

УДК 612-055.1(470.1)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛОНГИТУДИНАЛЬНОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ СТАТУСОМ МУЖЧИН-СЕВЕРЯН – УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТА «МАРС-500»

© 2017 г. Ю. Г. Солонин, А. Л. Марков, Е. Р. Бойко

Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар

Проведены изучение и оценка физиологического статуса и показателей соматического здоровья у 23 мужчин-волонтеров в возрасте 24–50 лет, отобранных в качестве «северной» контрольной группы в наземном спутниковом медико-экологическом эксперименте по проекту «Марс-500». Исследование выполнено по единой методике головной организации – Института медико-биологических проблем Российской академии наук с использованием аппаратно-программного комплекса «Экосан-2007». Повторные эксперименты проведены ровно через 6 лет. Полученные данные подвергнуты статистической обработке с помощью программ Biostat и Statistica. Выявлены некоторые особенности организма испытуемых, связанные с проживанием на Севере. У мужчин-северян снижены уровни соматического здоровья по шкале Апанасенко. При анализе показателей вариабельности сердечного ритма отмечалось напряжение регуляторных механизмов и преобладание центрального контура управления над автономным. При физической нагрузке выявили ухудшение регуляции гемодинамики. За 6 лет наблюдения произошло статистически значимое увеличение массы тела, реакции частоты сердечных сокращений на физическую нагрузку, биологического возраста и снижение уровня физического здоровья, что свидетельствует об ускоренном старении организма обследованной выборки северян. Возросло число лиц с преморбидным состоянием, и выявлен один случай со срывом адаптации, что говорит об увеличении напряжения регуляторных систем и снижении адаптационных возможностей организма.

Ключевые слова: мужчины, Север, эксперимент «Марс-500», физиологический статус, показатели соматического здоровья

THE LONGITUDINAL STUDY RESULTS OF THE PHYSIOLOGICAL STATUS OF MALE NORTHERNERS – PARTICIPANTS OF THE PROJECT “MARS-500”

Yu. G. Solonin, A. L. Markov, E. R. Bojko

Institute of Physiology, Komi Science Center, The Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

We studied physiological status and somatic health of 23 male volunteers (age 24-50 yrs) recruited as a “northern” control group for the experiment “Mars-500”. The study was performed using standardized methods, established by the Institute of Medical and Biological Problems of the RAS, using hardware and software complex “Ecosan-2007”. Repetitive experiments were carried out in 6 years. Collected data were processed using Biostat and Statistica statistical software. In the course of the study we found certain features in the physiological status and the somatic health of the participants related to their inhabitation in the North. We discovered that our volunteers had decreased somatic health levels according to the Apanasenko scale. Analyzing the heart rate variability in our subjects we observed tension in regulatory systems and a domination of the central regulation circuit over the autonomous circuit. Additionally our subjects showed a deterioration of the hemodynamics regulation under a physical load. After 6 years we observed statistically significant increases in the body mass, the heart rate after physical load, biological age, and significant decrease of the physical health, which indicate the accelerated ageing in the group of surveyed. A number of persons with premorbid status have increased, indicating the increased tension of the regulatory systems and the decrease in the adaptability potential.

Keywords: men, North, “Mars-500” project, physiological status, somatic health

Библиографическая ссылка:

Солонин Ю. Г., Марков А. Л., Бойко Е. Р. Результаты лонгитудинального наблюдения за физиологическим статусом мужчин-северян – участников проекта «Марс-500» // Экология человека. 2017. № 10. С. 39–45.

Solonin Yu. G., Markov A. L., Bojko E. R. The Longitudinal Study Results of the Physiological Status of Male Northerners - Participants of the Project “Mars-500”. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 10, pp. 39-45.

Масштабные наземные исследования по проекту «Марс-500» под эгидой Роскосмоса и Российской академии наук проводились как в условиях изоляции экспериментальной группы людей в макете «марсианского» корабля, так и в различных точках Земли в естественных условиях жизнедеятельности контрольных групп людей. Одна из таких групп испытуемых-добровольцев обследована на севере России в г. Сыктывкаре (62° с. ш.). Интересно было посмотреть, изменяются ли и в какую сторону функциональные показатели здоровья участников проекта за несколько лет. В литературе чаще встре-

чаются сведения об изменениях в организме людей трудоспособного возраста за 5-летний период. Было показано, что возрастает индекс массы тела (ИМТ) [17], уменьшаются временные и частотные показатели вариабельности сердечного ритма (BCP) [16], ухудшается состояние спины [20].

Целью настоящей работы является изучение и оценка антропометрических, физиологических параметров и показателей соматического здоровья контрольной группы мужчин-северян, обследованных дважды с интервалом в 6 лет.

Методы

Работа выполнена под руководством головной организации проекта «Марс-500» – Института медико-биологических проблем Российской академии наук (Москва) по единой методике, аналогичной исследованиям, проводимым в основном эксперименте в гермокамере макета «марсианского» корабля (научный руководитель кардиологического направления спутникового эксперимента – д. м. н. профессор Р. М. Баевский).

Первоначально обследованы 26 мужчин г. Сыктывкара в возрасте 24–49 лет, из которых в дальнейшем было отобраны 23 добровольца. Исследование мужчин-северян проведено в два этапа: первое обследование (январь – февраль 2010 г.) и второе обследование (январь – февраль 2016 г.).

При выборе участников эксперимента руководствовались следующими требованиями: должно быть не менее 20 мужчин-добровольцев в возрасте 24–49 лет, практически здоровых, прошедших полное поликлиническое обследование, постоянных жителей г. Сыктывкара, работающих в дневную смену. Последнее обстоятельство определило выбор профессий: офисные служащие МЧС ($n = 10$) и научные работники ($n = 13$). Все дали письменное согласие на добровольное участие в эксперименте. Исследование одобрено локальным комитетом по биоэтике при ИФ Коми НЦ УрО РАН.

В эксперименте использовали прибор «Экосан-2007» (Медицинские компьютерные системы, г. Зеленоград), включающий в себя аппаратно-программные комплексы «Кардивар» (анализ ВСР) и «КардиоВизор-06» (дисперсионное картирование электрокардиограммы – ДК ЭКГ). Анализ ВСР проводили в соответствии с рекомендациями группы российских экспертов [2]. Вычисляли следующие показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС), квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD), число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве ($pNN50$), стандартное отклонение всего массива динамического ряда R-R интервалов (SDNN), стресс-индекс или индекс напряжения регуляторных систем (SI), суммарную мощность спектра во всех частотных диапазонах (TP), мощность спектра высокочастотного компонента (HF), мощность спектра низкочастотного компонента (LF), мощность спектра очень низкочастотного компонента ВСР (VLF), доли HF, LF и VLF в общей мощности спектра (в процентах), отношение средних значений низкочастотного и высокочастотного компонента ВСР (LF/HF), индекс централизации (IC) и показатель активности регуляторных систем (ПАРС). С помощью системы скрининга сердца «КардиоВизор-06» регистрировали индексы ДК ЭКГ «Миокард» и «Ритм».

У добровольцев измеряли общепринятые антропометрические параметры длины и массы тела, а

также рассчитывали ИМТ. Систолическое (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД) и ЧСС определяли с помощью автоматического тонометра UA-767 (A&D Company Ltd., Japan). Рассчитывали следующие показатели: пульсовое давление (ПД), среднединамическое давление по Хикему (СДД), двойное произведение по Робинсону (ДП), ударный объем крови (УО) по Старру, минутный объем кровообращения (МОК), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) по Пуазейлю, индекс функциональных изменений (ИФИ), вегетативный индекс Кердо (ВИК), индекс Скибинской (ИС), кардиореспираторный индекс Самко (КРИС), уровень физического здоровья (УФЗ) по Апанасенко [1]. Силу правой и левой кистей определяли пружинным динамометром. Проводили пробу с задержкой дыхания (проба Штанге). Жизненную емкость легких (ЖЕЛ) определяли сухим спирометром и рассчитывали «жизненный индекс» (ЖИ) – отношение ЖЕЛ к массе тела. Максимальное давление выдоха (МДВ) измеряли с помощью тонометра. Определяли ЧСС при кратковременной физической нагрузке (проба Мартине – Кушелевского). Добровольцы заполняли опросник о самочувствии, жалобах, состоянии здоровья и образе жизни. Исследование проводили в помещении, изолированном от шума. Участники перед началом эксперимента проходили период адаптации к окружающим условиям в течение 5–10 минут.

В оба этапа исследования фиксировали метеорологические данные в помещении (температура и относительная влажность воздуха, атмосферное давление) и на улице (температура воздуха). Температуру воздуха в помещении и на улице измеряли ртутным термометром. Относительную влажность воздуха в помещении – гигрометром М-19, а атмосферное давление – барометром-анероидом М 67.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью программ Statistica (версия 6.0, StatSoft Inc, 2001). Проводили проверку выборки на нормальность распределения вариантов с использованием критерия Шапиро – Уилка. Статистическую значимость различий между изучаемыми выборками по анализируемым показателям оценивали с помощью критерия Уилкоксона. Различия считали значимыми при $p < 0,05$ [12]. Результаты исследования представлены в виде среднего значения показателя и стандартного отклонения ($M \pm SD$), в случае асимметричного распределения вместо них использованы медиана (Me) и 25-й и 75-й перцентили.

В табл. 3 и 5 представлено число лиц с увеличением, снижением значений физиологических параметров или отсутствием их изменений через 6 лет после первого обследования. В группу «Нет изменений» попадали добровольцы, у которых во время второго эксперимента показатели ВСР находились в пределах $\pm 5\%$ от значений первого; для остальных параметров $\pm 3\%$.

Результаты

Из табл. 1 следует, что погодные условия в атмосфере и микроклимат в помещении на обоих этапах обследования были идентичными.

Таблица 1
Метеорологические параметры во время исследований, М ± SD

Параметр	2010 г.	2016 г.
Температура воздуха на улице, °С	-15,4±5,0	-15,6±8,3
Температура воздуха в помещении, °С	22,0±1,0	21,7±1,1
Относительная влажность воздуха, %	32,2±9,1	34,9±3,9
Атмосферное давление, мм рт. ст.	752,0±9,5	749,0±7,6

По данным анкетирования, у большинства северян было «хорошее» самочувствие, «нормальное» психологическое состояние, отклонения в питании или сне (наличие грудных детей в семье) наблюдались лишь в единичных случаях. Вредные привычки (курение, алкоголь) отмечены у 6 человек, стресс на работе – у 5.

Большинство обследованных мужчин имели рост «средний» или «выше среднего» (табл. 2). Масса тела и ИМТ у значительной части из них превышала норматив. В ходе первого обследования у добровольцев выявлено, что большинство физиометрических параметров, а также проба Штанге находились в пределах нормативов. Лишь ЖИ и УФЗ имели низкие значения.

Таблица 2
Функциональные показатели у мужчин-северян в разные годы, М ± SD

Параметр	Первое обследование (2010 г.)	Второе обследование (2016 г.)	р
Возраст, лет	32,7±6,76	38,6±6,76	0,0001
Биологический возраст, лет	32,0±8,11	40,4±7,40	0,0001
Рост, см	174,2±6,03	173,8±6,26	0,088
Масса тела, кг	81,0±12,20	83,6±15,04	0,018
ИМТ, кг/м ²	26,6±3,38	27,6±4,27	0,012
САД, мм рт. ст.	123±7,4	127±11,1	0,072
ДАД, мм рт. ст.	77±7,1	74±9,9	0,122
ЧСС, уд./мин:			
исходная	70±6,9	67±10,1	0,237
при нагрузке	84±12,0	91±11,7	0,012
рабочий прирост	14±11,2	24±7,5	0,007
ПД, мм рт. ст.	46±7,1	52±9,0	0,001
ДП, усл. ед.	85±8,5	85±15,0	0,677
СДД, мм рт. ст.	92,2±6,41	91,6±9,39	0,677
УО, мл	57,1±8,90	58,6±10,86	0,301
МОК, мл	3994±829	3936±935	0,648
ОПСС, дин × с × см ⁻⁵	1947±540	2018±773	0,447
ИФИ, усл. ед.	2,47±0,23	2,56±0,33	0,052

Продолжение таблицы 2

Параметр	Первое обследование (2010 г.)	Второе обследование (2016 г.)	р
Миокард, %	13,7±3,63	14,1±4,65	0,472
Ритм, %	17,5±10,68	27,9±13,25	0,002
ЖЕЛ, мл	4156±645	4219±669	0,372
ЖИ, мл/кг	51,9±8,53	51,5±9,98	0,761
МДВ, мм рт. ст.	126,5±38,27	134,1±39,85	0,158
Проба Штанге, с	72,9±19,1	71,0±15,2	0,426
ИС, баллы	43,5±12,1	45,2±12,5	0,211
КРИС, усл. ед.	1,01±0,17	1,07±0,18	0,004
Сила правой кисти, кг	47,8±7,46	50,3±6,00	0,005
Сила левой кисти, кг	45,1±9,04	46,7±7,21	0,110
ВИК, %	-12,2±19,1	-13,2±22,1	0,211
УФЗ, баллы	3,87±3,55	2,57±4,19	0,009

За 6-летний период произошли некоторые изменения в физиологическом статусе организма северян. По большинству данных не установлено статистически значимых сдвигов. Однако по ряду показателей выявлены существенные изменения. Статистически значимо увеличилось возраст, биологический возраст, масса тела, ИМТ, ПД, индекс «Ритм», КРИС, сила правой руки, ЧСС при нагрузке и ее рабочий прирост и уменьшилось значение УФЗ.

Индивидуальный анализ данных показал, что у добровольцев через 6 лет после первого обследования часто отмечаются разнонаправленные сдвиги параметров (табл. 3). Например, значения МОК у 8 участников повысились по сравнению с первым обследованием, в то время как у 9 северян снизились, у 6 человек изменения отсутствовали. Однако по ряду параметров выявлены однонаправленные сдвиги. Значения индекса «Ритм», САД, ДП, ОПСС, ИФИ, КРИС, МДВ, силы правой и левой руки у большинства обследованных лиц возросли, а ДАД, исходная ЧСС, ИС, ВИК, УФЗ, проба Штанге – снизились.

Таблица 3
Изменения антропометрических и физиометрических показателей через 6 лет у 23 мужчин-северян, число лиц

Параметр	Увеличение	Снижение	Нет изменений (±3 %)
Масса тела, кг	10	2	11
ИМТ, кг/м ²	11	2	10
САД, мм рт. ст.	12	5	6
ДАД, мм рт. ст.	5	10	8
ЧСС, уд./мин:			
ДП, усл. ед.	13	7	3
СДД, мм рт. ст.	7	8	8
УО, мл	12	8	3
МОК, мл	8	9	6
ОПСС, дин × с × см ⁻⁵	14	8	1
ИФИ, усл. ед.	12	6	5

Продолжение таблицы 3

Параметр	Увеличение	Снижение	Нет изменений (±3 %)
Миокард, %	10	8	5
Ритм, %	19	4	0
ЖЕЛ, мл	8	5	10
ЖИ, мл/кг	7	10	6
МДВ, мм рт. ст.	15	7	1
Проба Штанге, с	7	11	5
ИС, баллы	8	12	3
КРИС, усл. ед.	14	5	4
Сила правой кисти, кг	13	5	5
Сила левой кисти, кг	17	2	4
ВИК, %	7	16	0
УФЗ, баллы	4	17	2

Таблица 4

Показатели вариабельности сердечного ритма у мужчин-северян в разные годы (медиана и 25-й и 75-й центили)

Параметр	Первое обследование (2010 г.)	Второе обследование (2016 г.)	p
ЧСС, уд./мин	72,00 (67–76)	74,00 (64–79)	0,574
RMSSD, мс	31,00 (28,00–35,50)	29,00 (19,50–39,00)	0,574
pNN50, %	10,40 (5,65–13,70)	7,60 (2,90–14,90)	0,465
SDNN, мс	41,70 (37,99–53,80)	43,47 (30,27–52,82)	0,362
SI, усл. ед.	102,00 (66,50–123,00)	104,00 (65,00–187,50)	0,287
TP, мс ²	1515,09 (1153,66–1801,81)	1576,62 (616,40–2274,58)	0,394
HF, мс ²	377,02 (266,15–509,91)	348,10 (136,15–508,69)	0,287
LF, мс ²	441,90 (290,95–825,72)	400,88 (221,85–596,04)	0,212
VLF, мс ²	245,13 (159,78–391,16)	192,38 (126,47–569,98)	0,879
ULF, мс ²	243,39 (173,76–357,29)	243,41 (70,47–342,76)	0,362
HF%	31,90 (23,80–39,55)	30,20 (20,50–39,05)	0,999
LF%	39,90 (33,65–56,85)	36,50 (30,80–49,70)	0,191
VLF%	21,40 (15,90–27,25)	24,10 (16,20–36,80)	0,394
LF/HF, усл. ед.	1,26 (0,89–2,50)	1,14 (0,80–2,23)	0,523
IC, усл. ед.	2,13 (1,53–3,21)	2,31 (1,56–3,90)	0,681
ПАРС, баллы	2,00 (1,00–4,00)	3,00 (2,00–6,00)	0,136

Результаты анализа ВСР представлены в табл. 4. При первом обследовании у добровольцев параметры ВСР находились в пределах нормативов (исключение pNN50 и HF, %). При втором обследовании не выявлено значимых изменений показателей ВСР. При индивидуальном анализе полученных данных (табл. 5) обнаружено, что у более половины участников экс-

перимента временные (pNN50, RMSSD, SDNN) и ряд спектральных (TP, HF, LF, LF%, LF/HF) параметров ВСР снижались к повторному обследованию. Также отмечено, что возросло число лиц с увеличившимися значениями SI и VLF%.

Таблица 5

Изменения показателей вариабельности сердечного ритма через 6 лет у 23 мужчин-северян, число лиц

Параметр	Увеличение	Снижение	Нет изменений (±5 %)
ЧСС, уд./мин	9	7	7
RMSSD, мс	9	11	3
pNN50, %	10	13	0
SDNN, мс	9	13	1
SI, усл. ед.	13	8	2
TP, мс ²	9	13	1
HF, мс ²	9	14	0
LF, мс ²	8	14	1
VLF, мс ²	11	12	0
HF%	10	11	2
LF%	7	15	1
VLF%	12	10	1
LF/HF, усл. ед.	8	12	3
IC, усл. ед.	11	10	2
ПАРС, баллы	11	6	6

При первом обследовании состояние нормы (по значениям ПАРС) выявлено у 69,6 % добровольцев, донозологические и преморбидные состояния – у 21,7 и 8,7 % соответственно. При повторном обследовании состояние нормы отмечено у 65,2 % лиц, донозологические состояния – у 4,3 %, преморбидные – у 26,2 %, срыв адаптации – у 4,3 %.

Обсуждение результатов

По силе кисти и СИ основная масса добровольцев имеет «низкие» показатели, а по ЖЕЛ и ЖИ – показатели «ниже средних», что характерно для северян, проживающих на более высоких широтах. Результаты проб с задержкой дыхания оказались в целом «хорошими», а ИС был «нормальным», что позволяет говорить о достаточном кардиореспираторном резерве отобранного контингента северян.

В соответствии с данными Всероссийского научного общества кардиологов, значения САД и ДАД у северян были в пределах «оптимальных» и «нормальных» величин. Нормальными также следует признать и значения ЧСС и ДП. Уровень ВИК в покое до начала инструментального исследования у многих испытуемых имел отрицательные значения, что указывало на парасимпатическую направленность влияния на кровообращение. Индекс функциональных изменений у большинства мужчин-северян говорил об «удовлетворительной адаптации», а у некоторых из них имело место «напряжение механизмов адаптации».

Значения УФЗ по Апанасенко свидетельствовали о «низком» уровне соматического здоровья. Только у 5 человек УФЗ был «средним» (7 и более баллов).

При выполнении кратковременной физической нагрузки значения ЧСС возросли с $(70,0 \pm 6,9)$ до $(84,0 \pm 12,0)$ уд./мин. Такие изменения ЧСС (более 10 уд./мин) говорят о повышенной реактивности гемодинамики и о сниженной физической способности. Повышенная реактивность гемодинамики у северян свидетельствует о неадекватной реакции механизмов регуляции кровообращения. Восстановление показателей ЧСС происходит на 2–3-й минуте, для ЧСС [1] такая реакция оценивается как «ниже среднего», т. е. налицо инерционность механизмов кровообращения.

Классические лонгитудинальные исследования шведских физиологов показали, что функции кровообращения и дыхания неуклонно ухудшаются за 13 лет [18] и уменьшается максимальное потребление кислорода в среднем на 20 % за 20 лет [15] в результате детренированности. Во время 5-летних наблюдений обнаружено повышение ИМТ [17]. Другое исследование выявило, что за 5 лет у молодых лиц не было ухудшения, а у лиц в возрасте 54–59 лет проявилось нарушение состояния спины [20]. При 5-летнем наблюдении за активными лицами в возрасте 20–80 лет было установлено, что снижение массы тела позитивно влияет на артериальное давление и риск развития сердечно-сосудистой патологии [19].

Что касается жителей Севера, то по ним имеются противоречивые данные. С одной стороны, не обнаружено значимых различий в гемодинамике в возрастном диапазоне 25–55 лет у мужчин в Тюменской области [11]. С другой стороны, выявлено увеличение скорости старения пришлого населения Севера по сравнению с жителями средних широт по данным смертности и заболеваемости сердечно-сосудистыми заболеваниями [4, 6, 9, 13] и ускорение процессов старения функций внешнего дыхания как по возрастам, так и по северному стажу в диапазоне 5–10 лет [7]. Наши данные по изменениям ИМТ, УФЗ, реакции ЧСС на физическую нагрузку, биологического возраста за 6 лет подтверждают выводы последних авторов об ускоренном старении организма северян.

Сдвиги остальных показателей говорят об ухудшении физиологического статуса организма по мере его постарения на 6 лет. Наряду с усилением реакции ЧСС на нагрузку увеличилось и время восстановления ее после нагрузки. Если в 2010 г. у большинства испытуемых восстановление длилось в среднем 2–3 минуты, то в 2016 г. — в среднем 3–4 минуты, что свидетельствует о дальнейшем ухудшении механизмов регуляции хронотропной функции сердца.

Дисперсионное картирование ЭКГ является новым методом, который используется в кардиологической практике с целью раннего выявления нарушений электрофизиологических свойств миокарда [5]. Большинство авторов говорят о том, что индекс «Миокард» увеличивается с возрастом [3]. Однако ряд работ свидетельствует об отсутствии изменений «Миокарда»

с возрастом [10]. В ходе обоих обследований нами отмечено, что среднегрупповые значения данного индекса находились в пределах норматива. Однако, по результатам повторного обследования, увеличилось количество лиц с превышениями верхней границы норматива, что говорит о преходящих эпизодах кратковременного увеличения дисперсионных характеристик или об изменении обменно-энергетических процессов в миокарде. Индекс «Ритм», отражающий характеристику ВСП и степень напряжения регуляторных систем, через 6 лет после первого обследования существенно возрос и превысил границу норматива. Следует отметить, что данная динамика отмечена у подавляющего большинства обследованных лиц.

По данным многих авторов [16, 23], ВСП снижается при увеличении возраста. При старении ослабляются рефлекторные влияния на сердечно-сосудистую систему, снижается тонус вегетативной нервной системы (ВНС) [23] со смещением вегетативного баланса в сторону усиления активности симпатической нервной системы [22]. Уменьшается дыхательная синусная аритмия [21], нарушается барорефлекторная регуляция [16], ослабевает чувствительность синусного узла сердца к вегетативным влияниям [8].

У группы мужчин-северян при повторном обследовании не выявлено существенных изменений в ВСП. Однако при индивидуальном анализе данных у более чем половины добровольцев выявлено снижение ВСП и роли парасимпатического звена ВНС в регуляции ритма сердца (табл. 5). Yukishita T. et al. [22] показали уменьшение парасимпатической активности у мужчин после 30 лет вследствие снижения физической жизнеспособности. Увеличение SI у большинства добровольцев может свидетельствовать о смещении вегетативного баланса в сторону симпатического отдела ВНС.

В исследованиях В. Н. Швалева и Н. А. Тарского [14] показано, что с четвертого десятилетия жизни процесс управления сердцем посредством нервных структур постепенно заменяется менее специфичным и избирательным — гуморальным регулированием. Исходя из значений VLF%, у некоторых лиц при повторном наблюдении также отмечалось повышение роли нейрогуморального и метаболического уровней в регуляции ритма сердца.

Через 6 лет после первого обследования число лиц с состоянием нормы (исходя из значений ПАРС) находилось примерно на одном уровне с началом исследования, однако количество добровольцев с донологическими состояниями снижалось, а с преморбидными состояниями увеличивалось. Кроме того, выявлен один случай со срывом адаптации. Таким образом, у ряда мужчин-северян в ходе второго обследования отмечено увеличение напряжения регуляторных систем и снижение адаптационных возможностей организма.

Выявленное у ряда добровольцев улучшение показателей ВСП мы связываем с отказом от вредных привычек (курение, употребление алкоголя), а также

с увеличением числа лиц, занятых спортом и физической культурой. Известно, что физическая нагрузка приводит к возрастанию ВСР.

При анализе стандартных отклонений (см. табл. 2) или центильных интервалов (см. табл. 4) видно, что у подавляющего большинства показателей за 6-летний период увеличивается разброс (колеблемость или вариабельность). Это свидетельствует о том, что одна и та же выборка со временем стала более разнородной. Разброс стал меньше только по данным пробы Штанге, силовым показателям, биологическому возрасту, некоторым показателям ВСР: LF и LF/HF.

Выводы

Контрольная группа мужчин-северян, участников проекта «Марс-500», характеризуется повышенными значениями ИМТ и низкими ЖИ, сниженными уровнями соматического здоровья по шкале Апанасенко. У большинства обследованных в покое по данным ВСР, ИФИ, IC и ПАРС отмечается напряжение регуляторных механизмов, повышение расхода функциональных резервов и преобладание центрального контура регуляции над автономным. Усреднение полученных данных ВСР в неполной мере отражает возрастные изменения в регуляции ритма сердца. При кратковременной физической нагрузке наблюдается избыточная реакция ЧСС и инерционность восстановления, что говорит об ослабленных механизмах регуляции гемодинамики у мужчин-северян. За 6 лет наблюдений по ряду показателей обнаруживается ухудшение физиологического статуса организма участников эксперимента, связанное с проживанием в суровых природно-климатических условиях.

Список литературы

1. Апанасенко Г. Л. Диагностика индивидуального здоровья // Гигиена и санитария. 2004. № 2. С. 55–58.
2. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В., Гаврилушкин А. П., Довгалецкий П. Я., Кукушкин Ю. А., Миронова Т. Ф., Прилуцкий Д. А., Семенов А. В., Федоров В. Ф., Флейшман А. Н., Медведев М. М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65–87.
3. Вишнякова Н. А. Возможности метода дисперсионного картирования ЭКГ для оценки распространенности сердечно-сосудистой и общей патологии при скрининговом обследовании населения: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2009. 26 с.
4. Дёмин А. В., Гудков А. Б., Грибанов А. В. Особенности постральной стабильности у мужчин пожилого и старческого возраста // Экология человека. 2010. № 12. С. 50–54.
5. Иванов Г. Г., Зенова Н. А., Рябыкина Г. В. Использование дисперсионного картирования ЭКГ для оценки электрофизиологических свойств миокарда у больных ИБС // Терапевт. 2010. № 9. С. 35–41.
6. Карпин В. А., Шувалова О. И., Гудков А. Б. Клиническое течение артериальной гипертензии в экологических условиях урбанизированного Севера // Экология человека. 2011. № 10. С. 48–52.
7. Ким Л. Б. Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск: Наука, 2015. 216 с.
8. Коркушко О. В. Сердечно-сосудистая система и возраст. М.: Медицина, 1983. 176 с.
9. Никитин Ю. П., Хаснулин В. И., Гудков А. Б. Современные проблемы северной медицины и усилия учёных по их решению // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014. № 3. С. 63–72.
10. Рябыкина Г. В., Сахнова Т. А., Соболев А. В. Развитие методов исследования электрического поля сердца в Отделе новых методов диагностики // Кардиологический вестник. 2010. Т. 5, № 17. № 1. С. 56–61.
11. Соловьёва С. В., Панин С. В., Наймушина А. Г. Физиологические механизмы компенсаторно-приспособительных реакций системы кровообращения у жителей Севера Тюменской области и г. Тюмени // Фундаментальные исследования. 2010. № 7. С. 76–80.
12. Унгуриян Т. Н., Гржибовский А. М. Краткие рекомендации по описанию, статистическому анализу и представлению данных в научных публикациях // Экология человека. 2011. № 5. С. 55–60.
13. Четчикова И. И. Особенности процессов старения трудоспособного населения на Севере: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 2010. 26 с.
14. Швалев В. Н., Тарский Н. А. Феномен ранней возрастной инволюции симпатического отдела вегетативной нервной системы // Кардиология. 2001. Т. 41, № 2. С. 10–14.
15. Astrand I., Astrand P.-O., Hallback I., Kilbom A. Reduction in maximal oxygen uptake with age // J. Appl. Physiol., 1973. Vol. 35, N 5. P. 649–654.
16. Boettger M. K., Schulz S., Berger S., Tancer M., Yeragani V. K., Voss A., Bär K. J. Influence of age on linear and nonlinear measures of autonomic cardiovascular modulation // Ann. Noninvasive Electrocardiol. 2010. Vol. 15, N 2. P. 165–174.
17. Erber Oakkar E., Stevens J., Bradshaw P. T., Cai J., Ferreira K. M., Popkin B. M., Gordon-Larsen P., Young D. R., Ghai N. R., Caan B., Quinn V. P. Longitudinal study of acculturation and BMI change among Asian American men // Prev. Med. 2015. Vol. 73. P. 15–21.
18. Kanstrup I. L., Ekblom B. Influence of age and physical activity on central hemodynamics and lung function in active adults // J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exerc. Physiol. 1978. Vol. 45, N 5. P. 709–717.
19. Marcus M. R., Itterman T., Baumeister S. E., Troitzsch P., Schipf S., Lorbeer R., Aumann N., Wallaschofski H., Dörr M., Rettig R., Völzke H. Long-term changes in body weight are associated with changes in blood pressure levels // Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. 2015. Vol. 25, N 3. P. 305–311.
20. Reigo T., Tropp H., Timpa T. Absence of back disorders in adults and work-related predictive factors in a 5-year perspective // Eur. Spine. J. 2001. Vol. 10, N 3. P. 215–221.
21. Yeragani V. K., Sobolewski E., Kay J., Jampala V. C., Igel G. Effect of age on long-term heart rate variability // Cardiovasc. Res. 1997. Vol. 35, N 1. P. 35–42.
22. Yukishita T., Lee K., Kim S., Yumoto Y., Kobayashi A., Shirasawa T., Kobayashi H. Age and sex-dependent alterations in heart rate variability: profiling the characteristics of men and women in their 30s // Anti-Aging Medicine. 2010. Vol. 7, N 8. P. 94–100.
23. Zhang J. Effect of age and sex on heart rate variability

in healthy subjects // *J. Manipul. Physiol. Ther.* 2007. Vol. 30, N 5. P. 374–379.

References

1. Apanasenko G. L. Diagnosis of individual health. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2004, 2, pp. 55-58. [in Russian]
2. Baevskii R. M., Ivanov G. G., Chireikin L. V., Gavrilushkin A. P., Dovgalevskii P. Ya., Kukushkin Yu. A., Mironova T. F., Prilutskii D. A., Semenov A. V., Fedorov V. F., Fleishman A. N., Medvedev M. M. Heart rate variability analysis under the usage of different electrocardiography systems. *Vestnik aritmologii* [Journal of Arrhythmology]. 2002, 24, pp. 65-87. [in Russian]
3. Vishnyakova N. A. *Vozmozhnosti metoda dispersionnogo kartirovaniya EKG dlya otsenki rasprostranennosti serdechno-sosudistoi i obshchei patologii pri skriningovom obsledovanii naseleniya (avtoref. kand. diss.)* [Features ECG dispersion mapping method to estimate the prevalence of cardiovascular disease and the general population by screening. Authors Abstract of Cand. Diss.]. Moscow, 2009, 26 p.
4. Demin A. V., Gudkov A. B., Griбанov A. V. Features of postural balance in elderly and old men. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010, 12, pp. 50-54. [in Russian]
5. Ivanov G. G., Zenova N. A., Ryabykina G. V. Dispersive electrocardiogram mapping use for estimation of electrophysiological myocardium characteristics in heart ischemic patients. *Terapevt* [Therapist]. 2010, 9, pp. 35-41. [in Russian]
6. Karpin V. A., Shuvalova O. I., Gudkov A. B. Essential hypertension course in ecological conditions of urban North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 10, pp. 48-52. [in Russian]
7. Kim L. B. *Transport kisloroda pri adaptatsii cheloveka k usloviyam Arktiki i kardiorespiratornoi patologii* [Transport of oxygen at human adaptation to the Arctic and cardio respiratory pathology]. Novosibirsk, Nauka, 2015, 216 p.
8. Korkushko O. V. *Serdechno-sosudistaya sistema i vozrast* [Cardiovascular system and age]. Moscow, Meditsina Publ., 1983, 176 p.
9. Nikitin Yu. P., Khasnulin V. I., Gudkov A. B. Contemporary problems of Northern medicine and researchers' efforts to solve them. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki* [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series: Medical and biological sciences]. 2014, 3, pp. 63-72. [in Russian]
10. Ryabykina G. V., Sakhnova T. A., Sobolev A. V. Development of cardiac electrical field studies at the Department of New Diagnostic Methods. *Kardiologicheskii vestnik* [Cardiology bulletin]. 2010, 5 (17), 1, pp. 56-61. [in Russian]
11. Solov'eva S. V., Panin S. V., Naimushina A. G. Physiological mechanisms of kompensatornoadaptive reactions of system of blood circulation at inhabitants of the north of the tyumen region and tyumen. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2010, 7, pp. 76-80. [in Russian]
12. Unguryanu T. N., Grjibovski A. M. Brief recommendations on description, analysis and presentation of data in scientific papers. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 5, pp. 55-60. [in Russian]
13. Chechetkina I. I. *Osobennosti protsessov stareniya trudosposobnogo naseleniya na Severe (avtoref. kand. diss.)* [Features of the working age population aging in the North. Authors Abstract of Cand. Diss.]. Novosibirsk, 2010, 26 p.
14. Shvaley V. N., Tarskii N. A. The phenomenon of early age involution of the sympathetic division of the autonomic nervous system. *Kardiologiya* [Cardiology]. 2001, 41 (2), pp. 10-14. [in Russian]
15. Astrand I., Astrand P.-O., Hallback I., Kilbom A. Reduction in maximal oxygen uptake with age. *J. Appl. Physiol.* 1973, 35 (5), pp. 649-654.
16. Boettger M. K., Schulz S., Berger S., Tancer M., Yeragani V. K., Voss A., Bär K. J. Influence of age on linear and nonlinear measures of autonomic cardiovascular modulation. *Ann. Noninvasive Electrocardiol.* 2010, 15 (2), pp. 165-174.
17. Erber Oakkar E., Stevens J., Bradshaw P. T., Cai J., Perreira K. M., Popkin B. M., Gordon-Larsen P., Young D. R., Ghai N. R., Caan B., Quinn V. P. Longitudinal study of acculturation and BMI change among Asian American men. *Prev. Med.* 2015, 73, pp. 15-21.
18. Kanstrup I. L., Ekblom B. Influence of age and physical activity on central hemodynamics and lung function in active adults. *J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exerc. Physiol.* 1978, 45 (5), pp. 709-717.
19. Marcus M. R., Itterman T., Baumeister S. E., Troitzsch P., Schipf S., Lorbeer R., Aumann N., Wallaschofski H., Dörr M., Rettig R., Völzke H. Long-term changes in body weight are associated with changes in blood pressure levels. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2015, 25 (3), pp. 305-311.
20. Reigo T., Tropp H., Timpka T. Absence of back disorders in adults and work-related predictive factors in a 5-year perspective. *Eur. Spine. J.* 2001, 10 (3), pp. 215-221.
21. Yeragani V. K., Sobolewski E., Kay J., Jampala V. C., Igel G. Effect of age on long-term heart rate variability. *Cardiovasc. Res.* 1997, 35 (1), pp. 35-42.
22. Yukishita T., Lee K., Kim S., Yumoto Y., Kobayashi A., Shirasawa T., Kobayashi H. Age and sex-dependent alterations in heart rate variability: profiling the characteristics of men and women in their 30s. *Anti-Aging Medicine.* 2010, 7 (8), pp. 94-100.
23. Zhang J. Effect of age and sex on heart rate variability in healthy subjects. *J. Manipul. Physiol. Ther.* 2007, 30 (5), pp. 374-379.

Контактная информация:

Солонин Юрий Григорьевич — доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН «Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН»
Адрес: 167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50
E-mail: solonin@physiol.komisc.ru