

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ EXPERIMENTAL RESEARCHES

ИЗМЕНЕНИЕ ПАТТЕРНА НАРУШЕНИЙ СНА У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ В УСЛОВИЯХ 21-СУТОЧНОЙ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ГИПОКИНЕЗИИ

Ковров Г.В.¹,
Власова А.В.^{1,2},
Попова О.В.¹,
Черникова А.Г.¹

¹ ФГБУН Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук (123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, 76а, Россия)

² ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет) (119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Власова Алиса Вадимовна,
e-mail: vav.vav.va@yandex.ru

РЕЗЮМЕ

Обоснование. Антиортостатическая гипокинезия (АНОГ) воспроизводит некоторые эффекты воздействия невесомости на организм человека и применяется для изучения адаптации к условиям космического полёта. Известно, что АНОГ влияет на ночной сон, но в литературе отсутствуют сведения о последовательности возникновения нарушений сна при АНОГ.

Цель работы. Изучение динамики субъективных изменений оценки качества сна в условиях антиортостатической гипокинезии.

Материалы и методы. В эксперименте с 21-суточной АНОГ участвовали 6 здоровых мужчин-добровольцев (возраст от 26 до 34 лет). Они находились на медицинской кровати с углом наклона тела относительно горизонта –6° в течение 21 суток. Для оценки качества сна был использован структурированный опросник, оценивающий продолжительность сна, скорость засыпания, ночные пробуждения, наличие дневной сонливости, дневных засыпаний.

Результаты. На основании оценки динамики индекса эффективности сна (ИЭС) было выделено 3 этапа адаптации. На этапе острой адаптации (первые 3 суток) происходит снижение ИЭС с 96,4 до 91,3 ($p < 0,01$), статистически значимое удлинение засыпания с 17,6 до 33,6 мин ($p < 0,01$), увеличение продолжительности ночных пробуждений до 17,4 мин, усиление дневной сонливости на 11 %. В следующие 3 суток («восстановительный» этап) отмечается статистически значимое увеличение ИЭС по сравнению с 1-м этапом до 94,7 ($p < 0,01$), но он остаётся статистически значимо ниже фоновых значений ($p < 0,004$). Возрастает количество жалоб на дневную сонливость (до 42 %), сроки вечернего отбоя смещаются позже на 26 минут. На 3-м этапе (оставшиеся ночи) происходит относительная стабилизация цикла «сон – бодрствование».

Заключение. В условиях 21-суточной АНОГ происходит постепенное изменение паттерна нарушений сна. Наиболее негативные в плане субъективной оценки изменения отмечались в первые 3 дня. Затем отмечается улучшение засыпания, снижение ночных пробуждений в сочетании с увеличением дневной сонливости и формированием режима с более поздним отбоем.

Ключевые слова: антиортостатическая гипокинезия, сон, космический полёт, индекс эффективности сна

Статья поступила: 13.06.2023

Статья принята: 16.11.2023

Статья опубликована: 29.12.2023

Для цитирования: Ковров Г.В., Власова А.В., Попова О.В., Черникова А.Г. Изменение паттерна нарушений сна у здоровых людей в условиях 21-суточной антиортостатической гипокинезии. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(6): 241-248. doi: 10.29413/ABS.2023-8.6.24

CHANGES IN THE PATTERN OF SLEEP DISTURBANCES IN HEALTHY SUBJECTS UNDER 21-DAY ANTI-ORTHOSTATIC HYPOKINESIA

Kovrov G.V.¹,
Vlasova A.V.^{1,2},
Popova O.V.¹,
Chernikova A.G.¹

¹ State Scientific Center
of the Russian Federation – Institute
Biomedical Problems, Russian Academy
of Sciences (Khoroshevskoe Highway 76A,
Moscow 123007, Russian Federation)

² I.M. Sechenov First Moscow State
Medical University (Sechenov University)
(Trubetskaya str. 8 build. 2, Moscow 119991,
Russian Federation)

Corresponding author:
Alisa V. Vlasova,
e-mail: vav.vav.va@yandex.ru

ABSTRACT

Background. Antiorthostatic hypokinesia (ANOH) reproduces some of the effects of weightlessness on the human body and is used to study adaptation to space flight conditions. It is known that ANOH affects nighttime sleep, but there is no information in the literature on the sequence of occurrence of sleep disorders in ANOH.

The aim of the research was to study the dynamics of subjective changes in assessing sleep quality under conditions of antiorthostatic hypokinesia.

Materials and methods. Six healthy male volunteers (age from 26 to 34 years) participated in the experiment with 21-day ANOH. They were on a medical bed with a body inclination angle relative to the horizon of -6° for 21 days. To assess sleep quality, a structured questionnaire was used that assessed sleep duration, rate of falling asleep, night awakenings, the presence of daytime sleepiness, and daytime falling asleep.

Results. Based on the assessment of the dynamics of the sleep efficiency index (SEI), three stages of adaptation were identified. At the stage of acute adaptation (the first 3 days), there is a decrease in SEI from 96.4 to 91.3 ($p < 0.01$), a statistically significant prolongation of falling asleep from 17.6 to 33.6 minutes ($p < 0.01$), an increase duration of night awakenings up to 17.4 minutes, increase in daytime sleepiness by 11 %. In the next 3 days (the "recovery" stage), there is a statistically significant increase in SEI compared to the 1st stage to 94.7 ($p < 0.01$), but it remains statistically significantly lower than the background values ($p < 0.004$). The number of complaints about daytime sleepiness increases (up to 42 %), evening bedtime shifts later by 26 minutes. At the 3rd stage (the remaining nights) there is a relative stabilization of the sleep-wake cycle.

Conclusion. Under conditions of 21-day ANOH, a gradual change in the pattern of sleep disturbances occurs. The most negative changes in terms of subjective assessment were noted in the first three days. Then there is an improvement in falling asleep, a decrease in night awakenings, combined with an increase in daytime sleepiness and the formation of a schedule with a later bedtime.

Key words: antiorthostatic hypokinesia, sleep, space flight, sleep efficiency index

Received: 13.06.2023
Accepted: 16.11.2023
Published: 29.12.2023

For citation: Kovrov G.V., Vlasova A.V., Popova O.V., Chernikova A.G. Changes in the pattern of sleep disturbances in healthy subjects under 21-day antiorthostatic hypokinesia. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(6): 241-248. doi: 10.29413/ABS.2023-8.6.24

ВВЕДЕНИЕ

Сон поддерживает психофизиологический гомеостаз на должном уровне, играет важную роль в уровне физической и умственной работоспособности [1]. Во время космических полётов космонавты отмечают нарушения сна, которые со временем пребывания в космосе становятся меньше [2].

Изучение влияния условий космического полёта на сон человека проводится также в наземных модельных экспериментах. В частности, антиортостатическая гипокинезия (АНОГ) воспроизводит некоторые эффекты воздействия невесомости на организм человека и применяется для изучения адаптации к условиям космического полёта [3]. АНОГ является воздействием, нарушающим ночной сон. Известно, что пребывание человека в течение длительного времени с наклоном головы вниз уменьшает внутричерепную перфузию и приводит к застою в яремной вене [4, 5], снижению систолического артериального давления и урежению пульса [6], повышению внутричерепного давления [7]. Положение тела также оказывает влияние на отток ликвора и активности по выводу амилоида [8]. Ранее с проведением полисомнографии было показано, что в условиях АНОГ происходит удлинение латентных периодов 1-й, 2-й и 3-й стадий сна, увеличение продолжительности ночных пробуждений и 2-й стадии, а также уменьшение длительности 3-й стадии сна, стадии с быстрыми движениями глаз [9]. Изучение сна в первые сутки гипокинезии показало, что происходит уменьшение 3-й стадии сна, стадии сна с быстрыми движениями глаз, увеличение 1-й стадии, ухудшение субъективного качества сна [10, 11]. В другом исследовании отмечалось уменьшение 4-й стадии сна и увеличение частоты пробуждений во время экспериментального постельного режима при наклоне головы вниз на -6° [12, 13].

В одной из работ авторы отмечают, что в первые 3 суток АНОГ ночной сон, уровень дневной бодрости и психофизиологические функции не нарушались, хотя утром наблюдалось незначительное ухудшение функции внимания [13].

В условиях АНОГ, помимо ухудшения качества сна, также отмечаются дневные симптомы нарушения циркадианного ритма – появление сонливости, развитие физической и психической усталости [14].

Отсутствие в литературе сведений о последовательности в возникновении нарушений сна в период пребывания в АНОГ определило цель нашей работы как изучение динамики субъективных изменений оценки качества сна в условиях антиортостатической гипокинезии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование является открытым предэкспериментальным, проспективным. Проводилось за 5 дней до начала АНОГ (фоновая оценка) и ежедневно в условиях АНОГ в вечернее время (в течение 21 суток). В ис-

следованиях приняли участие 6 практически здоровых мужчин-добровольцев в возрасте от 24 до 40 лет (средний возраст – $29,8 \pm 4,6$ года ($M \pm SD$)) с массой тела $75,2 \pm 8,8$ кг, длиной тела $177,8 \pm 5,3$ см, индексом массы тела (ИМТ) $23,8 \pm 2,7$ кг/м². Все испытуемые прошли медицинский отбор врачебной экспертной комиссией ГНЦ РФ – ИМБП РАН, в ходе которого заболеваний и патологий, препятствующих участию в эксперименте, обнаружено не было. Перед включением в исследование каждый испытуемый подписывал добровольное информированное согласие на участие в эксперименте. Программа исследований была одобрена Комиссией по биомедицинской этике ФГБУН Государственного научного центра Российской Федерации – Института медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ – ИМБП РАН) (протокол № 621 от 8.08.2022). Критерием включения в исследование было заключение врачебно-экспертной комиссии и согласие на участие в исследовании.

Исследование проводилось на базе ГНЦ РФ – ИМБП РАН. Добровольцы находились в антиортостатическом положении на медицинской кровати с углом наклона тела относительно горизонта -6° , без физических упражнений и с умеренным ограничением движений в течение 21 суток.

Факторы окружающей среды: согласно циклограмме исследования, после 23:00 было произведено выключение света. Помимо этого, гаджеты были всё время рядом с испытуемыми, однако отслеживание их использования в ночное время не производилось.

В исследовании оценивали данные анкетирования, проведённого за 5 дней до начала АНОГ и ежедневно в условиях АНОГ в вечернее время (в течение 21 суток). Для выявления особенностей сна и бодрствования был специально разработан структурированный опросник (невалидизированный), где испытуемые в вечернее время отвечали на вопросы, связанные с качеством сна и особенностями цикла «сон – бодрствование». В его основу были заложены вопросы, отражающие основные характеристики качества сна (продолжительность сна, скорость засыпания, ночные пробуждения) и активности в период бодрствования (наличие дневной сонливости, дневных засыпаний, циркадианное распределение активности). Валидизацию опросник не проходил. Опросник представлен на рисунке 1 (невалидизированный).

Из полученных анкетных данных рассчитывался индекс эффективности сна (ИЭС) [1] как отношение времени от отбоя до окончательного пробуждения к этому же времени за вычетом длительности засыпания и ночных пробуждений. Остальные ответы на вопросы оценивались в баллах. Ответам, отражающим ухудшение качества сна и бодрствования, соответствовало увеличение балльных оценок.

Статистическая обработка осуществлялась в программе Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). При анализе использовался ранговый, количественный (ненормальное распределение) непараметрический критерий Манна – Уитни для сравнения несвязанных групп.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опрос испыателей выявил, что 5 из 6 здоровых добровольцев в первые дни эксперимента были обеспокоены длительным засыпанием и ночными пробуждениями. Нарушения сна испыатели связывали с неудобными условиями для сна и изменением горизонтальной оси тела, перераспределением жидкости в организме. В последующие дни пребывания в АНОГ проблемы со сном стали беспокоить их меньше.

По результатам анкетирования в течение всего срока АНОГ все добровольцы эпизодически отмечали трудности засыпания, ночные пробуждения, повышенную

дневную сонливость, сопровождающуюся дневным сном и дремотными состояниями.

Изучение особенностей сна на основании разработанной нами анкеты выявило, что в период 21-суточной АНОГ у испыателей установился режим со статистически значимо более поздним отбоем и более поздним утренним пробуждением по сравнению с фоновыми исследованиями. Данные представлены в таблице 1.

При анализе опросника выяснилось, что в условиях АНОГ было отмечено засыпание более 30 минут в 10 % ночей; в 24 % случаев время засыпания составило от 15 до 30 минут, и только в 66 % случаев продолжитель-

Сон

Вопросы, связанные со сном, относятся к прошедшему сну.

1. В какое время легли спать?
 - до 15 минут
 - до 30 минут
 - до 1 часа
 - больше часа
3. Пробуждения ночью больше 30 минут
 - 0 раз
 - 1 раз
 - 2 раза
 - более 2 раз
4. В какое время окончательно проснулись?

Бодрствование

Вопросы, связанные с бодрствованием, относятся к прошедшему дню.

1. Были ли у Вас дремотные состояния или дневной сон?
 - 0 раз
 - 1 раз
 - 2 и более раз
2. Была ли у Вас дневная сонливость
 - Да
 - Нет
3. Ваша активность в течение суток была выше
 - до 12:00
 - с 12 до 17:00
 - с 17:00

РИС. 1.

Структурированный опросник «Сон – бодрствование» (невалидизированный)

FIG. 1.

Structured “Sleep – wake” questionnaire (invalide)

ТАБЛИЦА 1

ОСНОВНЫЕ АНАЛИЗИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АНКЕТЫ «СОН – БОДРСТВОВАНИЕ»

TABLE 1

MAIN ANALYZED INDICATORS OF THE “SLEEP – WAKE” QUESTIONNAIRE

Показатели	Фоновые данные	Данные АНОГ	p
Отбой (астрономическое время)	23:35	00:47	0,001
Утреннее пробуждение (астрономическое время)	07:25	07:52	0,01
Время сна (без учёта времени засыпания и времени бодрствования в период ночных пробуждений), ч	7:08	7:15	0,90
Индекс эффективности сна, %	96,43	94,39	0,26
Время засыпания, ч	0:29	0:40	0,37
Представленность сонливости, %	33	63	0,044

ность засыпания оставалась в пределах нормы (кра-
тное руководство).

В ходе анализа количества пробуждений в услови-
ях АНОГ было выявлено, что в 10 % случаев испытуе-
мые отмечали ночные пробуждения продолжительно-
стью более 30 минут, а в 90 % случаях спали без длитель-
ных пробуждений.

Оценка особенностей дневного бодрствования по-
казала, что в течение всего срока АНОГ испытуемые от-
мечали повышенную дневную сонливость с периодиче-
скими дремотными состояниями. Наличие сонливости
и дневные засыпания во время бодрствования отмеча-
лись в 61 % случаев, а в 8 % случаев дневные засыпания
могли быть более 2 раз в сутки.

При оценке качества сна использовались показатели
ИЭС, время засыпания, время бодрствования во время
ночных пробуждений и дневная сонливость. Динамика
этих показателей представлена на рисунке 2.

Наихудшей ночью была первая ночь пребывания
в АНОГ. По сравнению с фоновыми данными за 5 суток
до начала АНОГ сон в первые сутки характеризовался
снижением ИЭС с 95 % до 84 % ($p = 0,013$), статистиче-
ски значимым удлинением засыпания с 17,55 до 42,1 мин

($p = 0,050$), увеличением продолжительности ночных
пробуждений с 4,8 до 34,8 мин.

На основании визуальной оценки динамики ИЭС,
времени засыпания, длительности ночных пробуждений
и представленности дневной сонливости было выделе-
но 3 этапа адапционных изменений цикла «сон – бодр-
ствование» в условиях 21-суточной АНОГ.

В таблице 2 представлены средние значения неко-
торых показателей, отражающих качество сна и бодр-
ствования, для выделенных этапов.

1-й этап – этап острой адаптации, где в течение пер-
вых 3 суток происходит снижение ИЭС с 96,4 до 91,3 %
($p < 0,01$), статистически значимое удлинение засыпа-
ния с 17,6 до 33,6 мин ($p < 0,01$), увеличение продолжи-
тельности ночных пробуждений до 17,4 мин; усиления
дневной сонливости не отмечается.

2-й этап – этап восстановления (последующие 3 су-
ток), где ИЭС статистически значимо увеличивается
по сравнению с 1-м этапом до 94,7 % ($p < 0,01$), но оста-
ётся статистически значимо меньше, чем был в фоне
($p < 0,004$). Возрастает число случаев возникновения
дневной сонливости на 38 %, сроки вечернего отбоя
становятся ещё позже на 26 мин.

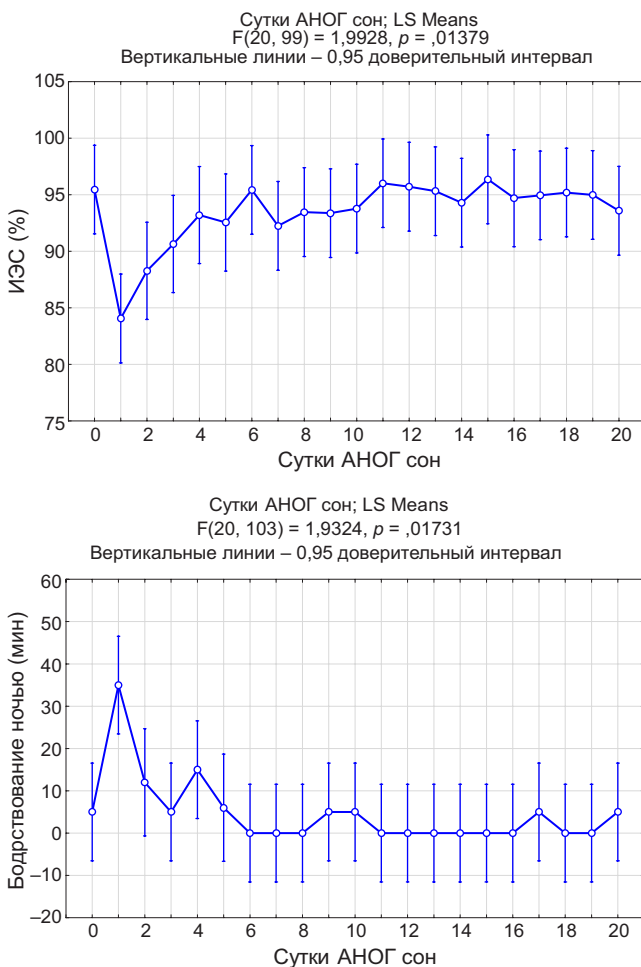


РИС. 2.
Изменения характеристик сна и бодрствования в условиях
21-суточной АНОГ

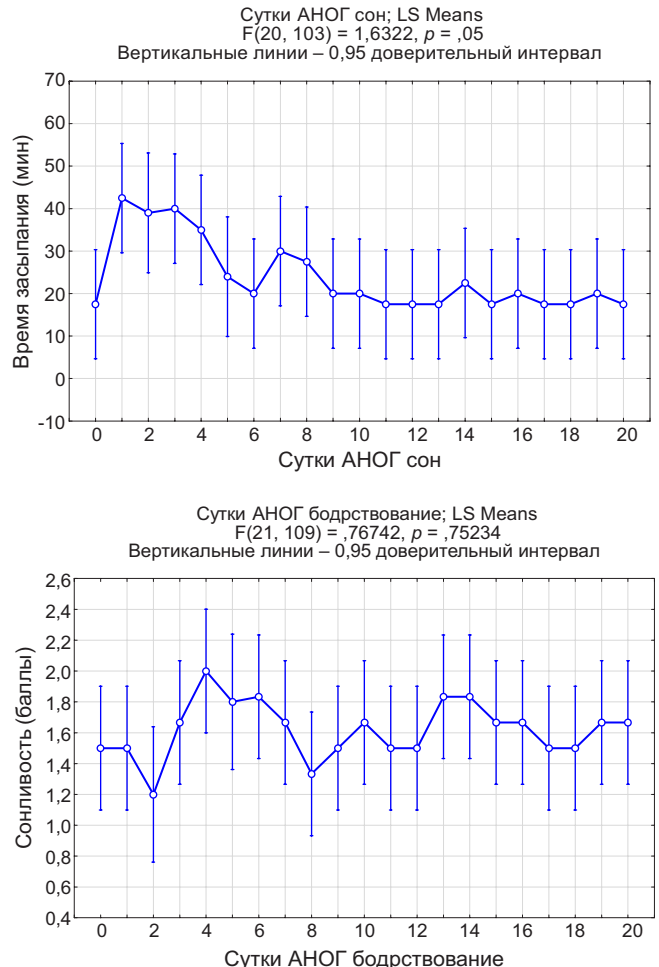


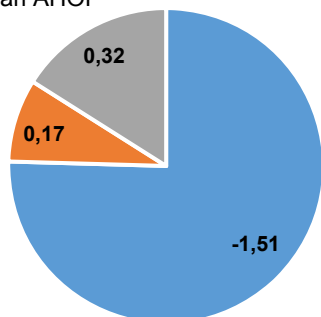
FIG. 2.
Changes in sleep and wakefulness characteristics under conditions
of 21-day head-down bed rest

ТАБЛИЦА 2
СОСТОЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦИКЛА
«СОН – БОДРСТВОВАНИЕ» НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ
АДАПТАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПРОСНИКА

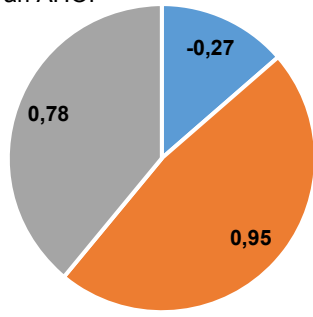
TABLE 2
STATE OF “SLEEP – WAKE” CYCLE INDICATORS
AT DIFFERENT STAGES OF ADAPTATION ACCORDING
TO QUESTIONNAIRE RESULTS

Этапы АНОГ	Фон	1-й этап	2-й этап	3-й этап
Отбой (астрономическое время)	23:36	23:54	00:20	01:00
Время засыпания, мин	17,55	33,6	24,6	19,8
Время бодрствования во время пробуждений, мин	4,8	17,4	6,9	0,09
Подъем (астрономическое время)	07:16	07:34	07:31	08:03
Время в постели, ч	7,63	7,66	7,15	7,04
Представленность сонливости (% случаев)	33	44	82	62
ИЭС, %	96,33	91,32	94,73	94,91

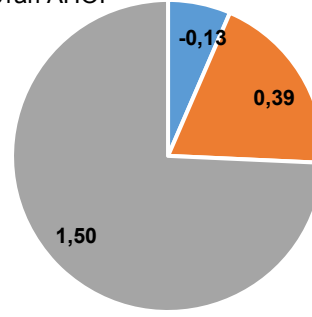
1 этап АНОГ



2 этап АНОГ



3 этап АНОГ



■ ИЭС ■ сонливость ■ отбой

РИС. 3.

Разности показателей цикла «сон – бодрствование» с фоном в стандартизованных единицах на разных этапах АНОГ

FIG. 3.

Differences of “sleep – wake” cycle indicators with background in standardized units at different stages of head-down bed rest

3-й этап – этап относительной стабилизации цикла «сон – бодрствование» (оставшиеся ночи). Здесь отмечается наиболее позднее время отбоя – в час ночи ($p < 0,003$) – по сравнению со всеми этапами адаптации и фоновыми показателями (время отбоя в фоне – 23:36, на 1-м этапе – 23:54, на 2-м этапе – 00:20); наиболее позднее время подъёма – в 8 часов (08:03) (в фоне – в 07:16, на 1-м этапе 07:34, на 2-м этапе – 07:31), тогда как показатели качества сна (время засыпания, ночные пробуждения, ИЭС) и дневная сонливость не отличаются по сравнению с фоном.

В связи с тем, что показатели являются разноразмерными, была проведена процедура стандартизации данных, когда среднее значение показателя по выборке принимается равным 0, а его стандартное отклонение – 1. По стандартизованным данным были вычислены разности с фоновыми значениями для всех выделенных этапов АНОГ. Результаты представлены на рисунке 3. Из представленного рисунка видно, что в острый период адаптации наибольшие изменения связаны со снижением индекса эффективности сна, на 2-м этапе – со смещением времени отбоя и увеличением дневной сонливости, на 3-м этапе – со смещением времени отбоя на более поздние сроки.

ОБСУЖДЕНИЕ

Интерес к изучению особенностей и сроков адаптации сомногенных механизмов к существованию в экстремальных условиях имеет определённое значение, так как позволяет спрогнозировать особенности сна в разные периоды адаптации [2]. Полученные результаты позволили нам выделить последовательные этапы адаптации циркадианной системы к условиям АНОГ. Выделенные этапы и их сроки носят условный характер, так как это выделение было произведено на основании визуальной оценки некоторых показателей анкеты об особенностях цикла «сон – бодрствование». Между этими этапами выявлены статистически значимые различия, но нет полной уверенности, что определённые нами временные этапы адаптации являются окончательными, а дальнейшие исследования могут по-другому представить время, необходимое для привыкания к условиям АНОГ. Даже в период острой адаптации (в течение первых 3 ночей) показатели ИЭС достаточно разнятся. Если в первую, наихудшую, ночь ИЭС составляет всего 84 % (в норме ИЭС должен быть более 85 %), то в последующие 2 ночи начинается восстановление ка-

чества сна – средняя величина ИЭС составляет 92 %. Поэтому вполне возможно, что острый этап адаптации может составлять всего одну ночь, а остальные дни можно отнести уже к подострому восстановительному этапу.

Важной составляющей проведённого анализа является оценка состояния цикла «сон – бодрствование» на 2-м этапе адаптации (этап восстановления) и анализ его клинических проявлений. Постепенное улучшение качества сна на этапе восстановления сочетается с неожиданным фактом – увеличением эпизодов дневной сонливости на 38 %. В клинической медицине диагностика инсомнии основана не только на оценке качества сна, но и на оценке качества бодрствования, в том числе дневной сонливости, как характеристики, указывающей на негативное влияние низкого качества сна, на последующее бодрствование [15]. В связи с этим возникает предположение, что увеличение дневной сонливости при улучшении качества сна и неизменной его продолжительности является независимой от качества сна характеристикой, но, возможно, отражает увеличение потребности в ночном сне на 4–6-е сутки.

Оставшиеся ночи, относящиеся к 3-му этапу относительной адаптации, были больше всего приближены к фоновым значениям. Оценка этого этапа показала, что изменения цикла «сон – бодрствование» заключались в приближении к фоновым значениям оцениваемых нами параметров, что является позитивным признаком адаптации. Интересным представляется факт существенного смещения времени отбоя и утреннего подъёма, снижения на более поздние часы на этапе относительной стабилизации. Смещение на более поздние сроки времени засыпания часто отмечается у здоровых людей, находящихся в разных стрессовых ситуациях [16, 17]. Предполагаем, что наиболее вероятная причина развития более позднего времени отбоя, вероятно, кроется в особенностях предшествующего бодрствования (низкой физической активности). В конечном итоге смещение времени отбоя приводит к более позднему подъёму. Феномен смещения режима на более поздние сроки представляется важным фактором, создающим потенциальную угрозу для стабильности циркадианного ритма в целом [18].

Помимо выделенных нами выводов об этапах адаптации выявлены и недостатки исследования, которые накладывают ряд ограничений. В данном случае это малочисленность группы и использование субъективных оценок качества цикла «сон – бодрствование».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях АНОГ отмечается последовательное возникновение различных нарушений циркадианной ритмики: снижение индекса эффективности сна из-за удлинения засыпания и появления ночных пробуждений, затем – развитие гиперсомнических симптомов (дневная сонливость, дневной сон) на фоне улучшения ночного сна и далее постепенное смещение режима сна на более поздние сроки. На разных этапах адаптации циркадиан-

ного ритма к условиям АНОГ меняется целостная картина инсомнических нарушений, составляющих специфический для каждого этапа паттерн нарушений сна у здоровых людей в условиях 21-суточной антиортостатической гипокинезии.

Финансирование

Работа выполнена в рамках базовой темы РАН 64.1 на 2021–2023 гг.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Этическая экспертиза

Этическая экспертиза была проведена в ФГБУН Государственном научном центре Российской Федерации – Институте медико-биологических проблем Российской академии наук (протокол № 109/18/1412 от 08.06.2022).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Вейн А.М., Хехт К. Сон человека. Физиология и патология. М.: Медицина; 1989. [Vein AM, Hecht K. *Human sleep. Physiology and pathology*. Moscow: Meditsina; 1989. (In Russ.).]
2. Поляков В.В., Посохов С.И., Пономарева И.П., Жукова О.П., Ковров Г.В., Вейн А.М. Сон в условиях космического полета. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1994; 28(3): 4-6. [Polyakov VV, Posokhov SI, Ponomareva IP, Zhukova OP, Kovrov GV, Vein AM. Sleeping during space flight. *Aerospace and Environmental Medicine*. 1994; 28(3): 4-6. (In Russ.).]
3. Kermorgant M, Nasr N, Czosnyka M, Arvanitis DN, Hélimsen O, Senard JM, et al. Impacts of microgravity analogs to spaceflight on cerebral autoregulation. *Front Physiol*. 2020; 11: 778. doi: 10.3389/fphys.2020.00778
4. Marshall-Goebel K, Ambarki K, Eklund A, Malm J, Mulder E, Gerlach D, et al. Effects of short-term exposure to head-down tilt on cerebral hemodynamics: A prospective evaluation of a spaceflight analog using phase-contrast MRI. *J Appl Physiol*. 2016; 120(12): 1466-1473. doi: 10.1152/jappphysiol.00841.2015
5. Kramer LA, Hasan KM, Sargsyan AE, Marshall-Goebel K, Rittweger J, Donoviel D, et al. Quantitative MRI volumetry, diffusivity, cerebrovascular flow, and cranial hydrodynamics during head-down tilt and hypercapnia: The SPACECOT study. *J Appl Physiol*. 2017; 122(5): 1155-1166. doi: 10.1152/jappphysiol.00887.2016
6. Amirova L, Navasiolava N, Rukavishnikov I, Gauquelin-Koch G, Gharib C, Kozlovskaya I, et al. Cardiovascular system under simulated weightlessness: Head-down bed rest vs. dry immersion. *Front Physiol*. 2020; 11: 395. doi: 10.3389/fphys.2020.00395
7. Lawley JS, Petersen LG, Howden EJ, Sarma S, Cornwell WK, Zhang R, et al. Effect of gravity and microgravity on intracranial pressure. *J Physiol*. 2017; 595(6): 2115-2127. doi: 10.1113/JP273557
8. Lee H, Xie L, Yu M, Kang H, Feng T, Deane R, et al. The effect of body posture on brain glymphatic transport. *J Neurosci*. 2015; 35(31): 11034-11034. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1625-15.2015
9. Вейн А.М., Пономарева И.П., Елигулашвили Т.С., Ковров Г.В., Посохов С.И., Филимонов М.И., и др. Цикл «сон – бодр-

ствование» в условиях антиортостатической гипокинезии. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1997; 31(1): 47-52. [Vein AM, Ponomareva IP, Eligulashvili TS, Kovrov GV, Posokhov SI, Filimonov MI, et al. The sleep-wake cycle under antiorthostatic conditions hypokinesia. *Aerospace and Environmental Medicine*. 1997; 31(1): 47-52. (In Russ.)].

10. Boschert AL, Elmenhorst D, Gauger P, Li Z, Garcia-Gutierrez MT, Gerlach D, et al. Sleep is compromised in –12° head down tilt position. *Front Physiol*. 2019; 10: 397. doi: 10.3389/fphys.2019.00397

11. Gkivogkli PT, Frantzidis C, Karagianni M, Rosenzweig I, Papadeli CK, Bamidis PD. Sleep macro-architecture disturbances during a 60 days 60 head down tilt bed-rest and the effect of Sledge Jumping System (SJS) as a countermeasure to prevent those changes. *Front Hum Neurosci*. 2016; 12(106): 10-3389. doi: 10.3389/conf.fnhum.2016.220.00106

12. Mizuno K, Inoue Y, Tanaka H, Komada Y, Saito H, Mishima K, et al. Heart rate variability under acute simulated microgravity during daytime waking state and nocturnal sleep: Comparison of horizontal and 6 degrees head-down bed rest. *Neurosci Lett*. 2005; 383(1-2): 115-120. doi: 10.1016/j.neulet.2005.03.058

13. Komada Y, Inoue Y, Mizuno K, Tanaka H, Mishima K, Sato H, et al. Effects of acute simulated microgravity on nocturnal sleep, daytime vigilance, and psychomotor performance: Comparison of horizontal and 6 degrees head-down bed rest. *Percept Mot Skills*. 2006; 103(2): 307-317. doi: 10.2466/pms.103.2.307-317

14. Basner M, Dinges DF, Howard K, Moore TM, Gur RC, Mühl C, et al. Continuous and intermittent artificial gravity as a countermeasure to the cognitive effects of 60 days of head-down tilt bed rest. *Front Physiol*. 2021; 12: 643854. doi: 10.3389/fphys.2021.643854

15. Ковров Г.В. *Краткое руководство по клинической сомнологии*. М.: МЕДпресс-информ; 2018. [Kovrov GV. *A short guide to clinical somnology*. Moscow: MEDpress-inform; 2018. (In Russ.)].

16. Завалко И.М., Рассказова Е.И., Гордеев С.А., Палатов С.У., Ковров Г.В. Влияние длительной изоляции и ожидания значимого события на сон человека: результаты проекта «Марс-520». *Физиология человека*. 2013; 39(6): 45-52. [Zavalko IM, Rasskazova EI, Gordeev SA, Palatov SU, Kovrov GV. The influence of long-term isolation and anticipation of a significant event on human sleep: Results of the Mars-520 project. *Human Physiology*. 2013; 39(6): 45-52. (In Russ.)].

17. Steinach M, Kohlberg E, Maggioni MA, Mendt S, Opatz O, Stahn A, et al. Sleep quality changes during overwintering at the german antarctic stations Neumayer II and III: The gender factor. *PLoS One*. 2016; 11(2): e0150099. doi: 10.1371/journal.pone.0150099

18. Duffy JF, Abbott SM, Burgess HJ, Crowley SJ, Emens JS, Epstein LJ, et al. Workshop report. Circadian rhythm sleep-wake disorders: Gaps and opportunities. *Sleep*. 2021; 44(5): zsa281. doi: 10.1093/sleep/zsa281

Сведения об авторах

Ковров Геннадий Васильевич – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, e-mail: kgv2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3564-6798>

Власова Алиса Вадимовна – студентка, Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет); лаборант, ФГБУН Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, e-mail: vav.vav.va@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7901-8869>

Попова Ольга Владимировна – младший научный сотрудник, ФГБУН Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, e-mail: olya.popovaolga2710@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3749-588X>

Черникова Анна Григорьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, e-mail: anna.impb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2596-8929>

Information about the authors

Gennady V. Kovrov – Dr. Sc. (Med.), Professor, Senior Research Officer, State Scientific Center of the Russian Federation – Institute Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, e-mail: kgv2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3564-6798>

Alisa V. Vlasova – Student, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Research Assistant, State Scientific Center of the Russian Federation – Institute Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, e-mail: vav.vav.va@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7901-8869>

Olya V. Popova – Junior Research Officer, State Scientific Center of the Russian Federation – Institute Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, e-mail: olya.popovaolga2710@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3749-588X>

Anna G. Chernikova – Cand. Sc. (Biol.), Senior Research Officer, State Scientific Center of the Russian Federation – Institute Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, e-mail: anna.impb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2596-8929>