



# Оценка восстановления функциональных резервов сердечно-сосудистой системы в ночной период у добровольцев в эксперименте, имитирующем факторы космического полета, методом вариабельности сердечного ритма

Л.С. Стулова, О.В. Попова, Е.С. Лучицкая, к.б.н.

Адрес для переписки: Лидия Сергеевна Стулова, lidastulova@gmail.com

Для цитирования: Стулова Л.С., Попова О.В., Лучицкая Е.С. Оценка восстановления функциональных резервов сердечно-сосудистой системы в ночной период у добровольцев в эксперименте, имитирующем факторы космического полета, методом вариабельности сердечного ритма. Эффективная фармакотерапия. 2023; 19 (41): 32–37.

DOI 10.33978/2307-3586-2023-19-41-32-37

*Оценка восстановления функциональных резервов (качества сна) в течение космического полета крайне важна, поскольку проблема управления усталостью и бессонницей во время космической миссии имеет решающее значение для умственной работоспособности и безопасности экипажа. Антиортостатическая гипокинезия – общепризнанная модель, позволяющая изучать эффекты микрогравитации на организм человека в наземных условиях. Целью данного исследования стала оценка степени восстановления функциональных резервов во время сна у испытуемых-добровольцев в условиях антиортостатической гипокинезии методом вариабельности сердечного ритма. В ходе проведенного исследования было выявлено снижение эффективности процессов восстановления, выраженное в уменьшении парасимпатической активности к концу экспериментального воздействия на 20% и увеличении времени двигательной активности на 22%. Однако изменения носят индивидуальный характер, что подтверждает необходимость персонализированного подхода к проблеме оценки качества сна.*

**Ключевые слова:** космическая медицина, антиортостатическая гипокинезия, сон, вариабельность сердечного ритма

## Введение

Изучение воздействия длительного пребывания в условиях невесомости на функцию сна всегда считалось одной из приоритетных задач пилотируемой космонавтики. Чередование циклов сна и бодрствования – необходимое условие полноценной жизнедеятельности организма. Общий смысл сна можно определить как физиологическое восстановление функций в условиях интровертированного сознания, когда происходит временное отключение от внешней информации, а сознательный фильтр не мешает анализировать информацию, она упорядочивается, откладывается в долговременную память [1].

Предложено несколько теорий, объясняющих функцию и значение сна. Их можно отнести к трем основным типам: информационным, компенсаторно-восстановительным и психодинамическим. Согласно

компенсаторно-восстановительной теории, за время сна происходит восстановление энергии, затраченной в период бодрствования. В 1990-х гг. Бергер и Филипс выдвинули гипотезу, что основной функцией сна является сохранение энергии. Это осложняется наличием быстрого сна, который характеризуется повышенной мозговой активностью и метаболизмом.

Идеи восстановительной теории сна подтверждаются исследованиями депривации сна на животных моделях. Как показывают результаты таких исследований, биологическое функционирование ухудшается, если животное лишено сна [2]. Пациенты во время восстановления после черепно-мозговой травмы и электросудорожной терапии обычно тратят больше времени в фазе быстрого сна [3]. Кроме того, общее количество сна увеличивается на фоне болезни [4, 5]. Неоднозначные результаты были получены



в исследованиях влияния физических упражнений на сон или оценки восстановительной роли сна после физического утомления [6]. Аргументом в пользу данной теории служат также наблюдения, что гормоны, выделяемые во время сна, например гормон роста, имеют преобладающую анаболическую функцию. Большинство импульсов гормона роста возникает в стадии медленного сна, при этом его уровень заметно снижается во время депривации сна.

L. Хие и соавт. продемонстрировали изменение интерстициального объема в цикле «сон – бодрствование» и увеличение клиренса бета-амилоида и сделали вывод, что восстановительная функция сна может быть следствием усиленного удаления потенциально нейротоксичных отходов, накапливаемых в организме за период бодрствования [7].

Согласно данным недавних исследований, во время сна происходит репарация ДНК, поврежденной в период бодрствования [8]. Другие исследователи подчеркивают, что сон способствует восстановлению и стабилизации синапсов [9].

Таким образом, восстановительная теория предполагает, что быстрый сон играет жизненно важную роль в сохранении и консолидации памяти, удалении тривиальной или нежелательной информации и сохранении важных данных. Эта теория также предусматривает, что сон способствует пополнению запасов нейротрансмиттеров. Этот факт связывают с тем, что активность большинства нейронов коры головного мозга снижается [10].

Одной из наиболее популярных моделей, воспроизводящей эффекты микрогравитации на организм человека, является модель антиортостатической гипокинезии (АНОГ) [11, 12]. АНОГ вызывает перераспределение жидкости из нижней части тела в верхнюю, что приводит к временному уменьшению объема плазмы на 10–15% [13, 14]. Как и в условиях невесомости, после постельного режима наблюдаются признаки сердечной недостаточности, характеризующиеся ортостатическими расстройствами и снижением работоспособности. После постельного режима разной продолжительности наблюдаются прогрессивные и последовательные изменения как в размере, так и в функционировании мышц. Непрерывный постельный режим является формой сенсорной депривации (отсутствие регулярного чередования периодов отдыха и активности, а также снижение возможности смены позы). Даже когда мозг обеспечен другими стабильными сигналами, такими как регулярное время приема пищи, строгая циклограмма проведения исследований, адекватная смена дня и ночи (освещения), стабильность циркадных ритмов у здоровых испытуемых ухудшается. Биологические ритмы начинают терять синхронизацию уже после десяти дней постельного режима. Как космонавты и астронавты, испытуемые жалуются на нарушение сна [13].

*Цель исследования* – оценить степень восстановления функциональных резервов во время сна у испытуемых в условиях АНОГ.

## Материал и методы

В Государственном научном центре Российской Федерации – Институте медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ – ИМБП РАН) на базе установки «Медико-технический комплекс для отработки инновационных технологий космической биомедицины в интересах обеспечения орбитальных и межпланетных полетов, а также развития практического здравоохранения» были проведены исследования с участием здоровых мужчин-добровольцев, которые в течение трех недель находились в условиях АНОГ (угол наклона в краниальном направлении  $-6^\circ$ ). Добровольцы были допущены врачебно-экспертной комиссией к проведению испытаний. Программа исследований одобрена комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ – ИМБП РАН (протоколы № 599 от 6 октября 2021 г.). Все участники после разъяснения потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящих обследований подписали добровольное информированное согласие в соответствии с положениями Хельсинкской декларации прав человека 1964 г. и ее последующими обновлениями.

Исследования ночного сна проводились за двое суток до воздействия, на вторые, седьмые, 13-е, 20-е сутки во время АНОГ и на вторые сутки после его окончания. Анализ данных проведен у двух испытуемых для оценки индивидуальных характеристик и особенностей восстановления функциональных резервов во время сна до, во время и после АНОГ.

В каждом сеансе перед засыпанием в области верхушечного толчка сердца устанавливался датчик, инициировалась запись микроколебаний грудной клетки (сейсмокардиограмма), которая сохранялась для последующей обработки. Запись подвергалась анализу программными средствами для распознавания временных интервалов между последовательными ударами сердца, что позволяло анализировать параметры variability сердечного ритма (ВСР). На базе отдела патологии вегетативной нервной системы под руководством А.М. Вейна были проведены исследования, подтвердившие связь между параметрами ВСР и данными полисомнографии [15].

Для анализа параметров ВСР были выбраны следующие временные и спектральные показатели, отражающие активность парасимпатического и симпатического звеньев регуляции:

- SDNN – среднее квадратичное отклонение RR-интервалов, которое дает среднюю дивергенцию вокруг среднего значения;
- RMSSD – квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов;
- pNN50 – число пар соседних кардиоинтервалов с разницей более 50 мс. в % к общему числу кардиоинтервалов;
- HF,  $\text{мс}^2$  мощность высокочастотных колебаний (high frequency) с частотой 0,15–0,4 Гц и периодом от 2,5 до 7 с (относительный уровень активности парасимпатического звена регуляции);



## Признаки эффективного восстановления функциональных резервов во время сна

ЧСС, уд/мин	RMSSD, мс	SDNN, мс	pNN50, %	HF, мс <sup>2</sup> , %	LF, мс <sup>2</sup> , %	SI, усл. ед.
↓	↑	↑	↑	↑	↓	↓

- LF, мс<sup>2</sup> – мощность низкочастотных колебаний сердечного ритма (low frequency) с частотой в диапазоне 0,04–0,15 Гц и с периодом от 7 до 25 с (относительный уровень активности подкоркового симпатического сосудистого (вазомоторного) центра);
- SI, усл. ед. – стресс-индекс, который определяется отношением высоты гистограммы к ее ширине и характеризует степень напряжения регуляторных систем организма (степень преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными).

### Результаты

Для оценки функционального состояния организма во время сна по данным бесконтактной регистрации физиологических сигналов могут быть использованы средненочные значения показателей ВРС, а для оценки степени восстановления функциональных резервов – разностные значения показателей в первый и последний часы сна [15]. Об эффективном восстановлении функциональных резервов человека во время сна (таблица) свидетельствуют снижение к концу ночи показателей, таких как частота сердечных сокращений (ЧСС), стресс-индекс и процентное соотношение низко- и сверхнизкочастотных составляющих спектра, и одновременно рост парасимпатической активности, выражающийся в увеличении высокочастотной составляющей спектра ВРС, среднеквадратичного отклонения, общей мощности спектра и процентного содержания соседних пар интервалов, различающихся более чем на 50 мс (показатель pNN50).

Поскольку оценка качества сна подразумевает экспертный подход, результаты исследования по эксперименту рассмотрены для каждого конкретного испытуемого.

Изменение частоты сердечных сокращений для первого испытуемого за весь период исследования носило адекватный характер: показатели первого часа сна превысили показатели последнего часа сна. Наименьшее восстановление по данному показателю наблюдалось за двое суток до начала воздействия (рис. 1). У второго испытуемого последний час сна не всегда характеризовался снижением ЧСС по сравнению с началом ночи. Адекватное снижение ЧСС отмечалось в фоне (до начала АНОГ) и на вторые, седьмые и 20-е сутки воздействия, а неблагоприятное увеличение – на 13-е сутки эксперимента, а также в ночь после выхода из АНОГ. То есть в отличие от предыдущего субъекта наблюдалось наименьшее восстановление по данному показателю именно на вторые сутки после окончания воздействия (рис. 1).

Показатель pNN50 отражает активность парасимпатического звена регуляции. Динамика изменения данного показателя у первого испытуемого всегда носила адекватный характер: увеличение в утреннее время по сравнению с вечерними показателями; значения соответствовали физиологической норме для данной возрастной группы. До воздействия разница между первым и последним часами сна составила приблизительно 3%, во вторую ночь эксперимента увеличилась почти в четыре раза, но в последующие ночи была близкой к значению фона: 3, 7, 2,5% соответственно. При анализе восстановления функциональных резервов за время ночного сна установлено, что наибольший процент увеличения этого показателя наблюдался на вторые сутки после окончания воздействия, наименьший – на седьмые. Показатель pNN50, характеризующий парасимпатическую

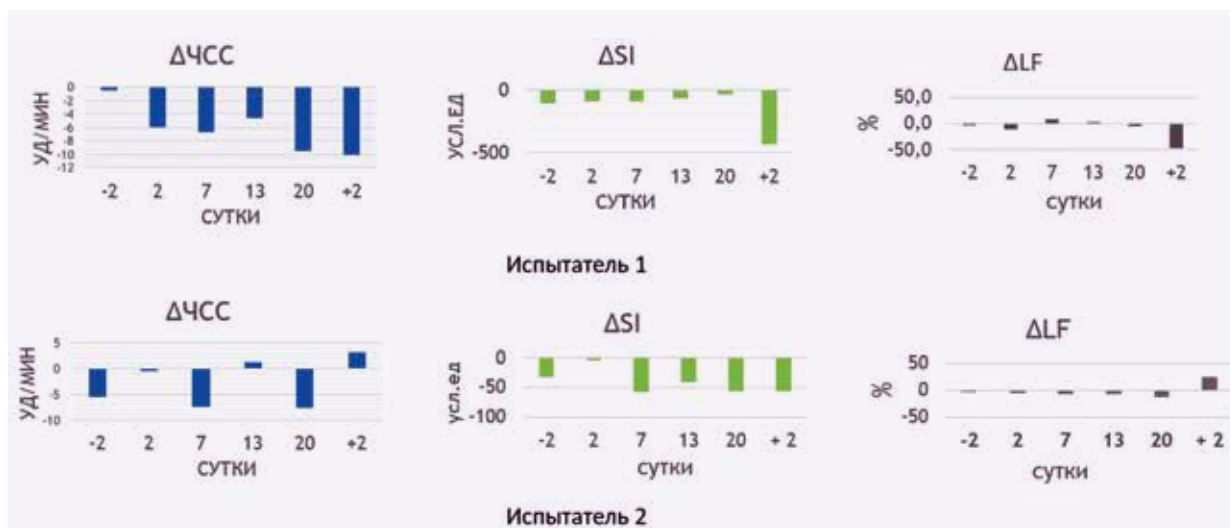


Рис. 1. Разностные значения показателей симпатической активности между последним и первым часами сна у двух испытуемых, Δ = последний час – первый час. Показатель ΔЧСС: ось абсцисс – сутки, ось ординат – уд/мин; показатель ΔSI: ось абсцисс – сутки, ось ординат – усл. ед.; показатель ΔLF: ось абсцисс – сутки, ось ординат – %

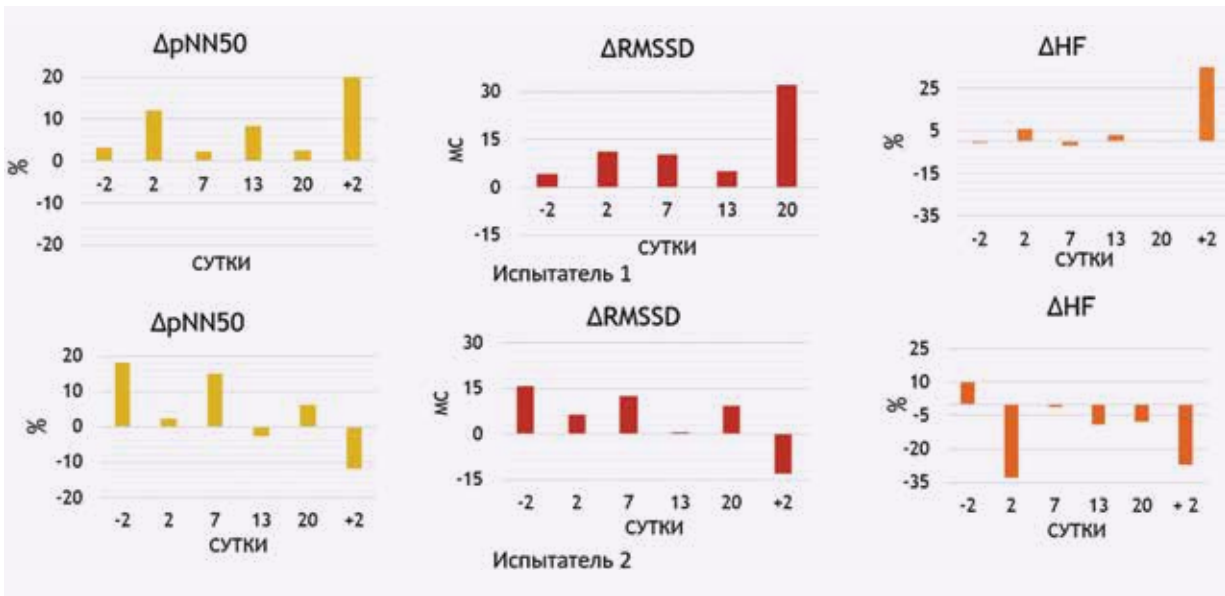


Рис. 2. Разностные значения показателей парасимпатической активности между последним и первым часами сна у двух испытуемых, Δ = последний час – первый час. Показатель ΔpNN50: ось абсцисс – сутки, ось ординат – %; показатель ΔRMSSD: ось абсцисс – сутки, ось ординат – мс; показатель ΔHF: ось абсцисс – сутки, ось ординат – %

активность, у второго испытуемого в большинстве ночей демонстрировал адекватную динамику изменений в ночной период. Только на 13-е сутки в условиях АНОГ и на вторые сутки после выхода он снизился к концу ночи, в остальное время увеличивался, правда иногда незначительно (рис. 2).

Показатель RMSSD также соответствовал активности парасимпатического звена регуляции. От начала к концу ночи он увеличивался на протяжении всего эксперимента у первого испытуемого. Значения соответствовали норме. У первого испытуемого наименьшее восстановление по данному показателю наблюдалось в фоне (до воздействия) и в ночь перед выходом из АНОГ (20-е сутки воздействия): средние значения RMSSD первого часа сна – 28 и 35 мс, средние значения последнего часа – 32 и 40 мс соответственно. Средние значения первого часа сна на вторые, седьмые и 13-е сутки воздействия составили 40, 30, и 28 мс, средние значения последнего часа – 51, 33, и 38 мс. Наибольшее восстановление по данному показателю зафиксировано на вторые сутки после воздействия. Динамика изменения показателя RMSSD у второго испытуемого за весь период исследования имела адекватный характер: показатели последнего часа сна превысили показатели первого часа сна, за исключением ночи после окончания воздействия (рис. 2).

Как видно из представленных на рис. 2 данных, у первого субъекта на вторые, 13-е и 20-е сутки воздействия, а также на вторые сутки после выхода утреннее значение HF было выше вечернего (соответствовало активности парасимпатического звена регуляции). Это указывает на адекватную динамику данного показателя и достаточное восстановление функциональных резервов. Однако в фоне и на

седьмые сутки воздействия средние значения HF первого часа сна превысили значения последнего часа, что может свидетельствовать о недостаточном восстановлении функциональных резервов в исследуемые периоды по показателю HF. Наибольший процент прироста также отмечался в ночь после выхода из эксперимента – более 30%. У второго испытуемого наиболее качественное восстановление функциональных резервов наблюдалось в фоновом периоде обследования и на 20-е сутки воздействия, в то время как эффективность сна на вторые, седьмые и 13-е сутки АНОГ по показателю HF была значительно снижена. Вторые сутки после окончания воздействия характеризовались самым плохим качеством сна.

Показатель SI отражает состояние симпатического звена регуляции и напряжение регуляторных систем. На протяжении всего периода исследования изменение SI у первого испытуемого носило адекватный характер: средние значения первого часа сна превышали значения последнего. До воздействия разница между первым и последним часом сна составляла 100 усл. ед. и затем линейно снижалась на протяжении всего эксперимента, а в ночь перед выходом из эксперимента составила всего 20 усл. ед. На протяжении всего периода исследования изменение SI у второго испытуемого также носило адекватный характер, что указывает на протекающие в ночное время процессы восстановления. В ночь до начала воздействия разность между первым и последним часом сна по данному показателю составила -32 усл. ед., во вторую ночь АНОГ увеличилась почти в четыре раза по сравнению с фоновым исследованием, на седьмые, 13-е, 20-е и вторые сутки после воздействия составила -57, -40, -56 и -56 усл. ед.



соответственно. По данному показателю наихудшей тоже можно считать первую ночь исследования в АНОГ. Это, безусловно, объясняется острым периодом адаптации и стрессом после начала экспериментального воздействия. Впоследствии организм привыкает к нему, стресс-индекс закономерно снижается (рис. 1).

Увеличение активности симпатического звена вегетативной регуляции во время эксперимента у первого и второго испытуемого проиллюстрировано на рис. 2. Показатель низкочастотной составляющей спектра ВСП (LF) характеризует состояние симпатического отдела вегетативной нервной системы, в частности системы регуляции сосудистого тонуса. От начала к концу ночи он должен снижаться. Однако в исследовании средние значения последнего часа сна превысили значения первого часа сна на седьмые и 13-е сутки АНОГ, что может указывать на недостаточное восстановление функциональных резервов и, возможно, развитие процессов утомления и стресса. До воздействия разница между первым и последним часом составляла 4%, во вторую ночь эксперимента – 10%. Наибольшее восстановление по данному показателю наблюдалось в ночь после выхода на вторые сутки после АНОГ. Средние значения показателя LF последнего часа сна превышали значения первого часа сна на протяжении всего эксперимента, за исключением 20-х суток воздействия, что может свидетельствовать о недостаточном восстановлении функциональных резервов в ночной период у второго испытуемого. До воздействия разница между первым и последним часом сна составляла 0,5%. Во вторую ночь АНОГ увеличилась почти в шесть раз по сравнению с фоновым исследованием и затем оставалась высокой на протяжении всего эксперимента. В ночь после выхода из эксперимента и окончания АНОГ разница составляла 20%, что также говорит о неполноценном восстановлении и сохранении на высоком уровне напряжения регуляторных механизмов даже после окончания воздействия (рис. 1).

В ночь до начала воздействия время двигательной активности у первого испытуемого составило всего 1,5% от всего периода ночной записи. На вторые сутки гипокинезии наблюдалось увеличение времени двигательной активности до 2,5%, которое затем оставалось высоким на протяжении всего периода воздействия, что также может свидетельствовать о снижении качества сна и эффективности процессов восстановления во время АНОГ. У второго субъекта значения находились в пределах нормы и не превышали 5% на протяжении всего исследования. В ночь до воздействия время двигательной активности составило 2,5% от общего периода ночного сна. Увеличение двигательной активности по сравнению с фоном наблюдалось на вторые и седьмые сутки АНОГ и на вторые сутки после окончания воздействия – 3, 3,6 и 3,5% соответственно.

## Обсуждение

Качество сна и эффективность процессов восстановления первого испытуемого характеризовались всегда адекватным увеличением показателей ВСП, таких как RMSSD, pNN50, умеренной двигательной активностью и снижением стресс-индекса к концу ночи за весь период исследования.

Ночь до начала воздействия характеризовалась значительным снижением ЧСС к концу ночи, а также низкими значениями показателей, характеризующих активность парасимпатического звена регуляции – RMSSD, pNN50, что могло быть обусловлено неудобством, связанным с ношением аппаратуры и стрессом в незнакомой обстановке перед входом в эксперимент. Даже несмотря на это, качество сна во время АНОГ по сравнению с «фоном» снизилось по всем показателям. Уменьшение количественных значений RMSSD и pNN50 во время эксперимента может свидетельствовать о снижении тонуса парасимпатической нервной системы и активации симпатической. Смещение вегетативного баланса также подтверждалось снижением вклада высокочастотной составляющей на седьмые, 13 и 20-е сутки гипокинезии. Наблюдалось линейное увеличение стресс-индекса.

У второго испытуемого восстановление функциональных резервов было наиболее выраженным после выхода из эксперимента, так как ночь после АНОГ характеризовалась адекватной динамикой всех компонентов ВСП: снижением ЧСС, СИ и низкочастотной составляющей спектра, увеличением RMSSD, pNN50 и высокочастотной составляющей (HF). В эту ночь также регистрировались самые низкие показатели двигательной активности. Полученные данные свидетельствуют о наиболее качественном и полноценном сне после выхода из эксперимента, что, с одной стороны, ожидаемо, с другой, еще раз подтверждает адекватность и правомерность использования метода для индивидуальной оценки качества сна и восстановления функциональных резервов организма в ночной период.

Таким образом, у первого субъекта первая ночь эксперимента характеризовалась высоким напряжением регуляторных систем, однако все последующие ночи имели адекватную динамику показателей ВСП. У второго испытуемого ночь до начала АНОГ характеризовалась полноценным восстановлением всех компонентов ВСП, а во время АНОГ ухудшение носило накопительный характер: с увеличением длительности воздействия восстановление происходило все в меньшей степени. У первого испытуемого восстановительный процесс был наиболее выражен после выхода из эксперимента, в то время как у второго ночь после АНОГ характеризовалась наихудшим качеством сна.

У первого испытуемого наиболее выраженными были ухудшения по показателю стресс-индекса (до воздействия разница между первым и последним часом сна составила 100 усл. ед., в ночь перед выходом из экс-



перимента – 20 усл. ед.). У второго испытуемого наиболее значимые изменения стресс-индекса наблюдались на вторые сутки воздействия.

### Выводы

Подтверждена возможность оценки функционального состояния и восстановления функциональных резервов организма за время сна методом ВСП. На основании полученных результатов были сформулированы следующие выводы.

1. Показана возможность индивидуальной оценки восстановления функциональных резервов сердечно-сосудистой системы за время сна (на основании анализа показателей ВСП) при моделировании фак-

торов космического полета для дальнейшей реализации этой методики в реальных космических полетах.

2. С учетом разностных данных (первого и последнего часов сна) проведен индивидуальный анализ и отмечено количество ночей с адекватной динамикой анализируемых показателей и периоды, когда восстановление функциональных резервов было неполноценным.

3. Выявлено снижение эффективности процессов восстановления по мере увеличения длительности воздействия по основным статическим показателям и спектральному анализу ВСП. \*

*Работа выполнена в рамках базовой темы Российской академии наук 64.1. на 2013–2023 гг.*

### Литература

1. Rasch B., Born J. About sleep's role in memory. *Physiol. Rev.* 2013; 93 (2): 681–766.
2. Toth L.A., Bhargava P. Animal models of sleep disorders. *Comp. Med.* 2013; 63 (2): 91–104.
3. Ponsford J.L., Parcell D.L., Sinclair K.L., et al. Changes in sleep patterns following traumatic brain injury: a controlled study. *Neurorehabil. Neural Repair.* 2013; 27 (7): 613–621.
4. Duss S.B., Seiler A., Schmidt M.H., et al. The role of sleep in recovery following ischemic stroke: a review of human and animal data. *Neurobiol. Sleep Circadian Rhythms.* 2016; 2: 94–105.
5. Altman M.T., Knauert M.P., Pisani M.A. Sleep disturbance after hospitalization and critical illness: a systematic review. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2017; 14 (9): 1457–1468.
6. Vyazovskiy V.V. Sleep, recovery, and metaregulation: explaining the benefits of sleep. *Nat. Sci. Sleep.* 2015; 7: 171–184.
7. Xie L., Kang H., Xu Q., et al. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain. *Science.* 2013; 342 (6156): 373–377.
8. Zada D., Bronshtein I., Lerer-Goldshtein T., et al. Sleep increases chromosome dynamics to enable reduction of accumulating DNA damage in single neurons. *Nat. Commun.* 2019; 10 (1): 895.
9. Assefa S.Z., Diaz-Abad M., Wickwire E.M., Scharf S.M. The functions of sleep. *AIMS Neurosci.* 2015; 2 (3): 155–171.
10. Ezenwanne E. Current concepts in the neurophysiologic basis of sleep; a review. *Ann. Med. Health Sci. Res.* 2011; 1 (2): 173–179.
11. Bareille M., Maillet A. Human: bed rest/head-down-tilt/hypokinesia. MEDES, Toulouse, France; 133–146.
12. Григорьев А.И., Козловская И.Б. Годичная антиортостатическая гипокинезия (АНОГ) – физиологическая модель межпланетного космического полета: монография. М.: Российская академия наук, 2018.
13. Pavy-Le Traon A., Heer M., Narici M.V., et al. From space to Earth: advances in human physiology from 20 years of bed rest studies (1986–2006). *Eur. J. Appl. Physiol.* 2007; 101 (2): 143–194.
14. Scott J.P.R., Kramer A., Petersen N., Green D.A. The role of long-term head-down bed rest in understanding inter-individual variation in response to the spaceflight environment: a perspective review. *Front. Physiol.* 2021; 12: 614619.
15. Башмаков М.Ю., Вейн А.М., Посохов С.И. и др. Идентификация функциональных состояний человека во время ночного сна по показателям сердечного ритма. *Физиологический журнал им. И.М. Сеченова.* 1996; 43–47.

### Assessment of Restoration of Functional Reserves of the Cardiovascular System During the Night Period in Volunteers in an Experiment Simulating Factors of Space Flight by the Method of Heart Rate Variability

L.S. Stulova, O.V. Popova, Ye.S. Luchitskaya, PhD

*Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences*

Contact person: Lidiya S. Stulova, lidastulova@gmail.com

*Assessment of the restoration of functional reserves (sleep quality) during a space flight is extremely important, since the problem of managing fatigue and insomnia during a space mission is crucial for the mental performance and safety of the crew. Anti-orthostatic hypokinesia is a generally recognized model that allows us to study the effects of microgravity on the human body in terrestrial conditions. The aim of this study was to assess the degree of restoration of functional reserves during sleep in test volunteers under conditions of antiorthostatic hypokinesia by the method of heart rate variability. In the course of the study, a decrease in the effectiveness of recovery processes was revealed, expressed in a decrease in parasympathetic activity by 20% by the end of the experimental exposure and an increase in the time of motor activity by 22%. However, the changes are individual in nature, which confirms the need for a personalized approach to the problem of assessing the quality of sleep.*

**Keywords:** space medicine, anti-orthostatic hypokinesia, sleep, heart rate variability