

**В. Ф. Бондаренко, К. А. Судоплатов, Г. В. Квитко**

**ВЛИЯНИЕ ИНДЕКСА МАССЫ ТЕЛА МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ  
НА ЧАСТОТУ И ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА  
В ПОКОЕ И ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

96

*На юношеском контингенте испытуемых продемонстрирована отрицательная корреляционная связь между индексом массы тела и частотой сердечных сокращений в покое, которая исчезала после предъявления физической нагрузки. Наблюдалась зависимость изменения вариабельности сердечного ритма от величины изменения исходной частоты сердечных сокращений под влиянием физической нагрузки. Между индексом массы тела и вариабельностью сердечного ритма корреляционной связи не выявлено.*

*A medical examination on a selected group of young people demonstrated a negative correlation between the body mass index and the heart rate at rest, which disappeared after some physical activity. Physical activity was observed to change the heart rate variability under the influence of the changes magnitude in the initial heart rate. No correlation between body mass index and heart rate variability was established.*

**Ключевые слова:** ИМТ, частота сердечных сокращений, вегетативная регуляция.

**Keywords:** BWI, heart rate, autonomic regulation.

**Введение**

В последние несколько десятилетий внимание исследователей привлекает изучение вариабельности сердечного ритма (ВСР), которая в наилучшей степени отражает, по мнению многих специалистов, регуляцию работы сердца вегетативной нервной системой. В большом количестве исследований была выявлена четкая связь между сниженной ВСР и риском внезапной сердечной смерти и признана ценность использования ВСР для предсказания этого риска [14; 16; 18; 19].

Вместе с тем в настоящее время помимо клинических наблюдений ВСР интенсивно изучается на здоровых людях [3; 7; 13]. В этом случае ВСР отражает влияние разнообразных факторов внешней и внутренней среды организма, которые воздействуют на механизмы регуляции: пол, возраст, температурные условия среды, степень психического комфорта, время суток, сезон, диета, социальные факторы и многие другие. При этом важно учитывать и индивидуальные генетически закрепленные особенности регуляции сердечного ритма, которые складываются в общие закономерности. Накопленная информация позволяет говорить, что люди с высоким значением ВСР отличаются лучшими показателями сердечно-сосудистой системы и демонстрируют большую



устойчивость к стрессу [7; 11; 12; 17]. С другой стороны: ВСП связана с частотой сердечных сокращений (ЧСС). Считается, что чем больше ЧСС, тем меньше ВСП и наоборот. Давно известно: чем выше ЧСС покоя, тем выше риск смерти независимо от ее причины [1, с. 671; 6, с. 131]. Однако в последние годы исследования с использованием метаанализа выявили повышенный риск развития ишемической болезни сердца, внезапной сердечной смерти, сердечной недостаточности, мерцательной аритмии, инсульта, сердечно-сосудистых заболеваний, тотального рака и общей смертности с повышением ЧСС в покое [9; 21].

Один из факторов, оказывающих влияние на ЧСС и ВСП, — индекс массы тела (ИМТ). В ряде работ авторы находят экспериментальное подтверждение этого влияния [6; 9]. Однако имеются также исследования, в которых такое влияние не подтверждается и авторы приходят к выводу, что в любом возрасте ИМТ не связан с ВСП, а зависит в основном от висцерального ожирения [20].

*Цель работы* — рассмотреть зависимость ВСП от индекса массы тела (ИМТ), стандартизируя такой фактор, как возраст испытуемых.

*Задачи:*

- 1) выявить корреляционную связь между ИМТ и различными показателями сердечного ритма;
- 2) оценить значения показателей ЧСС и ВСП в ответ на физическую нагрузку у групп студентов с разным уровнем ИМТ.

## Материалы и методы

Исследование было проведено на выборке, состоявшей из учащихся 2-го курса Медицинского института БФУ им. И. Канта в возрасте 17–19 лет, в зимний период 2018 г. В нем приняли участие 47 юношей и девушек.

ИМТ вычисляли путем деления массы тела в килограммах на квадрат роста в метрах. Контингент испытуемых разделили на 3 группы: с низким ИМТ (менее 20), нормальным (20–25) и высоким (более 25). Первая, вторая и третья группы включили 20, 21 и 6 человек соответственно.

Регистрацию электрокардиограммы (ЭКГ) во втором стандартном отведении (по Эйнтховену) проводили с помощью лабораторного комплекса BIOPAC Student Lab (BSL, США).

Регистрирующие хлорсеребряные электроды-клипсы располагали на теле испытуемых следующим образом. Белый (-) — на передней части правого предплечья у запястья (со стороны ладони), красный (+) и черный (земля) — на середине внутренней стороны левой и правой ноги соответственно, прямо над лодыжкой. Для улучшения проведения электрического сигнала между электродами и кожей испытуемого после обработки их спиртом помещали кардиогель.

Пациент находился в положении сидя, не касался никаких металлических предметов (кранов, труб и т. д.), на конечностях при этом отсутствовали металлические браслеты и кольца.



После 5 минут покоя проводили последовательную регистрацию ЭКГ в течение 40–60 секунд сначала в покое (ЧССп), затем – сразу после физической нагрузки (15 приседаний в течение 20 секунд) (ЧССн). Данные регистрировали и записывали в программе BSL Lessons 3.7.6. Обработку результатов проводили в программе BSL Pro 3.7.3. Программно рассчитывали временной индекс RMSSD (корень квадратный среднеквадратических отклонений последовательных RR-интервалов) в покое и после нагрузки (ВСРп и ВСРн). Вычисляли и такие показатели, как изменение у каждого испытуемого в ответ на нагрузку частоты сердечных сокращений и вариабельности сердечного ритма в абсолютных величинах ( $\Delta\text{ЧСС}$  и  $\Delta\text{ВСР}$ ) и в процентах по отношению к контролю ( $\Delta\text{ЧСС}\%$  и  $\Delta\text{ВСР}\%$ ). Параметры сердечного ритма оценивали с учетом индекса массы тела (ИМТ) испытуемых.

Использовались статистические методы – корреляционный анализ Пирсона между показателями ИМТ и различными показателями сердечного ритма. Различия между группами студентов, имеющими разный ИМТ, по показателям сердечного ритма определяли с помощью U-критерия Манна – Уитни.

### Результаты и обсуждение

В таблице 1 показаны результаты определения корреляционной связи с помощью коэффициента  $r$ -Пирсона ИМТ всей группы испытуемых с различными показателями сердечного ритма. Качественная оценка силы корреляционной связи дана по шкале Чеддока. Она принимала значения от очень слабой до умеренной.

Таблица 1

#### Корреляционная связь между ИМТ и различными показателями сердечного ритма

Связь между параметрами	Коэффициент $r$ -Пирсона	Сила связи по Чеддоку	Достоверность связи
ИМТ/ВСРп	0,028	очень слабая (+)	недост.
ИМТ/ВСРн	-0,003	очень слабая (-)	недост.
ИМТ/ $\Delta\text{ВСР}$	0,033	очень слабая (+)	недост.
ИМТ/ $\Delta\text{ВСР}\%$	0,054	очень слабая (+)	недост.
ИМТ/ЧССп*	-0,271	слабая (-)	дост., $p < 0,01$
ИМТ/ЧССн	-0,029	очень слабая (-)	недост.
ИМТ/ $\Delta\text{ЧСС}$	0,205	слабая (+)	недост.
ИМТ/ $\Delta\text{ЧСС}\%$ *	0,296	слабая (+)	дост., $p < 0,05$
$\Delta\text{ЧСС}/\Delta\text{ВСР}^*$	0,412	умеренная (+)	дост., $p < 0,01$
$\Delta\text{ЧСС}\%/\Delta\text{ВСР}\%*$	-0,488	умеренная (-)	дост., $p < 0,01$

*Примечание.* Критическое значение коэффициента корреляции  $r$ -Пирсона для полученной выборки для  $p = 0,05$  равно 0,21, для  $p = 0,01$  равно 0,27. Звездочкой (\*) обозначена достоверная связь между параметрами.



Была продемонстрирована слабая, но достоверная отрицательная зависимость ИМТ и частоты сердечных сокращений в покое (ИМТ/ЧССп):  $r = -0,27$ ,  $p < 0,05$ . Это совпадает с результатами, полученными Д. А. Дмитриевым с соавторами в 2013 г. на сходном по возрасту, но более многочисленном контингенте испытуемых [4]. Вместе с тем следует упомянуть, что в ряде исследований, наоборот, отмечается значительное увеличение средней ЧСС у людей с ожирением [15; 23]. Отсутствие такого увеличения средней ЧССп в нашей выборке, вероятно, можно объяснить тем, что в ней не было испытуемых с явным ожирением, то есть с ИМТ  $> 30$ .

Эта отрицательная зависимость между ИМТ и ЧСС при предъявлении физической нагрузки (ИМТ/ЧССн), по-видимому, ослабевала и становилась недостоверной ( $r = -0,029$ ).

Близкие по величине коэффициента  $r$ -Пирсона положительные корреляции были получены при определении зависимости ИМТ от абсолютной величины увеличения частоты сердечных сокращений в ответ на физическую нагрузку (ИМТ/ $\Delta$ ЧСС) и от выраженного в процентах отношения этого увеличения к исходной частоте (ИМТ/ $\Delta$ ЧСС%) (+0,205 и +0,296). И если первый коэффициент немного не достигал необходимой величины критического значения (0,210), то есть был недостоверным, то второй был достоверен для уровня значимости  $p < 0,05$ .

Как можно видеть в таблице 1, связи между ИМТ и ВСР и в покое, и при физической нагрузке (коэффициенты  $r$ -Пирсона 0,028 и  $-0,003$  соответственно) оказались очень слабыми и недостоверными. Отсутствие такой зависимости можно объяснить особенностями нашей выборки испытуемых. Как отмечалось выше, в ней не было индивидов с явными признаками ожирения, а ведь именно ожирение, и особенно центральное ожирение, по мнению ряда исследователей [2; 20], ослабляет регуляторные функции вегетативной нервной системы и, следовательно, снижает ВСР. Во всех упомянутых работах сравнивались показатели в группах испытуемых с нормальными значениями ИМТ и с ИМТ  $> 30$ .

Напротив, выраженная умеренная и достоверная корреляционная связь была продемонстрирована между величинами, на которые в ответ на физическую нагрузку изменялись ЧСС и ВСР ( $\Delta$ ЧСС/ $\Delta$ ВСР и  $\Delta$ ЧСС%/ $\Delta$ ВСР%). Между абсолютными величинами она была положительной ( $r = 0,412$ ,  $p < 0,01$ ), а между величинами, выраженными в процентах, — отрицательной ( $r = -0,488$ ,  $p < 0,01$ ). Такое снижение ВСР под влиянием физической нагрузки хотя и является индивидуальным по степени выраженности, но в целом присуще как больным, так и здоровым людям [5].

Результаты определения различных показателей сердечного ритма у испытуемых, отнесенных в соответствии с индексом ИМТ к разным группам, представлены в таблице 2. Различия между группами по этим показателям определяли с помощью  $U$ -критерия Манна — Уитни.



Таблица 2

**Значения показателей ЧСС и ВСР в ответ на физическую нагрузку у групп студентов с разным ИМТ**

Показатель	Низкий ИМТ	Нормальный ИМТ	Высокий ИМТ
ЧСС <sub>п</sub>	84,72 ± 15,38	79,51 ± 11,06	73,31 ± 12,15
ЧСС <sub>н</sub>	119,21 ± 23,61	112,20 ± 17,79	118,73 ± 22,86
ΔЧСС	34,49 ± 14,82	32,69 ± 14,85	45,43 ± 12,78
ΔЧСС%	41,27 ± 17,35	41,99 ± 19,77	61,76 ± 14,14
ВСР <sub>п</sub>	0,06 ± 0,03	0,06 ± 0,03	0,06 ± 0,04
ВСР <sub>н</sub>	0,03 ± 0,02	0,04 ± 0,03	0,02 ± 0,01
ΔВСР	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,02	0,04 ± 0,04
ΔВСР%*	-51,73 ± 24,38	-38,69 ± 27,37	-51,90 ± 30,60

100

Только уменьшение ВСР при физической нагрузке в группе студентов с низким ИМТ согласно U-критерию Манна – Уитни было достоверно больше, чем в группе студентов с нормальным ИМТ ( $p \leq 0,5$ ). Различия остальных параметров в группах студентов с разным ИМТ были недостоверны. Таким образом, подавляющее большинство выявленных на целой выборке закономерностей (см. табл. 1) становятся незаметными при разделении выборки на условные группы по ИМТ (см. табл. 2).

**Заключение**

На юношеском по возрасту контингенте нами продемонстрирована отрицательная зависимость средней ЧСС в покое от ИМТ и исчезновение таковой при нагрузке. Последнее можно объяснить большой вариабельностью индивидуальных реакций сердечно-сосудистой системы на нагрузку.

Отсутствие увеличения средней ЧСС в покое в группе испытуемых с повышенным ИМТ, которое наблюдал в своих работах ряд исследователей [15; 23], мы связываем с особенностями нашей выборки испытуемых, в которой не было людей с ИМТ более 30, то есть с ожирением и связанными с ним уменьшением сердечной парасимпатической и повышением симпатической активности.

Мы не обнаружили и влияния ИМТ на ВСР, о котором сообщают некоторые авторы [6]. Возможно, что это также связано с тем, что в нашей выборке были в недостаточном количестве представлены испытуемые с крайними значениями ИМТ, которые могли заметно сказываться на ВСР. С другой стороны, наши данные совпадают с результатами, полученными бразильскими и японскими исследователями, которые тоже не выявили корреляции между ВСР и ИМТ [8; 15].

При этом связь между изменением ЧСС и изменением ВСР при предъявлении нагрузки проявлялась очень четко.

Отметим, что, на наш взгляд, многие зависимости, связанные с ЧСС и ВСР и ярко проявляющиеся у отдельного индивида, не всегда удается выявить в группе из-за значительной вариабельности индивидуальных показателей.



## Выводы

1. Продемонстрирована отрицательная корреляционная связь между индексом массы тела и частотой сердечных сокращений в покое.
2. При увеличении частоты сердечных сокращений, вызванном достаточной физической нагрузкой, эта зависимость исчезает.
3. Наблюдалась зависимость изменения variability сердечного ритма от величины изменения исходной частоты сердечных сокращений под влиянием физической нагрузки.
4. Между индексом массы тела и variability сердечного ритма корреляционной связи не было выявлено.

101

## Список литературы

1. Амосов Н. М. Энциклопедия Амосова. Алгоритм здоровья. М., 2018.
2. Беленко Е. А., Воробьева О. В. Оценка вегетативной регуляции кардиального обеспечения дозированной физической нагрузки у пациентов с ремитирующей формой рассеянного склероза // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. Спецвыпуски. 2013. №113 (2). С. 43–47.
3. Бондаренко В. Ф., Исмаилова А. К., Курбаналиева Ю. А., Тетерина И. А. Зависимость variability сердечного ритма от частоты сердечных сокращений в юношеском возрасте // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2018. №3. С. 94–102.
4. Димитриев Д. А., Карпенко Ю. Д., Димитриев А. Д. Влияние индекса массы тела на variability сердечного ритма у студентов в условиях относительного покоя и экзаменационного стресса // Социальные аспекты здоровья населения: электрон. науч. журнал. 2012. №6. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/446/30/> (дата обращения: 22.07.2019).
5. Кретова И. Г., Ведясова О. А., Комарова М. В., Ширяева О. И. Анализ и прогнозирование резервных возможностей организма студентов по параметрам variability сердечного ритма // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, №6. С. 556–561.
6. Яблучанский Н. И., Мартыненко А. В. Variability сердечного ритма в помощь практическому врачу. Для настоящих врачей. Харьков, 2010.
7. Allen A. R., Gullixson L. R., Wolhart S. C. et al. Dietary sodium influences the effect of mental stress on heart rate variability: a randomized trial in healthy adults // J. Hypertens. 2014. Vol. 32 (2). P. 374–382.
8. Antelmi I., de Paula R. S., Shinzato A. R. et al. Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease // Am. J. Cardiol. 2004. Vol. 93 (3). P. 381–385.
9. Aune D., Sen A., o'Hartaigh B. et al. Resting heart rate and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies // Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. 2017. Vol. 27 (6). P. 504–517.
10. Barathi S. Subramaniam. Influence of Body Mass Index on Heart Rate Variability (HRV) in evaluating cardiac function in adolescents of a selected Indian population // Diet and nutritional epidemiology for public health. 2011. Vol. 8, №2. P. 14–19.
11. Boonmithi S., Phongsuphap S. Comparison of heart rate variability measures for mental stress detection // Proceedings of the computing in cardiology. China, 2011. P. 85–88.



12. *Castaldo R., Melillo P., Bracale U.* Acute mental stress assessment via short term HRV analysis in healthy adults: a systematic review with meta-analysis // *Bio-med Signal Proces.* 2015. Vol. 18. P. 370–377.

13. *Föhr T., Pietilä J., Helander E. et al.* Physical activity, body mass index and heart rate variability-based stress and recovery in 16 275 Finnish employees: a cross-sectional study // *BMC Public Health.* 2016. Vol. 16. P. 701–714.

14. *Huikuri H.V., Makikallio T.H., Peng C.K. et al.* Fractal correlation properties of R-R interval dynamics and mortality in patients with depressed left ventricular function after an acute myocardial infarction // *Circulation.* 2000. Vol. 101 (1). P. 47–53.

15. *Kazuma N., Otsuka K., Wakamatsu K. et al.* Heart rate variability in normotensive healthy children with aging // *Clin. Exp. Hypertens.* 2002. Vol. 24 (1–2). P. 83–89.

16. *Kleiger R.T., Miller J.P., Bigger J.T.* Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction // *Am. J. Cardiol.* 1987. Vol. 59 (4). P. 256–262.

17. *Laborde S., Brüll A., Weber J.* Trait emotional intelligence in sports: a protective role against stress through heart rate variability? // *Pers Individ Differ.* 2011. Vol. 51. P. 23–27.

18. *La Rovere M.T., Pinna G.D., Maestri R. et al.* Short-term heart rate variability strongly predicts sudden cardiac death in chronic heart failure patients // *Circulation.* 2003. Vol. 107 (4). P. 565–570.

19. *Maheshwari A., Norby F.L., Soliman E.Z. et al.* Low heart rate variability in a 2-minute electrocardiogram recording is associated with an increased risk of sudden cardiac death in the general population: the atherosclerosis risk in communities study // *PLoS One.* 2016. Vol. 11 (8).

20. *Neeru G., Priyanka G., Punam V. et al.* Body mass index (BMI) based study of heart rate variability in young adults // *International Journal Of Basic And Applied Physiology.* 2016. Vol. 5 (1). P. 182–186.

21. *Seviri M., Lynch B.M., Hodge A.M. et al.* Resting heart rate, temporal changes in resting heart rate, and overall and cause-specific mortality // *Heart.* 2018. Vol. 104 (13). P. 1076–1085.

22. *Windham B.G., Fumagalli S., Ble A. et al.* The relationship between heart rate variability and adiposity differs for central and overall adiposity // *J. Obes.* 2012. Vol. 2012. Article ID 149516.

23. *Yadav R.L., Yadav P.K., Yadav L.K. et al.* Association between obesity and heart rate variability indices: an intuition toward cardiac autonomic alteration – a risk of CVD // *Diabetes Metab. Syndr. Obes.* 2017. Vol. 10. P. 57–64.

#### Об авторах

Всеволод Федорович Бондаренко – канд. биол. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: VBondarenko@kantiana.ru

Константин Анатольевич Судоплатов – ст. преп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: ksudoplatov@mail.ru

Геннадий Васильевич Квитко – канд. физ.-мат. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: gkvitko.univ@gmail.com



**The authors**

Dr Vsevolod F. Bondarenko, Associate Professor, I. Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: VBondarenko@kantiana.ru

Konstantin A. Sudoplatov, Senior Lecturer, I. Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: ksudoplatov@mail.ru

Dr Gennadi V. Kvitko, Associate Professor, I. Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: gkvitko.univ@gmail.com