

Журнал медико-биологических исследований. 2024. Т. 12, № 2. С. 172–180.
Journal of Medical and Biological Research, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 172–180.

Научная статья
УДК 612.171
DOI: 10.37482/2687-1491-Z192

Исследование соотношений между показателями ритмической активности сердца человека

Лев Исакович Иржак* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3459-7848>
Надежда Геннадьевна Русских* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4413-8258>
Александра Николаевна Игнатова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3395>

*Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина
(Сыктывкар, Россия)

Аннотация. Цель работы – определить соотношения между электрическими и механическими показателями ритмической активности сердца (РАС) человека с учетом возраста и действия функциональных нагрузок. **Материалы и методы.** Обследовано 146 чел. обоего пола в возрасте от 2 ч после рождения до 92 лет с применением функциональных проб, различающихся в зависимости от возраста испытуемых. Показатели электрокардиограммы (ЭКГ) и частота сердечных сокращений (ЧСС) регистрировались во II стандартном отведении на аппарате «Поли-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново). **Результаты.** Соотношения между показателями РАС прослеживаются с первых часов постэмбриогенеза человека и на протяжении дальнейшей жизни. Полученные данные свидетельствуют о зависимости РАС от возраста и действия функциональных проб, а также подтверждают положение о том, что между динамикой ЧСС и динамикой электрических показателей миокарда существует обратно пропорциональная зависимость. Запись ЭКГ человека при рождении доказывает, что соотношения между показателями ЭКГ и ЧСС сформированы еще в пренатальном периоде. Их соотношения у человека в возрасте от 70 до 92 лет говорят о наличии напряжения, связанного с изнашиванием функциональных систем организма. Основу ЧСС и показателей ЭКГ составляют электрические свойства миокарда, на которые существенное воздействие оказывает вегетативная нервная система (ВНС). Составлен линейный ряд соотношений между ЧСС и интервалами ЭКГ. Максимальные значения длительности интервала РР и сегмента ТР соответствуют минимальным значениям ЧСС. При увеличении ЧСС от 40 до 80 уд/мин длительность сегмента ТР уменьшается в 2-3 раза. В повышении ЧСС до 120 ± 5 уд/мин длительность сегмента ТР снижается до нулевых отметок. Поскольку прирост ЧСС продолжается и далее в ответ на функциональные пробы, очевидно, что на этой стадии процесс обеспечивается только нейрогуморальными компонентами ВНС. В силу максимальной изменчивости длительности сегмента ТР подчеркнута его важнейшая роль в организации РАС.

Ключевые слова: частота сердечных сокращений, электрокардиография, клиностатическая проба, проба Мартине, интервал РР, сегмент ТР

Ответственный за переписку: Лев Исакович Иржак, адрес: 167000, г. Сыктывкар, просп. Октябрьский, д. 55; e-mail: irzhak31@mail.ru

Для цитирования: Иржак, Л. И. Исследование соотношений между показателями ритмической активности сердца человека / Л. И. Иржак, Н. Г. Русских, А. Н. Игнатова // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 2. – С. 172-180. – DOI 10.37482/2687-1491-Z192.

Original article

Correlations Between Rhythmic Activity Parameters of the Human Heart

Lev I. Irzhak* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3459-7848>
Nadezhda G. Russkikh* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4413-8258>
Aleksandra N. Ignatova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3395>

*Pitirim Sorokin Syktyvkar State University
(Syktyvkar, Russia)

Abstract. The purpose of this article was to determine the correlations between the electrical and mechanical parameters of the rhythmic activity of the heart (HRA) in humans taking into account age and the effect of functional loads. **Materials and methods.** The research involved 146 people of both sexes aged between two hours after birth and 92 years, who were examined using functional tests that differed depending on the age of the subjects. Electrocardiogram (ECG) and heart rate (HR) parameters were recorded in the standard lead II using the Poly-Spectrum ECG system (Neurosoft, Ivanovo). **Results.** Correlations between HRA parameters can be traced from the first hours of post-embryogenesis throughout the rest of a person's life. The data obtained indicate a dependence of HRA on the age and on the effect of functional tests, as well as confirm the proposition that there is an inverse relationship between HR dynamics and the dynamics of myocardial electrical parameters. ECG recordings at birth indicate that the correlations between ECG and HR are formed as early as in the prenatal period. Their correlations in people aged between 70 and 92 years indicate a strain associated with the wear and tear of the body's functional systems. HR and ECG parameters are based on the electrical properties of the myocardium, which are significantly affected by the autonomic nervous system (ANS). A linear range of correlations between HR and ECG intervals was compiled. The maximum values of the duration of the PP interval and TP segment correspond to the minimum HR values. With an increase in HR from 40 to 80 beats/min, the duration of the TP segment decreases two- to three-fold. With HR reaching 120 ± 5 beats/min, the duration of the TP segment drops to zero. Since the increase in HR continues further in response to functional tests, it is obvious that at this stage the process is provided only by the neurohumoral components of the ANS. Due to the maximum variability of the duration of the TP segment, its most important role in the organization of HRA is emphasized.

Keywords: heart rate, electrocardiography, clinostatic test, Martinet test, PP interval, TP segment

For citation: Irzhak L.I., Russkikh N.G., Ignatova A.N. Correlations Between Rhythmic Activity Parameters of the Human Heart. *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 172–180. DOI: 10.37482/2687-1491-Z192

Corresponding author: Lev Irzhak, address: prosp. Oktyabr'skiy 55, Syktyvkar, 167000, Russia; e-mail: irzhak31@mail.ru

Ритмическая активность сердца (РАС) служит предметом многочисленных исследований в области нормальной и патологической физиологии человека, а также ветеринарии и животноводства. С их помощью решаются задачи фундаментальной науки и практики [1–5]. Особенность всех этих работ заключается прежде всего в том, что абсолютное их большинство учитывает механизм работы сердца (частоту сердечных сокращений (ЧСС) и ее вариабельность). Однако во многих случаях решение поставленных задач требует, чтобы учитывалась также РАС, связанная с электрическими свойствами миокарда [6–10]. Значительную роль в организации РАС играет такой показатель, получаемый методом электрокардиографии (ЭКГ), как длительность сегмента ТР. Физиологическая функция этого показателя заключается в том, что он служит аналогом диастолы, фазы относительной рефрактерности, и, следовательно, способствует расшифровке процессов возбудимости [11, 12]. В частности, именно с помощью учета длительности сегмента ТР были получены первые сведения о механизме эффекта Астранда [13], заключающегося в том, что при повышении нагрузки на организм человека, вследствие которого происходит увеличение ЧСС, возникает ситуация значительного снижения ударного объема сердца [14].

Цель работы – определить соотношения между электрическими и механическими показателями РАС человека с учетом его возраста и воздействия функциональных нагрузок.

Материалы и методы. Обследовано 146 чел. в возрасте от 2 ч после рождения до 92 лет. Вся выборка была разделена на следующие группы: а) дети двух возрастных категорий: от 2 до 59 ч после рождения ($n = 24$) и от 3 до 7 лет ($n = 25$); б) молодежь в возрасте от 18 до 33 лет ($n = 63$); в) пожилые люди в возрасте от 70 до 92 лет ($n = 34$). С добровольного информированного согласия родителей дети в возрасте от 2 до 59 ч после рождения обследовались в кабинете функциональной диагностики Коми республиканского перинатального центра, а дети

в возрасте от 3 до 7 лет – в Республиканской детской клинической больнице (г. Сыктывкар). Все они были клинически здоровы. Практически здоровые взрослые и пожилые люди, ведущие активный образ жизни, после ознакомления с целью и содержанием работы, а также подписания информированного согласия проходили обследование в научно-исследовательской лаборатории «Проблемы гипоксии» Сыктывкарского государственного университета.

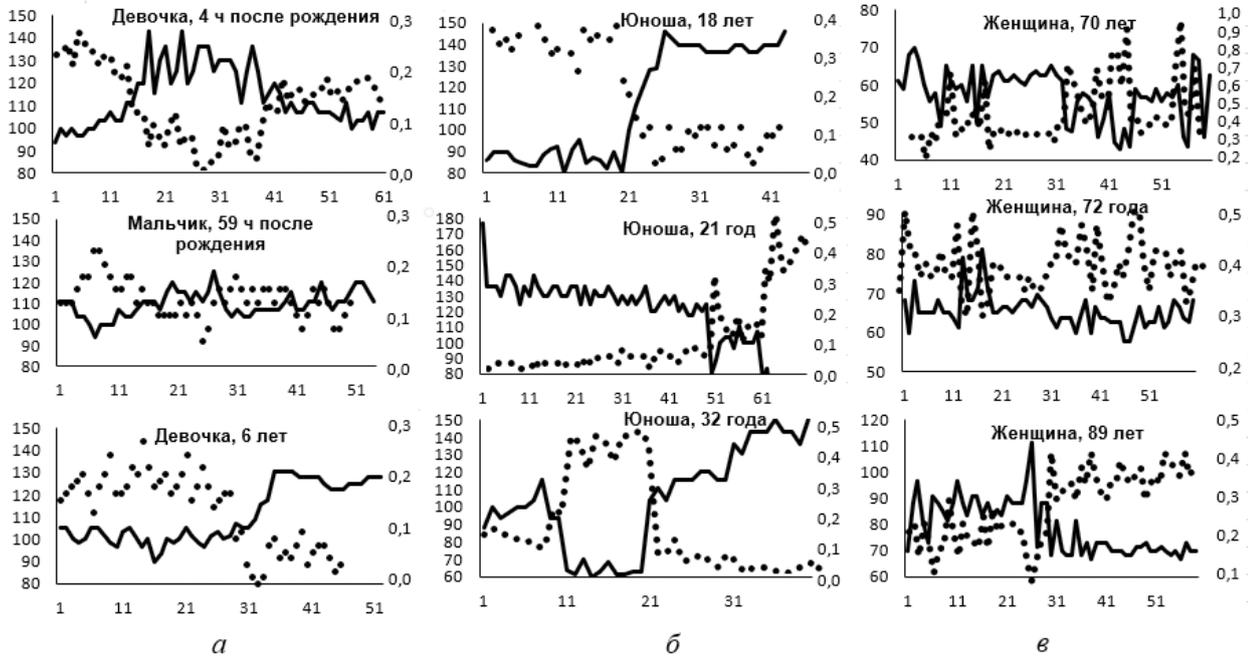
Все измерения проводились с применением аппарата «Поли-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново) во II стандартном отведении.

На основе полученных записей определялись ЧСС, длительности интервала РР и сегмента ТР. В качестве функциональных нагрузок применялись клиностагическая проба и проба Мартине [15]. Рассчитывались корреляции между ЧСС и длительностью ТР, между длительностями РР и ТР. Для этого использовался корреляционный анализ Пирсона. Уровень надежности $p \leq 0,05$.

Цель работы, ее задачи и методы проведения исследований одобрены этическим комитетом Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

Результаты. Соотношения между показателями РАС прослеживаются с первых часов постэмбриогенеза человека и на протяжении дальнейшей жизни. На *рисунке* из каждой возрастной группы представлено по 3 чел., данные этих обследуемых будут приведены при анализе результатов совпадений по ЧСС (*табл. 1*, см. с. 176).

Согласно *рис. а*, у девочки Т. к 4-му часу после рождения ЧСС составляла 90 уд/мин при длительности сегмента ТР 0,30 с. Функциональные раздражения, связанные с подготовкой и записью ЭКГ, вызвали беспокойство ребенка и значительное (в течение 15 с) увеличение ЧСС до 140 уд/мин с соответствующим снижением длительности сегмента ТР до нулевых отметок, т. е. в 1,5 раза. При ЧСС 150 уд/мин длительность сегмента ТР снижалась до 0,06 с. Обращает на себя внимание воз-



Примеры ритмической активности сердца человека по механическим и электрическим показателям согласно возрастным группам: *а* – дети ($n = 3$) от 4 ч после рождения до 6 лет, $r = -0,89$ (r – коэффициент корреляции между ЧСС и длительностью сегмента ТР); *б* – молодые люди ($n = 3$) от 18 до 32 лет, $r = -0,92$; *в* – пожилые люди ($n = 3$) от 70 до 89 лет, $r = -0,85$. Сплошная линия – ЧСС, уд/мин (левая вертикальная шкала); прерывистая линия – длительность сегмента ТР, с (правая вертикальная шкала); по горизонтали – кардиоциклы

Examples of the rhythmic activity of the human heart according to mechanical and electrical parameters by age groups: *a* – children ($n = 3$) aged from 4 hours after birth to 6 years, $r = -0.89$ (r – correlation coefficient between HR and TR segment duration); *б* – young people ($n = 3$) from 18 to 32 years, $r = -0.92$; *в* – older adults ($n = 3$) from 70 to 89 years, $r = -0.85$. Solid line – heart rate, beats/min (vertical scale on the left); broken line – duration of the TR segment, s (vertical scale on the right); horizontal line – cardiac cycles

росшая вариабельность ЧСС на максимуме ответной реакции. У новорожденных детей более старшего возраста (мальчик Б., 59 ч после рождения) изменения РАС менее значительны, хотя и начинаются практически с тех же значений обоих показателей, что и у девочки Т. Исходя из данных, полученных в результате обследования, можно сделать вывод, что у детей длительность сегмента ТР колеблется в пределах от 0 до 0,31 с. ЧСС при этом меняется от 90 до 151 уд/мин.

Как известно [16, 17], данный этап онтогенеза характеризуется очищением легочных путей от амниотической жидкости, освоени-

ем новых путей циркуляции крови. Возникает ситуация родового стресса, на этом фоне маленькое сердце новорожденного совершает большую работу, в которой, очевидно, принимают участие компоненты вегетативной нервной системы (ВНС), особенно после достижения ЧСС 120 уд/мин. Коэффициент корреляции между ЧСС и длительностью сегмента ТР равен $-0,89$.

Что касается результатов детей более старшего возраста, то, как видно из *рис. а*, в контроле у девочки М. (6 лет) ЧСС в среднем 104 уд/мин при длительности сегмента ТР 0,15 с. Под действием пробы Мартине ЧСС повыша-

Таблица 1

Длительность сегмента TP у человека
в зависимости от возраста при одинаковых уровнях
ЧСС

Duration of the TP segment in humans
depending on age at the same heart rate levels

ЧСС, уд/мин	TP, с		
	рис. а	рис. б	рис. в
60	–	0,42	0,36
70	–	0,40	0,34
80	–	0,40	0,32
90	0,22	0,26	0,24
100	0,15	0,18	0,18
110	0,12	0,15	0,12
120	0,08	0,10	–
130	0,06	0,06	–
140	0,04	0,03	–

ется до максимальной цифры в 130 уд/мин с соответствующим снижением длительности сегмента TP до нулевых отметок. По достижении ЧСС 120 уд/мин длительность сегмента TP снижается до 0,03 с. Коэффициент корреляции между ЧСС и длительностью сегмента TP равен $-0,97$.

У взрослых в возрасте от 18 до 32 лет отмечены более значительные по сравнению с детьми изменения показателей PAC под влиянием пробы Мартине (рис. б). В контроле у юноши X. (18 лет) ЧСС в среднем 80–83 уд/мин при длительности сегмента TP 0,30 с. Проба Мартине привела к увеличению ЧСС до 145 уд/мин и обнулению длительности сегмента TP. Начало последнего на уровне 0,10 с совпадает с ЧСС 120 уд/мин. У юноши К. (21 год) действие пробы Мартине вызвало еще более заметные изменения показателей PAC: ЧСС в среднем от 75 уд/мин в контроле увеличилась до 176 уд/мин, длительность TP при этом снизилась от примерно 0,35 до 0,04 с. При ЧСС 120 уд/мин длительность сегмента TP 0,08 с. У мужчины Ф. (32 года) применение клиностатической пробы привело к повышению длительности TP и снижению ЧСС в 2 раза. Проба Мартине увеличила ЧСС с понижением длительности TP

в среднем вдвое. При ЧСС 120 уд/мин длительность сегмента TP составляет примерно 0,02 с. Коэффициент корреляции между ЧСС и длительностью сегмента TP равен $-0,92$.

У людей в возрасте от 70 лет и старше в положении стоя вариабельность сегмента TP достигает ± 10 – 20 % от среднего уровня (рис. в). В качестве функциональной нагрузки использовалась клиностатическая проба. Запись ЭКГ свидетельствует о наличии большой вариабельности показателей PAC, например колебания ЧСС – от 70 до 90 уд/мин. Значительную вариабельность показателей несколько сглаживают результаты действия клиностатической пробы, хотя в среднем очевидно снижение ЧСС примерно на 10–15 % от 60–80 уд/мин до применения пробы, с соответствующим увеличением длительности сегмента TP от 0,20 до 0,42 с.

При сравнении результатов записи ЭКГ людей разного возраста в ответ на функциональные пробы наблюдаются одинаковые значения ЧСС и соответствующие длительности TP. Например, у новорожденной девочки Т. к 4-му часу после рождения (рис. а) и у взрослого человека X. (18 лет) (рис. б) значению ЧСС 140 уд/мин соответствует длительность сегмента TP 0,03 с. У женщины З. (70 лет) (рис. в) значению ЧСС 60 уд/мин соответствует длительность сегмента TP 0,36 с, а у взрослого мужчины Ф. (32 года) (рис. б) такому же значению ЧСС соответствует длительность сегмента TP 0,42 с.

Из общего количества сравнений такого рода значениям ЧСС от 60 до 140 уд/мин соответствуют длительности сегментов TP, различающиеся на 0,04–0,08 с, т. е. результаты практически одинаковы с учетом ошибки метода (см. табл. 1). О тесной связи между ЧСС и длительностью сегмента TP свидетельствуют высокие коэффициенты корреляции.

Из табл. 1 видно, что особенно близки значения длительности сегмента TP в исследуемых группах при ЧСС в пределах от 90 до 110 уд/мин.

На основании представлений о том, что основу всех функциональных отправлений сердца составляют электрические свойства миокарда, следует подчеркнуть связь сегмента TP,

отражающего, по существу, фазу относительной рефрактерности, с явлениями возбудимости [4, 14]. Если под действием функциональных проб фаза относительной рефрактерности и длительность сегмента TP уменьшаются вплоть до нулевых значений, то ЧСС при этом увеличивается. И наоборот, если оба показателя по времени увеличиваются, то значение ЧСС уменьшается. Таким образом, речь идет не об уровне возбудимости, а о времени ее восстановления после снижения в фазе абсолютной рефрактерности.

В более общем виде результаты обследования 146 чел. по всем возрастным группам, разным видам функциональных проб и результатам ЭКГ приведены в *табл. 2*.

Таблица 2

**Линейный ряд соотношений
между ЧСС и длительностью элементов ЭКГ
у человека ($n = 146$)**
**Linear range of correlations
between heart rate and duration of ECG elements
in humans ($n = 146$)**

ЧСС, уд/мин	PP, с	TP, с
40–49	1,50–1,22	0,92–0,62
50–59	1,20–1,02	0,64–0,38
60–69	1,00–0,87	0,50–0,30
70–79	0,86–0,76	0,40–0,14
80–89	0,75–0,68	0,32–0,14
90–99	0,67–0,61	0,26–0,10
100–109	0,60–0,56	0,24–0,00
110–119	0,55–0,51	0,22–0,04
120–129	0,50–0,47	0,20–0,02
130–139	0,46–0,44	0,16–0,00
140–149	0,43–0,41	0,14–0,00
150–159	0,40–0,39	0,12–0,00
160–169	0,38–0,36	0,06–0,00
170–179	0,35–0,34	0,00

Примечание. Коэффициент корреляции между PP и TP $r = 0,84$.

Предложенная таблица позволяет расширить наши представления о кардиотипах. Если рассматривать брадикардию (от 40 до 59 уд/мин), ей соответствует длительность TP от 0,92 до 0,38 с. После 60 уд/мин, когда начинается нормокардия, длительность TP снижается от 0,50 до 0,14 с. При тахикардии (более 80 уд/мин), обусловленной функциональными нагрузками (в частности, при беспокойстве во время записи ЭКГ у новорожденных и пробах Мартине у детей более старшего возраста и взрослых), длительность TP уменьшается от 0,32 с до нулевых отметок. Этот спад связан с увеличением ЧСС от 100 до 120 уд/мин, что было показано на *рисунке*. Если прирост ЧСС продолжается и далее в ответ на функциональные пробы, очевидно, что на этой стадии процесс обеспечивается только нейрогуморальными компонентами ВНС.

Таким образом, наши результаты свидетельствуют о конкретных величинах соотношений между показателями механической и электрической функций сердца человека независимо от возраста и вида нагрузок. Полученные данные подтверждают положение о том, что между динамикой ЧСС и динамикой электрических показателей миокарда существует обратно пропорциональная зависимость.

Обсуждение. Понятие о PAC включает систему сложных процессов, которые начинаются с обмена ионов на мембране миоцитов, обеспечивают переход от потенциала покоя до потенциала действия, вызывают деполяризацию и заканчиваются процессами реполяризации [12]. В ходе этих сложных молекулярно-клеточных переходов подключается действие нейрогуморальных эффекторов, под влиянием которых события замедляются или приобретают ускорение, что прослеживается с помощью ЭКГ как удлинение или укорочение элементов типа PP и TP.

Функциональные свойства сегмента TP определяют роль этого элемента ЭКГ в работе миокарда, которая заключается в восстановлении возбудимости, утраченной во время систолы (в фазе абсолютной рефрак-

терности). Эти свойства сердечной мышцы влияют на сократительную активность сердца независимо от возраста человека, хотя сердце новорожденного, имеющее массу 20–30 г, существенно отличается от взрослого сердца массой 300–400 г.

В постнатальном онтогенезе человека, независимо от возраста и физического статуса, без признаков патологии наследственного или приобретенного характера, нулевая длительность сегмента TP на ЭКГ соответствует нулевому значению диастолы, фазы относительной рефрактерности.

Основой функциональных связей, рассмотренных выше, служат особенности электрических свойств миокарда, которые носят базовый, первичный характер по отношению к способности миоцитов к сокращению. Приведенные в работе материалы позволяют представить, что соотношения между электрическими и механическими свойствами миокарда, сопровождаемые нейрогуморальными компонентами ВНС, формируются в раннем эмбриогенезе, а после рождения человека продолжают действовать на протяжении всей жизни.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. *Ипполитова Т.В., Степура Е.Е., Кузнецов С.В.* Анализ электрофизиологических показателей variability сердечного ритма крупного рогатого скота // *Соврем. вопр. биомедицины.* 2023. Т. 7, № 2(23). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2023_07_02_9
2. *Иржак Л.И., Русских Н.Г., Парицкова А.Н.* Variability временных и амплитудных показателей ЭКГ у людей пожилого и старческого возраста // *Журн. мед.-биол. исследований.* 2021. Т. 9, № 4. С. 355–365. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z073>
3. *Шлык Н.И., Гаврилова Е.А.* Брадикардия и variability сердечного ритма у спортсменов // *Человек. Спорт. Медицина.* 2023. Т. 23, № S1. С. 59–69.
4. *Попов И.В., Иржак Л.И.* Интервалы ЭКГ новорожденных детей раннего неонатального периода // *Педиатрия. Журн. им. Г.Н. Сперанского.* 2017. Т. 96, № 3. С. 75–78. <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2017-96-3-75-78>
5. *Смирнов В.М.* Новое представление о механизме проведения возбуждения по рабочему миокарду // *Рос. кардиол. журн.* 2007. Т. 12, № 1. С. 74–76.
6. *Aagaard P., Sahlén A., Bergfeldt L., Braunschweig F.* Heart Rate and Its Variability in Response to Running – Associations with Troponin // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2014. Vol. 46, № 8. P. 1624–1630. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000270>
7. *Stolarz K., Staessen J.A., Kuznetsova T., Tikhonoff V., State D., Babeanu S., Casiglia E., Fagard R.H., Kawecka-Jaszcz K., Nikitin Y.* Host and Environmental Determinants of Heart Rate and Heart Rate Variability in Four European Populations // *J. Hypertens.* 2003. Vol. 21, № 3. P. 525–535. <https://doi.org/10.1097/00004872-200303000-00018>
8. *Зуйкова Е.Г., Бушма Т.В.* Влияние физической нагрузки на вегетативную регуляцию частоты сердечных сокращений (ЧСС) у студенток, занимающихся аэробикой // *Научные аспекты физической культуры в высшей школе: сб. ст. науч.-практ. и учеб.-метод. междунар. конф., посвящ. 70-летию победы в Великой Отечественной войне.* М.: Нац. исслед. Моск. гос. строит. ун-т, 2015. С. 101–104.
9. *Иржак Л.И., Попов И.В.* Длительность интервалов ЭКГ и уровень variability сердечного ритма у новорожденных детей // *Междунар. журн. приклад. и фундам. исследований.* 2016. № 12-2. С. 286–290.
10. *Наркевич А.Н., Виноградов К.А., Гржибовский А.М.* Множественные сравнения в биомедицинских исследованиях: проблема и способы решения // *Экология человека.* 2020. № 10. С. 55–64. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-10-55-64>

11. Иржак Л.И., Русских Н.Г. Интервально-амплитудные показатели электрических свойств миокарда у человека при физической нагрузке // Физиология человека. 2021. Т. 47, № 2. С. 56–62. <https://doi.org/10.31857/S0131164621020028>
12. Noble A., Johnson R., Thomas A., Bass P. *The Cardiovascular System: Basic Science and Clinical Conditions*. Edinburgh: Elsevier, 2010. 183 p.
13. Åstrand P.-O., Rodahl K., Dahl H.A., Strømme S.B. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. Champaign: Human Kinetics, 2003. 650 p.
14. Иржак Л.И., Русских Н.Г., Паршукова А.Н. Соотношение ультразвуковых и электрокардиографических параметров внутрисердечной гемодинамики при физической нагрузке у человека // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 1. С. 34–40. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z131>
15. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. *Спортивная кардиология: рук. для врачей*. Л.: Медицина, 1989. 463 с.
16. Аршавский И.А. *Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития: Основы негэнтропийной теории онтогенеза*. М.: Наука, 1982. 270 с.
17. Осколкова М.К., Курпиянова О.О. *Электрокардиография у детей*. М.: МЕДпресс, 2001. 350 с.

References

1. Ippolitova T.V., Stepura E.E., Kuznetsov S.V. Analysis of Electrophysiological Indicators of Heart Rate Variability in Cattle. *Mod. Iss. Biomed.*, 2023, vol. 7, no. 2 (in Russ.). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2023_07_02_9
2. Irzhak L.I., Russkikh N.G., Parshukova A.N. Variability of Time and Amplitude ECG Indicators in Older Adults. *J. Med. Biol. Res.*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 355–365. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z073>
3. Shlyk N.I., Gavrilova E.A. Bradycardia and Heart Rate Variability in Athletes. *Hum. Sport Med.*, 2023, vol. 23, no. S1, pp. 59–69 (in Russ.).
4. Popov I.V., Irzhak L.I. ECG Intervals of Newborns in the Early Neonatal Period. *Pediatrics*, 2017, vol. 96, no. 3, pp. 75–78 (in Russ.). <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2017-96-3-75-78>
5. Smirnov V.M. Novoe predstavlenie o mekhanizme provedeniya vzbuzhdeniya po rabochemu miokardu [New Views on Working Myocardium Conductivity Mechanisms]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*, 2007, vol. 12, no. 1, pp. 74–76.
6. Aagaard P., Sahlén A., Bergfeldt L., Braunschweig F. Heart Rate and Its Variability in Response to Running – Associations with Troponin. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2014, vol. 46, no. 8, pp. 1624–1630. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000270>
7. Stolarz K., Staessen J.A., Kuznetsova T., Tikhonoff V., State D., Babeanu S., Casiglia E., Fagard R.H., Kawecka-Jaszcz K., Nikitin Y. Host and Environmental Determinants of Heart Rate and Heart Rate Variability in Four European Populations. *J. Hypertens.*, 2003, vol. 21, no. 3, pp. 525–535. <https://doi.org/10.1097/00004872-200303000-00018>
8. Zuykova E.G., Bushma T.V. Vliyanie fizicheskoy nagruzki na vegetativnyuyu regulyatsiyu chastoty serdechnykh sokrashcheniy (ChSS) u studentok, zanimayushchikhsya aerobikoy [The Influence of Physical Activity on the Autonomic Regulation of Heart Rate (HR) in Female Students Doing Aerobics]. *Nauchnye aspekty fizicheskoy kul'tury v vysshey shkole* [Scientific Aspects of Physical Education in Universities]. Moscow, 2015, pp. 101–104.
9. Irzhak L.I., Popov I.V. Dlitel'nost' intervalov EKG i uroven' variabel'nosti serdechnogo ritma u novorozhdennykh detey [ECG Intervals Duration and Heart Rate Variability Level in Newborn Children]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2016, no. 12-2, pp. 286–290.
10. Narkevich A.N., Vinogradov K.A., Grjibovski A.M. Multiple Comparisons in Biomedical Research: The Problem and Its Solutions. *Hum. Ecol.*, 2020, no. 10, pp. 55–64 (in Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-10-55-64>
11. Irzhak L.I., Russkikh N.G. Interval–Amplitude Indicators of Electrical Properties of Human Myocardium Under Physical Load. *Hum. Physiol.*, 2021, vol. 47, no. 2, pp. 168–174. <https://doi.org/10.1134/S036211972102002X>
12. Noble A., Johnson R., Thomas A., Bass P. *The Cardiovascular System: Basic Science and Clinical Conditions*. Edinburgh, 2010. 183 p.

13. Åstrand P.-O., Rodahl K., Dahl H.A., Strømme S.B. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. Champaign, 2003. 650 p.

14. Irzhak L.I., Russkikh N.G., Parshukova A.N. Correlation Between Ultrasound and Electrocardiographic Parameters of Intracardiac Haemodynamics Under Physical Load in Humans. *J. Med. Biol. Res.*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 34–40. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z131>

15. Dembo A.G., Zemtsovskiy E.V. *Sportivnaya kardiologiya* [Sports Cardiology]. Leningrad, 1989. 463 p.

16. Arshavskiy I.A. *Fiziologicheskie mekhanizmy i zakonomernosti individual'nogo razvitiya: Osnovy negentropiynoy teorii ontogeneza* [Physiological Mechanisms and Patterns of Individual Development. Fundamentals of the Negentropic Theory of Ontogenesis]. Moscow, 1982. 270 p.

17. Oskolkova M.K., Kupriyanova O.O. *Elektrokardiografiya u detey* [Paediatric Electrocardiography]. Moscow, 2001. 350 p.

Поступила в редакцию 13.09.2023 / Одобрена после рецензирования 29.01.2024 / Принята к публикации 05.02.2024.

Submitted 13 September 2023 / Approved after reviewing 29 January 2024 / Accepted for publication 5 February 2024.