

ности / Г.В. Макаров, А.Я. Васин, Л.К. Маринина [и др.]. - М.: Химия, 1989. - 496 с.

Labor protection in the chemical industry / G.V. Makarov, A.Ja. Vasin, L.K. Marinina [et al.]. - M.: Himija, 1989: 496.

5. Российская энциклопедия по медицине

труда / под ред. Н.Ф. Измерова. - М.: Медицина, 2005. - 653 с.

Russian Encyclopedia of Occupational Medicine / ed. N.F. Izmerov. - M.: Medicina, 2005: 653.

6. Шамсияхметова Г.И. Профессиональные заболевания на предприятиях нефтяной про-

мышленности / Г.И. Шамсияхметова // Молодой ученый. - 2016. - № 16. - С. 460-463.

Shamsiahmetova G. I. Occupational diseases at the enterprises of the oil industry / G. I. Shamsiahmetova // Molodoj uchenyj. - 2016. - № 16. - P. 460-463.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ

И.В. Аверьянова

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРДИОГЕМОДИНАМИКИ И ГАЗОАНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ НА РЕРЕСПИРАЦИЮ У МОЛОДЫХ ЖИТЕЛЕЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

DOI 10.25789/YMJ.2020.71.07

УДК 612.176+612.014.43+612.899

Изучены особенности влияния дыхания в замкнутом пространстве (ререспирация) на показатели кардиогемодинамики и газообмена с целью выявления степени реактивности систем – как маркеров степени напряжения функционального состояния при адаптации к экстремальным условиям Северо-Востока России. Установлено, что степень выраженности перестроек парасимпатического звена вегетативной нервной системы взаимосвязана с гемодинамическим и газовым паттернами в ответ на гипоксически-гиперкапническое воздействие и вместе являются высокоинформативными показателями для оценки степени напряжения функционального состояния при проживании в различных регионах Крайнего Севера.

Ключевые слова: юноши, ререспирация, сердечно-сосудистая система, газоанализ, вариабельность сердечного ритма, природно-климатические зоны.

The features of the effect of breathing in a confined space (re-respiration) on the parameters of cardiohemodynamics and gas exchange were studied in order to identify the degree of reactivity of the systems - as markers of the degree of stress in the functional state during adaptation to the extreme conditions of the North-East of Russia. It was found that the severity of rearrangements of the parasympathetic link of the autonomic nervous system is interrelated with hemodynamic and gas patterns in response to hypoxic-hypercapnic exposure and together they are highly informative indicators for assessing the degree of tension in the functional state when living in various regions of the Far North.

Keywords: young men, re-respiration, cardiovascular system, gas analysis, heart rate variability, natural and climatic zones.

Введение. Механизмы компенсации умеренных форм гипоксии, гиперкапнии или их комбинации в здоровом организме имеют определенное приспособительное значение в формировании адаптационных реакций, направленных на повышение устойчивости организма к целому комплексу экстремальных факторов [1]. Изменение кардиоритмов в ответ на возмущающий фактор является универсальной оперативной реакцией целостного организма в ответ на любое воздействие внешней среды и характеризует баланс между тонусом симпатического и парасимпатического отделов [8]. При этом известно, что анализ вариабельности сердечного ритма (BCP) в покое позволяет количественно оценить текущее функциональное состояние

организма, а при проведении функциональных проб – определить его адаптационные резервы [6].

Поэтому одной из задач нашего исследования являлось изучение перестроек газоанализа, сердечно-сосудистой системы и кардиоритма в процессе гипоксически-гиперкапнического воздействия с целью выявления степени реактивности систем – как маркеров степени напряжения при адаптации к экстремальным условиям Северо-Востока России, в частности при проживании в континентальной и приморской природно-климатической зонах. При этом исследование предполагает, что степень ответных реакций, лабильности этих систем, на основе количественной оценки влияния на сердечный ритм каждого из звеньев вегетативной нервной системы (ВНС), а также ответных реакций показателей гемодинамики и газоанализа, будет являться объективным критерием функционального состояния, степени напряжения – одним из количественных показателей адаптированности к

условиям Севера, учитывая которые можно оценить адаптационные резервы организма в целом.

Материал и методы исследования. Проба с ререспирацией была проведена юношам-европеоидам г. Магадан (214 чел.), г. Сусуман (57), г. Анадырь (45).

В качестве функционального теста использовалась проба с возвратным дыханием (ререспирация) без поглощения CO₂. Непосредственно перед проведением пробы у обследуемых с использованием портативного газоанализатора производства ООО «НПК «Карбоник» определялось содержание CO₂ (%) и O₂ (%) в выдыхаемом ими воздухе. Для проведения пробы обследуемому необходимо было совершить 3 глубоких выдоха в пластиковый герметичный мешок (типа Дугласа), откуда в дальнейшем производился процесс вдоха и выдоха общей продолжительностью 3 мин, при этом нос закрывался зажимом [4]. После завершения пробы с возвратным дыханием оставшаяся в герметичном меш-

ке газовая смесь с помощью того же прибора анализировалась по уровню содержания CO_2 и O_2 (%).

В состоянии покоя перед выполнением пробы с возвратным дыханием и в процессе ее 3-минутного выполнения с использованием прибора «Варикард» и программного обеспечения VARICARD-KARDi производилась запись кардиоритмограммы на основе методических рекомендаций группы Российских экспертов [2]. В дальнейшем анализировались показатели кардиоритма с последующей оценкой на его основе исходного типа вегетативной регуляции, что подробно представлено в работе [4].

С использованием автоматического тонометра Nessei DS-1862 (Япония) анализировались показатели систолического (САД, мм рт. ст.) и диастолического (ДАД, мм рт. ст.) артериального давления в состоянии покоя перед пробой и на пике пробы (конец 3-й мин), с одновременной регистрацией в эти же периоды уровня оксигемоглобина (HbO_2 , %) с помощью пульсоксиметра «NPB-40» (США). Все исследования проводились в первой половине дня в помещении с комфортной температурой 19-21 °С.

Критерием включения в исследование являлись ЖЕЛ (жизненная емкость легких) не менее 3200 мл и отсутствие хронических заболеваний в стадии обострения. Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования был одобрен комиссией по биоэтике ФГБУН ИБПС ДВО РАН

(№001/019 от 29.03.2019 г.). От всех обследуемых было получено письменное информированное согласие до включения в исследование.

Результаты подвергнуты статистической обработке с применением пакета прикладных программ «Statistica 7.0» Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась на основе теста Шапиро-Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха в виде 25 и 75 процентилей, а параметрических - как среднее значение и его ошибка ($M \pm m$). В случае сравнения связанных выборок статистическая значимость различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок с нормальным распределением и непараметрического критерия Уилкоксона для выборок с распределением, отличающимся от нормального. При сравнении несвязанных выборок статистическая значимость различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна-Уитни для выборок с ненормальным распределением. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным или меньше 0,05 [3].

Результаты и обсуждение. Основные показатели сердечно-сосудистой системы, газообмена и сатурации артериальной крови у молодых жителей различных регионов Дальневосточного региона (Магаданская

область: г. Сусуман, г. Магадан, и Чукотский автономный округ: г. Анадырь) представлены в табл. 1. Анализ показателей сердечно-сосудистой системы позволил установить, что при проведении ререспираторной пробы наблюдаются региональные особенности ответных реакций показателей САД, ДАД, ЧСС. Так, магаданцы характеризовались более низкими показателями САД на фоне и на пике ререспирации. В то же время диастолическое артериальное давление в процессе ререспирации статистически значимо увеличивалось во всех изучаемых группах, с наименее выраженной динамикой у анадырских юношей. С учетом различных паттернов ответных реакций системы гемодинамики нами был проведен расчет степени реактивности без учета знака динамики (повышение, снижение) как отражения лабильности системы в ответ на возмущающий фактор. Увеличение ЧСС и АД в ответ на возмущающий фактор - это, несомненно, типичные приспособительные реакции организма, при этом степень реактивности имела ряд особенностей в зависимости от региона проживания обследуемых. Так, в группе магаданских юношей в ответ на пробу с ререспирацией степень выраженности увеличения САД составила 7%, ДАД - 17, а ЧСС - 6%, что в целом составило 30% реактивности сердечно-сосудистой системы. В группе анадырцев наблюдалось менее выраженное, относительно сверстников-магаданцев, увеличение ДАД (на 6%) с одновременным увеличением на 9% САД и на

Таблица 1

Показатели сердечно-сосудистой системы, газообмена и сатурации артериальной крови в состоянии покоя и при выполнении ререспирации у молодых жителей-европеоидов различных регионов Северо-Востока России

Изучаемый показатель	Изучаемая группа			Уровень значимости различий		
	Магадан (1)	Сусуман (2)	Анадырь (3)	1-2	2-3	1-3
Фон						
САД, мм рт.ст.	124,0±0,7 *	127,9±1,3 *	127,2±1,4 *	p<0,01	p=0,72	p<0,05
ДАД, мм рт.ст.	76,3±0,8 *	77,1±1,2 *	73,3±1,2 *	p<0,05	p<0,05	p=0,50
ЧСС, уд./мин	70,9±0,8 *	74,1±1,0 *	71,3±1,0 *	p<0,001	p<0,05	p=0,22
Концентрация CO_2 в выдыхаемом воздухе, %	3,8±0,1 *	4,2±0,1 *	3,2±0,1 *	p<0,001	p<0,001	p<0,001
Концентрация O_2 в выдыхаемом воздухе, %	16,3±0,1 *	15,8±0,1 *	17,1±0,1 *	p<0,001	p<0,001	p<0,001
HbO_2 , %	98,5±0,1 *	98,5±0,1 *	98,6±0,1 *	p=0,74	p=0,51	p=0,76
Ререспирация						
САД, мм рт.ст.	133,0±1,1	136,2±1,2	138,1±2,2	p<0,05	p=0,49	p<0,05
ДАД, мм рт.ст.	89,5±1,1	86,9±1,1	77,6±1,7	p<0,05	p<0,001	p<0,01
ЧСС, уд./мин	75,1±0,9	85,3±1,6	81,3±1,4	p<0,001	p<0,05	p<0,001
Концентрация CO_2 в выдыхаемом воздухе, %	7,1±0,1	8,4±0,2	6,6±0,2	p<0,001	p<0,001	p<0,05
Концентрация O_2 в выдыхаемом воздухе, %	12,5±0,1	10,7±0,2	13,1±0,2	p<0,001	p<0,001	p<0,05
HbO_2 , %	96,2±0,2	95,2±0,1	96,6±0,1	p<0,001	p<0,001	p<0,05

Примечание. В табл.1-2 * различия фон-проба.

14 - ЧСС. Тогда как у сусуманцев увеличение САД составило 6%, ДАД – 13 и ЧСС – 15%, что в сумме составило 34% против 29% в группе анадырцев.

Анализ полученных данных выявил выраженные межгрупповые региональные отличия относительно показателей газоанализа в состоянии покоя, где более низкие показатели концентрации углекислого газа и более высокие показатели концентрации кислорода в выдыхаемом воздухе были отмечены у обследуемых анадырцев, а самые высокие величины концентрации CO_2 и самые низкие O_2 были зафиксированы в группе сусуманцев. Межгрупповых различий относительной показателя сатурации артериальной крови выявлено не было. Анализ результатов газообмена указывает на то, что в трех анализируемых группах во время ререспирации происходит статистически значимое увеличение концентрации углекислого газа и снижение кислорода с одновременным уменьшением сатурации артериаль-

ной крови. Данные изменения были в большей степени выражены в группе лиц континентальной зоны проживания. Так, уровень снижения содержания в мешке кислорода в группе сусуманцев составил 10,7%, а повышение CO_2 достигало 8,4%, а в группе магаданцев и анадырцев снижение концентрации кислорода было меньшим и достигало 12,5 и 13,1%, а углекислого газа - не превышало 7,1 и 6,6% соответственно. При отсутствии значимых различий сатурации артериальной крови в состоянии покоя во время гипоксически-гиперкапнического воздействия данный показатель снизился до 96,2% у магаданцев, 96,6 у анадырцев и 95,2% у сусуманцев.

Как показывают результаты исследования, в ответ на пробу с возвратным дыханием отмечается более выраженная степень потребления кислорода в группе юношей континентальной зоны проживания, о чем свидетельствуют самые высокие показатели ΔO_2 - 5,1% против 4,0% снижения

в группе юношей из г. Анадырь и 3,8% у магаданцев. Аналогичная тенденция отмечена и относительно показателя концентрации углекислого газа, величина которого в группе сусуманцев (ΔCO_2 4,2%) превосходила аналогичные характеристики, выявленные у обследуемых магаданцев (3,3) и анадырцев (3,4%). При этом необходимо указать и на то, что самые высокие значения разницы фон-проба относительно сатурации артериальной крови также наблюдались в группе сусуманцев (3,3%). В целом, проанализировав суммарную динамику в процентах с учетом степени снижения /повышения показателей газоанализа в ответ на пробу у юношей трех регионов проживания, мы выявили, что для юношей г. Магадана и г. Анадырь данная величина (Δ газоанализа) составила 9,4%, а для юношей г. Сусуман – 12,6%.

В табл. 2 представлены характеристики ВСП в состоянии покоя и при выполнении пробы с ререспирацией у юношей-жителей различных регио-

Таблица 2

Показатели кардиоритма в состоянии покоя и при выполнении пробы с ререспирацией у молодых жителей-европеоидов различных регионов Северо-Востока России

Изучаемый показатель	Фон									Уровень значимости различий		
	Магадан			Сусуман			Анадырь					
	Ме	25	75	Ме	25	75	Ме	25	75	Магадан– Сусуман	Сусуман– Анадырь	Магадан– Анадырь
MxDMn, мс	368,2 *	290,0	459,6	404,5	322,3	539,5	377,0	285,0	418,1	p<0,01	p<0,01	p=0,44
RMSSD, мс	46,2 *	36,5	65,4	61,7	50,4	75,0	48,2 *	32,1	66,3	p<0,001	p<0,001	p=0,96
pNN50, %	21,4 *	13,6	35,1	34,1 *	23,2	44,1	23,9 *	11,2	47,5	p<0,001	p=0,14	p=0,81
SDNN, мс	68,0 *	54,0	84,7	73,9	62,3	93,5	66,3 *	47,5	84,2	p=0,11	p<0,05	p=0,47
Mo, мс	827,6 *	774,0	928,0	779,0 *	711,4	875,6	822,4 *	728,0	879,0	p<0,001	p=0,14	p=0,25
AMo50, мс	30,5 *	25,0	38,5	29,0	25,8	34,6	31,7*	24,3	39,9	p=0,49	p=0,38	p=0,59
SI, усл. ед.	48,6 *	31,1	79,7	44,8	30,8	58,2	49,0	36,5	94,1	p=0,37	p=0,15	p=0,27
TP, мс²	3751,9 *	2387,2	5871,0	4375,0	2577,3	6429,2	3765,9*	1906,5	4940,4	p<0,05	p=0,22	p=0,36
HF, мс²	873,5 *	501,4	1543,1	1579,4*	922,7	2599,7	912,4*	374,8	1938,9	p<0,001	p<0,01	p=0,98
LF, мс²	1351,6	928,6	2118,8	1306,7	799,6	2034,7	1310,6	838,2	1577,4	p=0,69	p=0,35	p=0,17
VLF, мс²	592,9 *	363,7	968,8	531,7*	328,0	866,7	572,0*	373,8	1000,0	p=0,26	p=0,31	p=0,95
LF/HF, усл. ед.	1,6 *	1,0	2,7	0,8 *	0,6	1,2	1,2 *	0,6	2,3	p<0,001	p<0,05	p=0,13
IC, усл. ед.	2,5 *	1,6	3,9	1,2 *	0,9	1,9	2,1 *	1,0	3,5	p<0,001	p<0,01	p=0,28
Ререспирация												
MxDMn, мс	395,5	318,3	498,5	431,0	367,0	561,4	363,0	294,3	443,3	p<0,001	p<0,01	p=0,24
RMSSD, мс	61,7	46,5	82,7	70,0	55,4	88,7	58,8	41,2	85,7	p=0,12	p=0,12	p=0,48
pNN50, %	38,3	25,6	53,4	41,4	27,4	53,3	35,4	20,3	48,3	p=0,75	p=0,22	p=0,21
SDNN, мс	78,3	62,1	105,5	78,9	64,5	99,8	76,3	57,5	89,4	p=0,70	p=0,37	p=0,22
Mo, мс	774,3	676,8	875,7	678,7	621,1	776,1	725,3	676,4	777,4	p<0,001	p<0,05	p<0,05
AMo50, мс	26,5	21,5	31,4	29,0	22,7	32,1	28,6	22,9	35,8	p=0,10	p=0,53	p<0,01
SI, усл. ед.	43,3	27,5	65,5	45,2	32,3	73,0	52,2	39,5	79,7	p=0,77	p=0,18	p<0,05
TP, мс²	4948,7	2974,9	7236,5	4105,8	3141,9	7761,3	4556,7	2126,0	7308,3	p=0,27	p=0,93	p=0,46
HF, мс²	2002,3	1107,4	3488,0	2139,7	1180,0	3277,4	1803,6	739,9	4170,6	p=0,88	p=0,79	p=0,54
LF, мс²	1292,0	750,7	2359,3	1107,8	722,6	2197,2	1066,3	605,3	2169,7	p=0,26	p=0,84	p=0,43
VLF, мс²	498,1	284,3	824,4	382,5	261,8	700,0	413,5	240,1	997,9	p=0,12	p=0,54	p=0,67
LF/HF, усл. ед.	0,6	0,3	1,2	0,5	0,4	0,8	0,7	0,4	1,1	p=0,59	p=0,44	p=0,77
IC, усл. ед.	0,9	0,5	1,7	0,8	0,5	1,2	0,9	0,6	1,7	p=0,50	p=0,33	p=0,63

нов Северо-Востока России. Анализ изменений показателей ВСР в ответ на пробу с ререспирацией свидетельствует об увеличении активности автономного регуляторного контура в связи с увеличением частоты дыхания, что всегда происходит при значительных гипоксических и гиперкапнических воздействиях. В наших исследованиях показано, что кратковременное гипоксически-гиперкапническое воздействие приводит к перестройкам показателей кардиоритма, которые имеют ряд различий в зависимости от региона проживания. Так, в целом, данные перестройки сопровождаются ростом мощности спектра в HF и увеличением рNN50 на фоне уменьшения Mo, VLF, LF/HF и IC. В группе магаданцев и анадырцев помимо вышеперечисленных изменений было отмечено возрастание RMSSD, SDNN на фоне снижения AMo, что отражает активацию парасимпатического звена ВНС, и не было зафиксировано в группе сусуманцев.

Необходимо отметить, что показатели высокочастотного компонента спектра ВСР - HF, значимо более низкие фоновые величины которых были отмечены у магаданцев и анадырцев, на пике ререспирации статистически не различались. Увеличение TP было отмечено лишь в группе магаданцев и анадырцев, что обусловлено выраженным увеличением высокочастотного компонента спектра ритма сердца в ответ на ререспирацию у обследуемых этих групп. Такая динамика обусловлена значительным ростом HF у юношей приморской зоны проживания (более чем на 129% у магаданцев и на 97% у анадырцев), что, несомненно, является отражением высокой степени активации парасимпатического звена и, в конечном счете, определяющим структуру кардиоритма во время ререспирации, тогда как в группе сусуманцев увеличение HF не превышало 35%. В настоящее время показатель HF, являющийся маркером вагусной активности [5], связывают с синусовой аритмией, суть которой состоит в обеспечении оптимальной концентрации газов в крови и оптимизации газообмена при дыхании путем сопоставления перфузии с ЧСС [9,10], и отмечают связь со скоростью потребления кислорода [7].

Исходя из этого, мы можем предположить, что столь выраженное увеличение высокочастотного компонента спектра ВСР у юношей приморской зоны проживания (г. Магадан, г. Анадырь) направлено на повышение скорости газообмена в альвеолах, что свидетельствует о повышении эф-

фективности использования кислорода и выведения углекислого газа и сопоставимо с показателями Δ газоанализа, меньшие величины которых отмечены в группе магаданцев и анадырцев (9,4%). При этом необходимо отметить, что такие перестройки показателей ВСР у юношей трех регионов Северо-Востока России происходили на фоне значимого уменьшения VLF-компонента спектра кардиоритма.

Проанализировав ответную реактивность показателей кардиоритма на ререспирацию, путем суммирования в процентах степени ответных реакций без учета знака (снижения или повышения), мы выявили, что для группы магаданцев степень реактивности ВСР составила 463%, для анадырцев – 348, а в группе сусуманцев данная величина не превышала 171 %.

Заключение. Таким образом, анализ перестроек показателей кардиоритма, гемодинамики и газоанализа свидетельствует о наличии региональных особенностей в поддержании функционального состояния организма в ответ на гипоксически-гиперкапническую пробу. Полученные нами данные указывают на то, что в ответ на гипоксически-гиперкапническое воздействие происходят качественно одинаковые сдвиги в показателях ВСР, характеризующие активацию парасимпатического звена вегетативной нервной системы, но степень их выраженности зависит от региона проживания. Так, выраженное увеличение активности парасимпатического звена ВНС, и в частности высокочастотной составляющей ритма сердца (HF), было отмечено в группах юношей приморской зоны проживания, что является фактором, обеспечивающим оптимальный газообмен при выполнении пробы с ререспирацией, и находит свое подтверждение в более низких величинах ΔCO_2 , ΔO_2 , ΔHbO_2 , что наблюдается на фоне меньшей выраженности реакции со стороны САД, ДАД, ЧСС, которая составила 30% у магаданцев, 29 - в группе анадырцев и 34% у сусуманцев.

Хотелось бы отметить, что более выраженная степень ответных реакций газоанализа сопоставима с высокой реактивностью на пробу показателей сердечно-сосудистой системы, что наблюдалось на фоне ареактивности показателей вариабельности сердечного ритма в группе юношей г. Сусуман.

Таким образом, полученные нами данные достаточно наглядно демонстрируют тот факт, что основные характеристики сердечно-сосудистой системы, кардиоритма, сатурации ар-

териальной крови и, в большей степени, величины газообмена при анализе разницы фон-проба могут выступать показателем степени нагрузки в ответ на воздействие факторов, различных по экстремальности. При этом наиболее специфичными, отражающими различия в перестройках изучаемых систем в ответ на ререспирацию у испытуемых трех групп, являются показатели ΔCO_2 , ΔO_2 , ΔHbO_2 , а также степень реактивности сердечно-сосудистой системы и показателей кардиоритма.

Существенным аспектом, установленным в процессе исследований, является то, что наиболее оптимальные показатели гемодинамики и газообмена, кардиоритма, а также степень их реактивности в ответ на пробу с ререспирацией демонстрировали юноши приморской зоны проживания (г. Магадан и г. Анадырь), что указывает на хороший уровень их адаптации к окружающим природно-климатическим условиям и лучшие функциональные резервы организма по сравнению с молодыми людьми континентальной зоны проживания (г. Сусуман).

Литература

1. Агаджанян Н.А. Гипоксические, гипокпические и гиперкапнические состояния / Н.А. Агаджанян, А.Я. Чижов. – М.: Медицина, 2003. – 93с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01002386001>
2. Агаджанян Н.А. Hypoxic, hypocapnic and hypercapnic states / N.A. Agadzhanjan, A. Ja. Chizhov. – M: Medicina, 2003. – 93 p.
3. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – Т. 24. – С.65-83. <http://www.veststar.ru/article.jsp?id=1267>
4. Analysis of Heart Rate Variability When Using Different Electrocardiographic Systems (Methodical Recommendations) / R.M. Baevskij, G.G. Ivanov, L.V. Chirejkin [et al.] // Bulletin of Arrhythmology. – 2001. – Vol. 24. – P. 65-83.
5. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. (2-е издание) / В. Боровиков. – СПб.: Питер, 2003. – 688с. <http://www.statosphere.ru/books-arch/statistica-books/bor-kat.html>
6. Borovikov V. Statistica. Statistica. The Art of Analyzing Data on a Computer: For Professionals / V. Borovikov. – Spb.:Piter, 2003. – 688p.
7. Максимов А.Л. Информативность пробы с ререспирацией для оценки устойчивости организма юношей к сочетанному действию гипоксии и гиперкапнии / А.Л. Максимов И.В. Аверьянова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2017. – Т.103, №9. – С. 1058-1068. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25950101>
8. Maximov A.L. Informative value of a re-breathing test in assessing young males' resistance to the combined impact of hypoxia and hypercapnia / A.L. Maximov, I.V. Averyanova // Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova. – 2017. – T. 103, No. 9. – P. 1058-1068. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25950101>

enova. – 2017. – V.103 (9). – P. 1058-1068.

5. Grossman P. Respiratory sinus arrhythmia, cardiac vagal control, and daily activity/ P. Grossman, F.H. Wilhelm, M. Spoerle // *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*. – 2004. – V.287 (2). – 728-734. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00825.2003>

6. Malliani A. Importance of appropriate spectral methodology to assess heart rate variability in the frequency domain / A. Malliani, M. Pagani, F. Lombardi // *Hypertension*. – 1994. – V. 24. – P. 140–142 <https://doi.org/10.1161/01.hyp.24.1.140>

7. Perini R. The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability / R. Perini, C. Orizio, G. Baselli [et al.] // *European Journal of Applied Physiology*. – 1990. – V. 61. – P. 143–148. <https://doi.org/10.1007/bf00236709>

8. Sassi R. Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society/ R. Sassi, S. Cerutti, F. Lombardi, M. Malik, H.V. Huikuri [et al.] // *Ep Europace*. – 2015 – V.17. – P. 1341-

1353. <https://doi.org/10.1093/europace/euv015>

9. Shamilov B.T. Evaluating the physiological significance of respiratory sinus arrhythmia: looking beyond ventilation-perfusion efficiency / B.T. Shamilov, J. Paton // *J. Physiol.* – 2012. – V. 590 (8). – P. 1989-2008. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.222422>

10. Yasuma F. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heart beat synchronize with respiratory rhythm? / F. Yasuma, J. Hayano // *Chest J.* – 2004. – V.125 (2). – P. 683-690. <https://doi.org/10.1378/chest.125.2.683>

DOI 10.25789/YMJ.2020.71.08

УДК 616.248:577.118:612.015.31]-053

Е.Н. Супрун, Г.П. Евсеева, С.В. Супрун, О.А. Лебедько, Т.В. Пивкина

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ПРИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЕ У ДЕТЕЙ

Обследованы дети с бронхиальной астмой (БА). Обнаружено, что, несмотря на единый геохимический регион проживания, у пациентов с БА выявлены достоверные снижения содержания меди, селена, цинка и повышение свинца, никеля, кобальта в крови. По мере нарастания тяжести БА отмечено более выраженное падение уровня селена, меди и рост свинца, марганца, лития. Степень воздействия солей металлов (свинца, селена) на мембраны эритроцитов у пациентов с БА достоверно зависит от степени тяжести заболевания. Полученные данные открывают возможности индивидуализации прогнозирования, диагностики и коррекции микроэлементных нарушений у больных с БА.

Ключевые слова: микроэлементы, бронхиальная астма, дети, трансформация мембран эритроцитов.

Children with bronchial asthma (BA) were under study. In spite of the same geochemical region of residence, BA patients were found to have significantly lower levels of copper, selenium and zinc and higher levels of lead, nickel and cobalt in their blood sera. Decreased selenium and copper levels and increased lead, manganese and lithium levels were found to coincide with the increase in the BA severity. The impact of metal (lead, selenium) salts on RBC membrane transformation in asthmatic patients significantly depends on BA severity. The data obtained open the way for individualized prediction, diagnosis and correction of trace element imbalance in BA patients.

Keywords: trace elements, bronchial asthma, children, RBC membrane transformation.

Введение. Регистрация детей с бронхиальной астмой (БА) достигла 15% среди детской популяции Земли [9]. Согласно официальной статистике, в России около 10% детей страдает БА [2], но реальные цифры значительно выше – 15-20% [3]. Распространенность БА в нашем веке возрастала во всем мире; у подростков Хабаровского края в период с 2005 по 2015 г. этот показатель вырос в два раза (среди подростков с 12% до 24%, среди детей до 14 лет – с 11% до 18%) [8]. Такой рост обусловлен изменением совокупного генотипа населения развитых стран, в связи с чем он практически не поддается коррекции, поэтому усилия медицинского сообщества направлены на

повышение эффективности контроля БА. Однако несомненная наследственная предрасположенность как главный фактор развития БА модифицируется воздействием окружающей среды [4,6]. Ряд проведенных в нашей стране исследований показал, что распространенность БА в различных регионах страны может различаться почти в три раза; структура тяжести БА также имеет свои особенности [1, 10]. Эти различия ставят перед нами задачу по выявлению факторов, приводящих к своеобразию течения БА в конкретном месте проживания. Одним из аспектов, обуславливающих различия среды, являются геохимические особенности провинций. Для Хабаровского края характерно повышенное содержание марганца, меди, хрома, кобальта, цинка, молибдена и недостатка селена, техногенное загрязнение свинцом, содержание которого значимо выше фонового [5, 7, 11, 12]. Однако факторы внешней среды воздействуют одинаково на всех членов локальной популяции, но ассоциируемые с ними нарушения имеют место лишь в определенном проценте случаев, в связи с чем большой интерес представляет изучение содержания

микроэлементов и их включенность в метаболические процессы при бронхиальной астме.

Материалы и методы исследования. На первом этапе исследования нами изучено содержание ряда микроэлементов (Ni, Co, Cu, Li, Mn, Se, Pb, Zn, Fe) в сыворотке крови и ее форменных элементах у 314 детей, проживающих в Хабаровском крае. Основная группа – болеющие БА – составила 135 пациентов, группа сравнения – 189, группы рандомизированы по полу и возрасту. Исследование содержания микроэлементов проводилось методом атомно-абсорбционной спектрометрии (Hitachi-Z3000, Япония). С целью оценки влияния изменений содержания микроэлементов на клеточно-молекулярном уровне у детей с БА обследовано 40 пациентов, проведение оценки трансформации эритроцитов как модели состояния клеточных мембран организма в целом методом визуализации на световом микроскопе в нативном мазке взвеси цельной крови и при воздействии солей свинца и селена *in vitro*. Свинец выбран в качестве типового токсиканта, а селен – как эссенциальный элемент, недостаточность которого наиболее выражена

Хабаровский филиал ДНЦ ФПД – НИИ ОМИД: СУПРУН Евгений Николаевич – к.м.н., с.н.с.; доцент ДГМУ, evg-suprun@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-1089-8884, ЕВСЕЕВА Галина Петровна – д.м.н., гл.н.с., orcid.org/0000-0002-7528-7232, СУПРУН Стефания Викторовна – д.м.н., гл.н.с., orcid.org/0000-0001-6724-3654, ЛЕБЕДЬКО Ольга Антоновна – д.м.н., директор филиала, зав. лаб., orcid.org/0000-0002-8855-7422, ПИВКИНА Татьяна Владимировна – врач-лаборант.