

ВЕГЕТАТИВНЫЙ БАЛАНС ОРГАНИЗМА И ХЕМОРЕАКТИВНЫЕ СВОЙСТВА КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У АЛЬПИНИСТОВ

Виктор Эвальдович ДИВЕРТ¹, Евгений Геннадьевич ВЕРГУНОВ¹,
Наталья Владимировна БАЛИОЗ¹, Константин Юрьевич КУШНИР²,
Вячеслав Юрьевич КУЛИКОВ², Сергей Георгиевич КРИВОЩЕКОВ¹

¹ *НИИ физиологии и фундаментальной медицины
630117, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 4*

² *Новосибирский государственный медицинский университет Минздрава России
630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52*

Исследованы показатели variability ритма сердца в ортотесте (по А.Н. Рифтину) и характеристики хеморефлекторных ответных реакций дыхания и сердца в гиперкапническом и гипоксическом тестах у членов группы альпинистов до и после месячного пребывания в высокогорье (более 3500 м). Показано, что месячное пребывание в высокогорье не изменяет величины основных показателей реактивности сердца и сосудов в ортотесте. Установлено, что альпинистов отличает усиленная вентиляторная реакция на гиперкапнию и значимая – на гипоксию, при ослабленной реакции пульса при обоих воздействиях. Выявлена обратная зависимость между индивидуальной чувствительностью гиперкапнической вентиляторной реакции в группе обследованных лиц и уровнем активности парасимпатической нервной системы. При этом чувствительность реакции пульса на гипоксию оказывается прямо пропорциональной ее индивидуальному уровню активности. Месячная экспозиция лиц в высокогорье еще более усиливает хемореактивный ответ легочной вентиляции на гиперкапнию, практически не изменяя реакции сердца. Показана связь уровня активности корковых областей мозга с исходной индивидуальной частотой сердечных сокращений, а также с адаптивными изменениями гипоксической вентиляторной чувствительности.

Ключевые слова: высокогорье, автономная нервная система, хеморецепция, электроэнцефалография, внешнее дыхание, пульс.

Системный уровень регуляции газообмена кардиореспираторной системой организма включает хемо- и механорефлекторные механизмы для внешнего дыхания и барорефлекторные – для сердечно-сосудистой системы [12, 20]. При этом различают центральные и периферические хеморецептивные структуры [13, 19]. Основным механизмом хеморегуляции состоит в управлении легочной вентиляцией с участием дыхательного центра и направлен на поддержание уровня CO₂ в крови и pH в межклеточной жидкости мозга [20]. Однако в условиях гипоксии ведущими становятся периферические (аортальные и каротидные) хеморецепторы, реагирующие на уровень O₂ в крови. При этом механизмы функционального взаимодействия хеморефлекторных реакций

внешнего дыхания со звеньями автономной нервной системы и через них с сердечно-сосудистой системой остаются недостаточно изученными [14].

Для оценки состояния автономной нервной системы широко используется метод анализа variability сердечного ритма [1]. Он предусматривает разделение спектра на высокочастотную (HF) и низкочастотную (LF) области. При этом полагают, что в высокочастотных колебаниях отражается вагусный контроль, связанный с дыханием. В спектре медленных волн различают волны первого, второго и более низких порядков. Волны первого порядка связывают с симпатической активностью и влиянием подкорковых центров. В наиболее медленных волнах (VLF) пола-

Диверт В.Э. – д.б.н., ведущий научный сотрудник, e-mail: divert@physiol.ru

Вергунов Е.Г. – к.б.н., научный сотрудник

Балиоз Н.В. – научный сотрудник

Кушнир К.Ю. – студент

Куликов В.Ю. – д.м.н., зав. кафедрой

Кривощек С.Г. – д.м.н., зав. лабораторией

гают проявление гуморальных влияний на ритм сердца, хотя подчеркивается их недостаточная изученность [1]. Некоторые ученые связывают их с психоэмоциональным напряжением и функциональным состоянием коры головного мозга [11]. Изменение мощности волн в VLF-диапазоне ритма сердца наблюдается при проведении функциональных проб (гипервентиляция, счет в уме и др.), что позволяет считать это индикатором функционального напряжения в организме (гипоксия, метаболические нарушения), отражающим влияния гипоталамо-гипофизарного и коркового уровней на автономные уровни регуляции кровообращения [10].

Реактивность симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы часто оценивают с использованием ортостатической пробы [6, 7]. Существует мнение, что диагностика расстройств вегетативной сферы остается одной из трудных задач в неврологической практике, что связывается со сложностью строения и многообразием функций вегетативной нервной системы, а также дефицитом точных диагностических методик [8].

Задачей настоящего исследования была оценка хеморефлекторных свойств отдельных звеньев кардиореспираторной системы (внешнего дыхания и сердца) и их связь с состоянием автономной и центральной нервных систем у спортсменов-альпинистов до и после длительного пребывания в высокогорье.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В лабораторных условиях обследованы 15 альпинистов, в том числе один мастер спорта, четыре кандидата в мастера спорта, девять первоурядников и один спортсмен 2-го разряда. Согласно протоколу, одобренному этическим комитетом института, все испытуемые предварительно знакомы с порядком проведения тестов и письменно подтверждали свое согласие на участие в обследовании. Выбор альпинистов обусловлен возможностью оценки адаптивных изменений газотранспортной функции кардиореспираторной системы под влиянием высокогорной гипоксии. Обследование проводили дважды: до летней 1-месячной экспедиции в горы и после ее окончания.

Процедура стандартного обследования подробно описана в наших предыдущих работах [2, 3, 5]. В кратком изложении она включала начальный 30-минутный период привыкания к комфортным (24–26 °С) условиям помещения с целью ослабления дополнительного влияния на результаты исследования эмоционального и температурного

факторов. В начале обследования проводили ортостатическую пробу с записью кардиоинтервалов. После нее в положении сидя испытуемому предъявляли ингаляционное гиперкапническое воздействие с нарастающей концентрацией CO₂. Для этого использовали метод возвратного дыхания через загубник в эластичную емкость объемом 5 л при дополнительном поддержании повышенного до 30 об. % содержания O₂ во вдыхаемой газовой смеси (модифицированный тест по D.J.C. Read [17]). Гипероксия использовалась для подавления обычно присутствующей фоновой активности периферических O₂ хеморецепторов, которая вносит свой дополнительный вклад в эффекторные ответы на гиперкапнию [18]. Гиперкапническое воздействие прекращали при достижении уровня VE = 40 л/мин либо величины парциального давления CO₂ в конечной порции выдоха (PetCO₂), равного 7,5 кПа.

Кардиореспираторные показатели регистрировали эргоспирометрической системой Oxuson Pro® (компания ViaSys Healthcare, США), которая позволяла измерять, отображать на мониторе и записывать весь набор показателей газообмена в легких, пульс и насыщение крови кислородом SaO₂. В течение всего обследования также непрерывно записывали кардиоинтервалы с использованием беспроводного устройства и программного обеспечения Nerve-Express (Intelwave, Inc., США). Активность автономной нервной системы оценивали по методике, предложенной А.Д. Рифтиным [9, 16]. При этом в результате кластеризации сердечного ритма по 13 параметрам определяли показатели парасимпатической (ПНС) и симпатической (СНС) нервных систем в условных единицах от -4 до +4 [15]. Принципиальной особенностью алгоритма расчетов является возможность определения индивидуальной для отдельных лиц границы между HF и LF, что с учетом его верификации на большой базе данных позволяет существенно снизить имеющиеся ограничения по применимости метода анализа вариабельности кардиоритма [9].

Через 30 мин отдыха на восстановление испытуемым накладывались ЭЭГ электроды в монополярном отведении от области Pz и предъявлялось 20-минутное ингаляционное нормобарическое гипоксическое воздействие с экспоненциально снижающейся концентрацией O₂ во вдыхаемой смеси от начальной 20,9 до 10,5 об. %. Конечная концентрация кислорода выбиралась согласно рекомендациям для исследовательских и клинических целей [4]. Дыхание проводилось с использованием стандартной лицевой маски и клапанной коробки. Снижение концентрации кислорода обеспечивалось гипоксикатором, изготовленным

на базе кислородного концентратора компании AirStep (США) согласно свидетельству на полезную модель № 24098 от 27 июля 2002 г. Для регистрации ЭЭГ использовали программно-аппаратный комплекс «БОСЛАБ» (Новосибирск). Записывали 1-минутные отрезки при закрытых глазах и 30-секундную пробу на открывание глаз перед началом и на 10-й минуте гипоксии при концентрации O_2 во вдыхаемом воздухе 11 об. %. Анализировали свободные от артефактов эпохи, которые подвергались быстрому преобразованию Фурье в полосу пропускания 3–20 Гц с помощью специализированной программы *Win EEG* (Мицар, Санкт-Петербург). Оценивали индивидуальную частоту максимального пика α -диапазона (ИЧМПА), мощность индивидуальных диапазонов α -1 и α -2, β - и θ -ритмов. Данные из записей кардиореспираторных показателей для каждого теста в течение начальных 10 мин при дыхании атмосферным воздухом относили к исходному (фоновому) состоянию испытуемого.

Внутригрупповые распределения показателей проверяли на нормальность по критерию Колмогорова – Смирнова. Достоверность межгрупповых различий оценивали по t-критерию Стьюдента для зависимых выборок с оценкой близости величин групповых дисперсий по критерию Левена. Статистическую значимость коэффициента корреляции Пирсона проверяли на соответствие условиям для критических значений при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным ортостатической пробы (табл. 1), исходная величина индекса хронотропной реакции миокарда оказалась менее 0,63, что, по интерпретации А.Д. Рифтина [16], соответствует хорошему функциональному состоянию органа. В то же время индекс сосудистой реакции при ортостатической пробе оказывается выше нормы, что свидетельствует об излишнем напряжении в состоянии сосудистого тонуса. Причиной этого может быть повышенный уровень активности симпатической нервной системы ($> 1,0$) у половины членов группы (рис. 1), сочетающийся

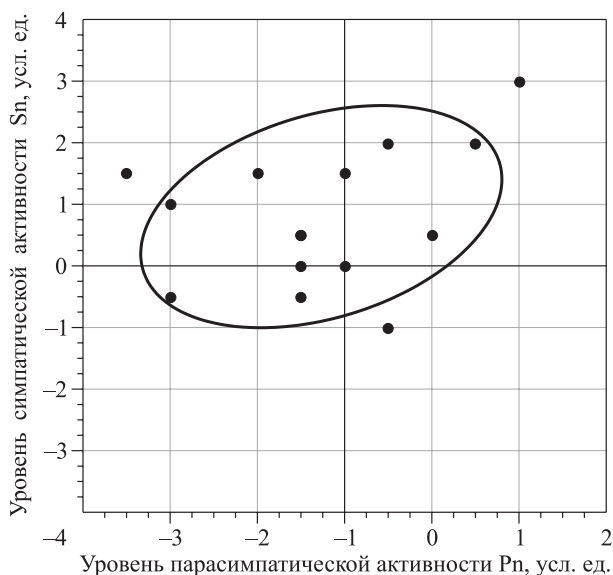


Рис. 1. Распределение членов группы альпинистов по уровням активности симпатического и парасимпатического звеньев автономной нервной системы

со сниженным средним уровнем парасимпатической нервной системы. Согласно трактовкам автора использованного нами анализа вариабельности сердечного ритма [16], нормальные значения включают область, ограниченную $-1,0$ и $+1,0$ по обеим координатам графика на рис. 1. В этой связи можно заключить, что в исходном состоянии основной состав членов команды имеет отклонения в активности автономной нервной системы от умеренных (в интервале -2 до $+2$) до значительных (-3 до $+3$).

Месячное пребывание в высокогорье не изменило характеристики вариабельности кардиоритма, получаемые в ортотесте (см. табл. 1). Это может свидетельствовать, с одной стороны, об уже имеющейся высокой степени адаптированности лиц к условиям гор, а с другой – о надежности представленных показателей как маркеров индивидуального уровня активности звеньев автономной нервной системы.

Гиперкапнический тест. Из результатов теста, представленных в табл. 2, видно, что прирост

Таблица 1

Показатели вариабельности ЧСС при ортопробе и активности автономной нервной системы в группе альпинистов до и после 1-месячного пребывания в горах ($n = 10, M \pm m$)

Показатель, усл. ед.	Исходно	После гор	Влияние гор
Индекс хронотропной реакции миокарда ChMR	0,60 ± 0,02	0,62 ± 0,02	0,018 ± 0,017
Индекс сосудистой реакции при ортопробе VC	0,77 ± 0,03	0,77 ± 0,04	0,003 ± 0,029
Уровень парасимпатической активности Pn	-0,90 ± 0,24	-0,80 ± 0,30	0,100 ± 0,082
Уровень симпатической активности Sn	0,70 ± 0,33	0,25 ± 0,25	-0,45 ± 0,29

Таблица 2

Показатели легочной вентиляции и сердечной функции в гиперкапническом тесте до и после 1-месячного пребывания в высокогорье (n = 10, M ± m)

Показатель	Исходно	После гор	Влияние гор
Легочная вентиляция исходно, cVEi (л/мин)	10,80 ± 0,72	9,24 ± 0,64 ^{##}	-1,74 ± 0,79
Прирост легочной вентиляции при CO ₂ = 7,5 кПа, cDVE75 (%)	230 ± 23 ^{***}	300 ± 32 ^{***#}	77 ± 40
Пульс исходно, cHRi (мин ⁻¹)	65,4 ± 2,9	63,3 ± 3,0	-0,79 ± 2,6
Прирост пульса при CO ₂ = 7,5 кПа, cDHR75 (%)	6,8 ± 2,4 [*]	9,6 ± 4,0	4,0 ± 5,0
Порог вентиляторной реакции по CO ₂ , cVEpog (кПа)	6,10 ± 0,10	5,90 ± 0,15	-0,16 ± 0,17
Чувствительность вентиляторной реакции, cVEsCO ₂ (л/(мин × кПа))	18,0 ± 2,4	19,4 ± 1,4	1,5 ± 2,9

Примечание. Здесь и в табл. 3 обозначены статистически значимые приросты средних величин (* – при p < 0,05, ** – при p < 0,01, *** – при p < 0,001) и отличия от исходных величин соответствующих показателей (# – при p < 0,08, ## – при p < 0,05).

легочной вентиляции для уровня альвеолярного парциального давления PetCO₂, равного 7,5 кПа, составил в среднем 230 % от исходных значений, что существенно больше полученной нами ранее [3] средней величины для обследованных спортсменов других видов спорта (пловцов, лыжников, борцов), равной 125,0 ± 10,1 % (n = 48). Это позволяет утверждать, что специфика высокогорной тренировки состоит в резком усилении вентиляторной реакции на гиперкапнию, связанном с ростом хемочувствительности легочной вентиляции (cVEsCO₂) при порогах (cVEpog) около 6 кПа (см. табл. 2). В то же время прирост пульса на гиперкапнию (cDHR75) не отличается от ранее полученной величины (3,7 ± 1,1 %) для других спортсменов [3]. В целом результаты показывают, что основная реактивность в кардиореспираторной системе при гиперкапнии приходится на функцию легких при относительно слабой реакции частоты сердечных сокращений (см. табл. 2).

Месячное пребывание обследуемых лиц в высокогорье привело к снижению исходной легочной вентиляции и в тенденции – к ее росту в условиях гиперкапнии на 77 % (см. табл. 2).

Гиперкапническая чувствительность легочной вентиляции внутри группы обследованных лиц показала тесную обратную связь с индивидуальным уровнем парасимпатической активности автономной нервной системы (рис. 2), что может отражать индивидуальную изменчивость механизма хеморегуляции внешнего дыхания [14].

Гипоксический тест. Из результатов теста, представленных в табл. 3, можно отметить, что у альпинистов прирост легочной вентиляции на гипоксию составил 21,8 %, что существенно выше, чем ранее полученные нами средние данные для спортсменов других видов спорта (9,0 ± 2,7 %,

n = 48) [3]. Реакция пульса при этом практически не отличалась от предыдущих средних данных (25,9 ± 1,5 %, n = 48). Чувствительность реакций в расчете на единицу изменения сатурации гемоглобина крови кислородом (SaO₂) для легочной вентиляции составила 60 мл/мин % SaO₂ и значимо не изменилась после месячного пребывания в высокогорье. В то же время гипоксическая чувствительность пульса возросла с 0,44 до 0,75 уд/мин % SaO₂ при параллельном росте минимального SaO₂ в условиях гипоксии.

Ранее нами отмечалось, что основу реагирования кардиореспираторной системы на гипоксию составляет прирост частоты сердечных сокращений при относительно слабой и незначимой реакции легочной вентиляции [3]. Это

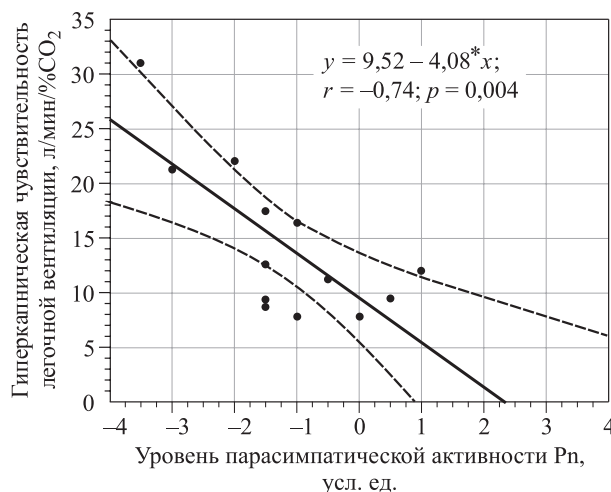


Рис. 2. Связь гиперкапнической чувствительности легочной вентиляции с индивидуальным уровнем парасимпатической активности автономной нервной системы в группе альпинистов

Таблица 3

Показатели легочной вентиляции и сердечной функции в гипоксическом тесте до и после 1-месячного пребывания в высокогорье (n = 10, M ± m)

Показатели	Исходно	После гор	Влияние гор
Легочная вентиляция исходно, oVEi (л/мин)	11,0 ± 0,6	10,5 ± 0,7	-0,5 ± 0,9
Прирост легочной вентиляции при O ₂ = 11 об. %, oDVE11 (%)	21,8 ± 3,9***	26,2 ± 7,1***	4,4 ± 9,2
Пульс исходно, oHRi (мин ⁻¹)	62,1 ± 2,6	57,5 ± 3,3	-4,6 ± 3,3
Прирост пульса при O ₂ = 11 об. %, oDHR11 (%)	18,2 ± 2,7***	20,2 ± 3,3***	2,0 ± 3,1
Чувствительность вентиляторной реакции по SaO ₂ , oVESaO (л/мин %)	-0,06 ± 0,02*	-0,09 ± 0,04*	-0,03 ± 0,03
Чувствительность реакции пульса по SaO ₂ , oHRsSaO (уд/мин %)	-0,44 ± 0,10**	-0,75 ± 0,1**.#	-0,31 ± 0,13
Минимальное насыщение гемоглобина крови кислородом, oSaO _{2min} (%)	67,9 ± 1,9	72 ± 1,0##	4,1 ± 1,7

относилось к спортсменам других видов спорта (плавание, лыжи, борьба). Однако здесь следует отметить, что для альпинистов в дополнение к значимым реакциям пульса при гипоксии получены достаточно отчетливые функциональные ответы по легочной вентиляции.

Анализ показал значимую прямую зависимость индивидуального исходного HR (y) с уровнем симпатической активности Sni (x): $y = 63,18 + 5,94 \times x$; $r = 0,67$, $p = 0,006$. Кроме того, выявлена тесная прямая связь исходного HR (y) с индивидуальной спектральной мощностью тета-ритма ЭЭГ (x): $y = 56,9 + 0,46 \times x$; $r = -0,72$, $p = 0,008$, что может отражать механизм влияния корковой активности на сердечный ритм [14].

Величины индивидуальной гипоксической чувствительности пульса у обследованных лиц

выявили обратную зависимость от уровня активности парасимпатической нервной системы (рис. 3), что является отражением ее модулирующего влияния на хеморецепторные кардиальные рефлексы [14].

Дополнительный анализ показал наличие тесной прямой связи между индивидуальными изменениями фонового альфа-2 ритма ЭЭГ под влиянием месячного пребывания в высокогорье (x) и изменениями при этом реакций легочной вентиляции на гипоксию (в процентах) от исходного (DDVEg): $y = 19,8 + 2,14 \cdot x$; $r = 0,87$, $p < 0,012$. Это позволяет считать, что индивидуальный уровень альфа-ритма участвует в механизме модуляции гипоксической реактивности легочной вентиляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Специфика высокогорной тренировки состоит в усилении вентиляторной реакции на гиперкапнию и появлении значимой реакции легочной вентиляции на гипоксию при сохранении ослабленной реакции пульса как на рост CO₂, так и на снижение O₂. Месячное пребывание в высокогорье еще более усиливает реактивность легочной вентиляции на гиперкапнию при сохраняющейся реакции сердца на хеморецепторные воздействия. Показано модулирующее влияние уровней активности автономной нервной системы и корковой активности мозга на хеморефлекторные свойства сердечно-сосудистой системы. Результаты исследования свидетельствуют о высокой надежности показателей вариабельности кардиоритма в ортотесте, рассчитанных по методике А.Д. Рифтина, которые могут использоваться в качестве маркеров индивидуального уровня активности звеньев автономной нервной системы.

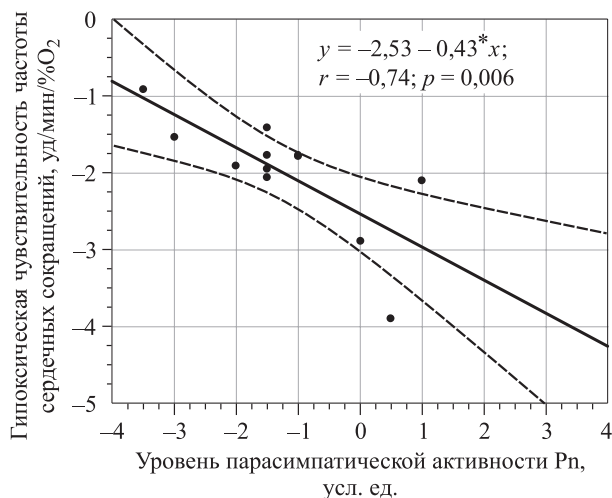


Рис. 3. Связь гипоксической чувствительности пульса с индивидуальным уровнем парасимпатической активности автономной нервной системы в группе альпинистов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: Методические рекомендации. М., 2002. 487–513.
2. Диверт В.Э., Кривошеков С.Г. Кардиореспираторные реакции при нарастающей нормобарической гипоксии у здорового человека // Физиол. человека. 2013. 39. (4). 82–92.
3. Диверт В.Э., Кривошеков С.Г., Водяницкий С.Н. Индивидуально-типологическая оценка реакций кардиореспираторной системы на гипоксию и гиперкапнию у здоровых молодых мужчин // Физиол. человека. 2015. 41. (2). 63–74.
4. Колчинская А.З. Дыхание при гипоксии. Физиология дыхания. СПб., 1994. 589 с.
5. Кривошеков С.Г., Диверт В.Э., Мельников В.Н. и др. Сравнительный анализ реакций газообмена и кардиореспираторной системы пловцов и лыжников на нарастающую нормобарическую гипоксию и физическую нагрузку // Физиол. человека. 2013. 39. (1). 117–125.
6. Михайлов В.М. Variability сердечного ритма. Опыт практического применения. Иваново, 2000. 200 с.
7. Михайлов В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба. Иваново, 2008. 548 с.
8. Нервные болезни: учебник для медицинских вузов / Ред. М.М. Одинак. СПб., 2014. 465 с.
9. Рифтин А.Д. Анализ сердечного ритма, его «краеугольная» проблема и применение инструментов искусственного интеллекта для ее решения // Вестн. психофизиологии. 2015. (2). 70–81.
10. Флейшман А.Н. Variability ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике. 2-е изд. испр. и доп. Новосибирск, 2009. 194 с.
11. Bigger T.J., Fleiss J.L., Steinman R.C. et al. RR variability in healthy, middle-aged persons compared with chronic coronary heart disease or recent acute myocardial infarction // Circulation. 1995. 91. (7). 1936–1943.
12. Erlichman J.S., Leiter J.C., Gourine A.V. ATP, glia and central respiratory control // Respir. Physiol. Neurobiol. 2010. 173. 305–311.
13. Guyenet P.G., Stornetta R.L., Abbott S.B. et al. Central CO₂-chemoreception and integrated neural mechanisms of cardiovascular and respiratory control // J. Appl. Physiol. 2010. 108. 995–1002.
14. Guyenet P.G. Regulation of breathing and autonomic outflows by chemoreceptors // Comp. Physiol. 2014. 4. (4). 1511–1562.
15. Patent 7826892 B2 US. Method for quantitative assessment of the autonomic nervous system based on heart rate variability analysis / A. Riftingine. Publ. 02.11.2010.
16. Patent 8682421 B2 US. Fitness score assessment based on heart rate variability analysis during orthostatic intervention / A. Riftingine. Publ. 25.03. 2014.
17. Read D.J.C. A clinical method for assessing the ventilatory response to carbon dioxide // Australas Ann. Med. 1967. 16. 20–25.
18. Shoemaker J.K., Vovk A., Cunningham D.A. Peripheral chemoreceptor contributions to sympathetic and cardiovascular responses during hypercapnia // Can. J. Physiol. Pharmacol. 2002. 80. 1136–1143.
19. Teppema L.J., Dahan A. The ventilatory response to hypoxia in mammals: Mechanisms, measurement, and analysis // Physiol. Rev. 2010. 90. 675–754.
20. Ursino M., Magosso E., Avanzolini G. An integrated model of the human ventilatory control system: The response to hypercapnia // Clin. Physiol. 2001. 21. 447–464.

VEGETATIVE BALANCE OF THE ORGANISM AND CHEMOREACTIVE PROPERTIES OF CARDIORESPIRATORY SYSTEM AT CLIMBERS

**Victor Eval'dovich DIVERT¹, Evgeniy Gennad'evich VERGUNOV¹,
Natal'ya Vladimirovna BALIOZ¹, Konstantin Yur'evich KUSHNIR²,
Vyacheslav Yur'evich KULIKOV², Sergey Georgievich KRIVOSHCHEKOV¹**

¹ *Institute of Physiology and Basic Medicine
630117, Novosibirsk, Timakov str., 4*

² *Novosibirsk State Medical University of Minzdrav of Russia
630091, Novosibirsk, Krasny av., 52*

Indexes of variability of heart rhythm in ortotest (by Riftin A.N.) and characteristics of chemoreflexory breath and heart response in hypercapnic and hypoxic tests at members of climbers team before and after monthly stay in high mountains (more than 3500) have been investigated. It is shown that monthly stay in high mountains does not change magnitude of the basic indexes of heart and vessels reactivity in ortotest. It has been determined that climbers are distinguished by the enhanced ventilatory reaction to hypercapnia and significant one to hypoxia at the relaxed pulse reaction to both influences. The inverse relationship between individual sensitivity of hypercapnic ventilatory reaction and level of parasympathetic excitatory system activity has been revealed in surveyed people group. Thereat sensitivity of pulse reaction to hypoxia is directly proportional to its individual level of activity. The monthly exposition of persons in high mountains even more enhances the chemoreactive lung ventilation response to hypercapnia, practically without any change in heart reaction. The relations of brain cortical activity with initial individual heart frequency and with adaptive hypoxic ventilatory sensitivity is shown.

Key words: high altitude, autonomic nervous system, chemoreception, electroencephalography, external respiration, pulse.

Divert V.E. – doctor of biological sciences, leading researcher, e-mail: divert@physiol.ru

Vergunov E.G. – candidate of biological sciences, researcher

Balioz N.V. – reasearcher

Kushnir K.Yu. – student

Kulikov V.Yu. – doctor of medical sciences, head of chair

Krivoshchekov S.G. – doctor of medical sciences, head of chair