. Сарычев А.С. Критерии оценки работоспособности у вахтовиков в Заполярье // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2013. № 2. С. 55–63.
18. Исмагилов М.Ф. Вегетативные сдвиги нормального и патологического пубертатного периода // Педиатрия. 1986. № 9. С. 76.

References

1. Agadzhanian N.A., Ermakova N.V. *Ekologicheskiy portret cheloveka na Severe* [Ecological Portrait of the Human in the North]. Moscow, 1997. 208 p.
2. Gudkov A.B., Tedder Yu.R. Kharakter metabolicheskikh izmeneniy u rabochikh pri ekspeditsionno-vakhtovom rezhime truda v Zapolyar'e [The Nature of Metabolic Changes in Rotational Workers in the Arctic]. *Fiziologiya cheloveka*, 1999, no. 3, pp. 138–142.
3. Sarychev A.S., Gudkov A.B., Popova O.N. Kompensatorno-prisposobitel'nye reaktsii vneshnego dykhaniya u neftyanikov v dinamike ekspeditsionnogo rezhima truda v Zapolyar'e [Compensatory-Adaptive Reactions of External Respiration in Oil Industry Workers in Dynamics of Field Work Regime in Polar Region]. *Ekologiya cheloveka*, 2011, no. 3, pp. 7–13.
4. Meerson F.Z., Pshennikova M.G. *Adaptatsiya k stressornym situatsiyam i fizicheskim nagruzkam* [Adaptation to Stressful Situations and Physical Loads]. Moscow, 1988. 256 p.
5. Parin V.V. Primenenie kolichestvennykh metodov v meditsine i fiziologii [The Use of Quantitative Methods in Medicine and Physiology]. *Matematicheskie metody analiza serdechnogo ritma* [Mathematical Methods of Heart Rate Analysis]. Moscow, 1966, pp. 3–8.
6. Parin V.V. Serdtse i fizicheskiy trud [The Heart and Physical Work]. *Izbr. tr. T. 1: Krovoobrashchenie v norme i patologii* [Selected Works. Vol. 1: Blood Circulation in Health and Disease]. Moscow, 1974, pp. 19–29.
7. Baevskiy R.M. Problema otsenki i prognozirovaniya funktsional'nogo sostoyaniya organizma i ee razvitie v kosmicheskoy meditsine [The Issue of Estimating and Forecasting the Body's Functional State and Its Development in Space Medicine]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 2006, vol. 37, no. 3, pp. 42–57.
8. Vegetativnaya regulyatsiya gemodinamiki pri ortostaticheskom vozdeystvii u zdorovykh i bol'nykh pozhilogo vozrasta s IBS [Vegetative Regulation of Hemodynamics at Orthostatic Impact in Healthy and Elderly Patients with Coronary Heart Disease]. *Ukrainskiy kardiologicheskiy zhurnal*, 2004, no. 5, pp. 21–25.
9. *Metody issledovaniya v fiziologii voennogo truda* [Research Methods Within Military Work Physiology]. Ed. by Novikova V.S. Moscow, 1993. 231 p.

10. Sarychev A.S. *Kharakteristika adaptivnykh reaktsiy organizma vakhtovykh rabochikh v usloviyakh Zapolyar'ya*: avtoref. dis. ... d-ra med. nauk [Characteristics of Adaptive Reactions of the Shift Workers' Bodies in the Arctic: Dr. Med. Sci. Diss. Abs.]. Arkhangelsk, 2011. 34 p.

11. Fateeva N.M., Kolpakov V.V. Kompensatsiya fiziologicheskikh funktsiy pri chelnochnykh meridional'nykh pereletakh (srednie shirotы – Zapolyar'e) [Compensation of Physiological Functions During Meridional Shuttle Flights (Mid-Latitudes – Polar Region)]. *Tez. dokl. V Sibir. fiziolog. s'ezda* [Outline Reports of the 5th Siberian Congress on Physiology]. Tomsk, 2005, p. 132.

12. *Variabel'nost' serdechnogo ritma. Standarty izmereniya, fiziologicheskoy interpretatsii i klinicheskogo ispol'zovaniya* [Heart Rate Variability. Measurement Standards, Physiological Interpretation, and Clinical Use]. St. Petersburg, 2000. 66 p.

13. *Aktual'nye problemy fiziologii voennogo truda* [Topical Issues of Military Work Physiology]. Ed. by Shostak V.I. St. Petersburg, 1992. 238 p.

14. Glantz S. *Primer of Biostatistics*. The McGraw-Hill Companies, Inc. 1997 (Russ. ed.: Glants S. *Mediko-biologicheskaya statistika*. Moscow, 1998. 459 p.).

15. Krivoshchekov S.G., Okhotnikov S.V. *Proizvodstvennyye migratsii i zdorov'e cheloveka na Severe* [Work-Related Migration and Human Health in the North]. Novosibirsk, 2000. 118 p.

16. Matyukhin V.A., Krivoshchekov S.G., Demin D.V. *Fiziologiya peremeshcheniy cheloveka i vakhtovyy trud* [Physiology of Human Relocation and Shift Work]. Novosibirsk, 1986. 200 p.

17. Sarychev A.S. Kriterii otsenki rabotosposobnosti u vakhtovikov v Zapolyar'e [Evaluation Criteria for Working Capacity of Shift Workers in the Polar Region]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskije nauki*, 2013, no. 2, pp. 55–63.

18. Ismagilov M.F. Vegetativnye sdvigi normal'nogo i patologicheskogo pubertatnogo perioda [Vegetative Changes at Normal and Pathological Puberty]. *Pediatrics*, 1986, no. 9, p. 76.

Sarychev Aleksandr Sergeevich

Northern State Medical University (Arkhangelsk, Russia)

RESERVE CAPACITY EVALUATION OF THE SYSTEM REGULATING BLOOD CIRCULATION IN SHIFT WORKERS IN THE POLAR REGION

The paper presents the results of a dynamic cohort study aimed to assess the reserve capacity of the system regulating blood circulation in shift workers (n=76) using active orthostatic test. It is known that during the orthostatic test, gravity loads directly affect the mechanisms regulating blood circulation and, depending on the individual functional reserves, may involve various levels of the control system into the regulatory process. Shift workers with the expeditionary work-rest schedule showed two clear peaks of maximum load on their functional systems during fatigue development. The first peak was observed upon arrival and upon starting to work. Then a rapid increase in the number of workers belonging to this category was recorded in the second half of the shift work period (after 30–35 days); first of all, these were the workers that experienced chronic fatigue by the middle of the work period. When it comes to the expeditionary and rotational work-rest schedule, only 3.6 % of workers developed fatigue.

Low adaptive capacity provokes changes in systolic pressure, accompanied by the growing predominance of the sympathetic division. This knowledge can be used when recruiting shift workers.

Keywords: Polar region, shift work, assessment of functional reserves, variational cardiointervallography, system regulating blood circulation.

Контактная информация:

адрес: 163000 г. Архангельск, просп. Троицкий, 51;

e-mail: k69069@yandex.ru

Рецензент – *Хаснулин В.И.*, доктор медицинских наук, профессор, руководитель лаборатории механизмов дизадаптации Научного центра клинической и экспериментальной медицины СО РАМН (г. Новосибирск)