

DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623328>

# Анализ показателей ритма сердца при разных уровнях сонливости

В.А. Демарева\*

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

Задача объективной детекции сонливости по физиологическим показателям является актуальной для обеспечения безопасности транспортных перевозок и функционирования промышленных предприятий. Ввиду повсеместного использования гаджетов для регистрации ритма сердца важно определить валидные метрики, которые согласованы с текущим уровнем сонливости. Исследования показывают, что статистические и спектральные метрики ритма сердца согласованы с уровнем бдительности/сонливости [1, 2].

**Цель работы.** Выявление метрик ритма сердца, которые связаны с относительно низким и высоким уровнем вечерней сонливости в естественных условиях.

В качестве материала для данной статьи было выбрано 32 записи из датасета SSDD (Subjective Sleepiness Dynamics Dataset), собираемого в лаборатории Киберпсихологии ННГУ с 2022 г. Дизайн эксперимента состоял в следующем. Участник у себя дома надевал датчик регистрации ритма сердца (Polar H10) в 19:40 и подключал его к приложению на смартфоне. Далее участник заполнял в электронной системе данные о себе. Начиная с 20:00 и далее каждые 30 минут он отмечал данные о субъективной сонливости по Каролинской (KSS) и Стэнфордской (SSS) шкалам сонливости вплоть до того момента, когда он ложился спать. Отобранные 32 записи удовлетворяли следующим условиям: все участники легли спать с 22:30 до 23:00, вовремя заполнили KSS и SSS на каждом временном этапе (20:00, 20:30, 21:00, 21:30 и 22:00).

Для каждого временного этапа высчитывался интегральный балл сонливости по формуле:

$$sl = (KSS/10 + SSS/7)/2.$$

Для анализа были отобраны 4-минутные записи ритмограмм, соответствующие временным этапам заполнения KSS и SSS. Обработка данных проводилась в Jupyter Notebook. С помощью пакета «hrv-analysis» высчитывались статистические, спектральные и нелинейные метрики ритма сердца (по ритмограмме — последовательности NN-интервалов) для каждого временного этапа. Применялся критерий Стьюдента для сравнения метрик для разных уровней сонливости по интегральному баллу (условно «низкий уровень» считался при  $sl < 0,45$ ; «высокий» — при  $sl > 0,55$ ), а также критерий Пирсона для оценки связи между  $sl$  и метриками ритма сердца на каждом временном этапе.

Оказалось, что метрики, отвечающие за вариативность последовательности NN-интервалов (NNi\_50 ( $p=0,027$ ), NNi\_20 ( $p=0,007$ ), pNNi\_20 ( $p=0,024$ )) имеют меньшие значения для временных этапов, при «низкой» сонливости ( $N=54$ ), чем при «высокой» ( $N=58$ ). Также выяснилось, что индекс вегетативного баланса (отношение мощности спектра вариабельности ритма сердца в области низких частот к мощности в области высоких частот) выше при «высокой» сонливости, чем при «низкой» ( $p=0,015$ ). Корреляционный анализ показал, что связи между интегральным баллом по сонливости и метриками ритма сердца имеются только для временного этапа 20:30. Обнаружены связи  $sl$  с размахом NN-интервалов ( $R=-0,388$ ;  $p=0,028$ ), выраженностью активности симпатического контура регуляции ( $R=-0,383$ ;  $p=0,031$ ), нелинейным парасимпатическим индексом ( $R=-0,359$ ;  $p=0,043$ ).

Таким образом, можно заключить, что относительно высокая сонливость связана с более низкими показателями по вариативности ритма сердца, а также с меньшей активностью вегетативной нервной системы в целом.

**Ключевые слова:** сонливость; ритм сердца; засыпание; спектральные метрики; временные метрики; нелинейные метрики.

## Как цитировать:

Демарева В.А. Анализ показателей ритма сердца при разных уровнях сонливости // Гены и клетки. 2023. Т. 18, № 4. С. 610–613. DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623328>

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Исследование выполнено за счёт средств гранта Российского научного фонда № 22-28-20509, <https://rscf.ru/project/22-28-20509/>

Рукопись получена: 15.05.2023

Рукопись одобрена: 26.11.2023

Опубликована online: 20.01.2024

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Awais M., Badruddin N., Drieberg M. A hybrid approach to detect driver drowsiness utilizing physiological signals to improve system performance and wearability // *Sensors*. 2017. Vol. 17, N 9. P. 1991. doi: 10.3390/s17091991
2. Chua E.C.P., Tan W.Q., Yeo S.C., et al. Heart rate variability can be used to estimate sleepiness-related decrements in psychomotor vigilance during total sleep deprivation // *Sleep*. 2012. Vol. 35, N 3. P. 325–334. doi: 10.5665/sleep.1688

## КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

\* В.А. Демарева; адрес: Российская Федерация, 603022, Нижний Новгород, пр-т Гагарина, д. 23; e-mail: valerija.demareva@fsn.unn.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623328>

# Analysis of heart rate indices at different levels of sleepiness

V.A. Demareva\*

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

## ABSTRACT

The objective detection of sleepiness through physiological indices is crucial for ensuring transportation and industrial safety. As gadgets become more commonplace for measuring heart rate, it is important to identify valid indices that correlate with the level of sleepiness. Research indicates that time-domain and frequency-domain heart rate indices align with levels of alertness and sleepiness [e.g., 1, 2]. The aim of this paper is to identify heart rate indices that correlate with varying degrees of evening sleepiness *in vivo*, whether low or high.

The data analyzed in this paper was obtained from 32 recordings from the SSDD (Subjective Sleepiness Dynamics Dataset) collected at the UNN Cyberpsychology Laboratory since 2022. The experiment was designed in the following manner: participants put on a heart rhythm sensor (Polar H10) at 7:40 PM in their homes and connected it to a smartphone app. Participants then completed a self-reported questionnaire in the electronic system. Starting at 8:00 PM, and every 30 minutes thereafter, the participant recorded data on the subjective level of sleepiness via the Karolinska (KSS) and Stanford (SSS) sleepiness scales up until the time of the participant's bedtime. The selection of 32 recordings met specific criteria: all participants went to bed between 10:30 and 11:00 PM and completed both the KSS and SSS on time at each time point (08:00, 08:30, 09:00, 09:30, and 10:00 PM).

For each time point, an integral sleepiness score was calculated according to the formula:

$$sl=(KSS/10+SSS/7)/2.$$

The 4-minute rhythmogram recordings corresponding to the time points of KSS and SSS filling were chosen for analysis. Data were processed in Jupyter Notebook. Heart rhythm indices, including time-domain, frequency-domain, and nonlinear indices, were computed for each time point from the rhythmogram — NN-interval sequence — using the “hrv-analysis” package. The study employed Student's t-test to compare indices for varying levels of sleepiness based on integral scores, where “low level” was defined as  $sl < 0.45$  and “high level” was defined as  $sl > 0.55$ . Additionally, the Pearson criterion was used to evaluate the correlation between  $sl$  and heart rate indices at each time interval.

The indices responsible for the variability of the NN-interval sequence, namely  $NNi_{50}$  ( $p=0.027$ ),  $NNi_{20}$  ( $p=0.007$ ), and  $pNNi_{20}$  ( $p=0.024$ ), exhibited lower values during periods of “low” sleepiness ( $N=54$ ) as compared to “high” sleepiness ( $N=58$ ). Moreover, we observed that the autonomic balance index, i.e., the ratio of the power of the heart rate variability spectrum in the low-frequency band to that in the high-frequency band, was higher during ‘high’ sleepiness ( $p=0.015$ ). Analysis revealed that correlations between integral sleepiness score and heart rate indices were present only for the 08:30 PM time point. Correlations of  $sl$  with the NN-interval range ( $R=-0.388$ ;  $p=0.028$ ), the severity of sympathetic regulatory circuit activity ( $R=-0.383$ ;  $p=0.031$ ), and the nonlinear cardiovagal index ( $R=-0.359$ ;  $p=0.043$ ) were found.

Thus, it can be inferred that increased sleepiness is associated with decreased heart rate variability indices, along with decreased functioning of the autonomic nervous system overall.

**Keywords:** sleepiness; heart rate; falling asleep; frequency-domain indices; time-domain indices; nonlinear indices.

## To cite this article:

Demareva VA. Analysis of heart rate indices at different levels of sleepiness. *Genes & Cells*. 2023;18(4):610–613. DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623328>

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding sources.** This work was supported by the Russian Science Foundation, grant No. 22-28-20509, <https://rscf.ru/project/22-28-20509/>

Received: 15.05.2023

Accepted: 26.11.2023

Published online: 20.01.2024

## REFERENCES

1. Awais M, Badruddin N, Drieberg M. A hybrid approach to detect driver drowsiness utilizing physiological signals to improve system performance and wearability. *Sensors*. 2017;17(9):1991. doi: 10.3390/s17091991
2. Chua ECP, Tan WQ, Yeo SC, et al. Heart rate variability can be used to estimate sleepiness-related decrements in psychomotor vigilance during total sleep deprivation. *Sleep*. 2012;35(3):325–334. doi: 10.5665/sleep.1688

## AUTHORS' CONTACT INFO

\* V.A. Demareva; address: 23 Gagarin avenue, 603022 Nizhny Novgorod, Russian Federation; e-mail: [valeriia.demareva@fsn.unn.ru](mailto:valeriia.demareva@fsn.unn.ru)