DOI: https://doi.org/10.17816/humeco643381 EDN: SKMKHB

Исследование влияния сезонных факторов на показатели частоты сердечных сокращений и сегмента TP ЭКГ у подростков в условиях Европейского Севера

Н.Г. Русских[1], Е.М. Осколкова[2], Л.И. Иржак[1]

[1] Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия;
[2] Коми Республиканский лицей при Сыктывкарском государственном университете, Сыктывкар, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Жители, проживающие в условиях резко-континентального климата Европейского Севера, вырабатывают специфические механизмы адаптации к значительным сезонным колебаниям температуры и другим метеорологическим параметрам. Анализ индивидуальных реакций сердца на эти сезонные изменения является ключевым для понимания физиологических стратегий выживания и адаптации в экстремальных климатических условиях.

Цель. На основании показателей частоты сердечных сокращений и длительности сегмента TP определить соотношения между частотно-временными показателями работы сердца в январе и мае у подростков 15–16 лет, проживающих в Сыктывкаре.

Материалы и методы. У 22 подростков 15–16 лет в положении стоя и в ответ на клиностатическую пробу в январе и мае проводили запись ЭКГ во II стандартном отведении. На основе записи 20 кардиоциклов определяли частоту сердечных сокращений и длительность сегмента TP. Статистическую обработку материала выполняли с помощью пакета программы Excel.

Результаты. Анализ средних групповых данных по частоте сердечных сокращений и длительности сегмента TP не выявил статистически значимых сезонных различий. Более глубокий анализ индивидуальных данных продемонстрировал существенные сезонные колебания как частоты сердечных сокращений, так и длительности сегмента TP. В зимний период наблюдались более выраженные сдвиги частоты сердечных сокращений в ответ на клиностатическую пробу, достигающие 39%, по сравнению с маем (максимальный сдвиг — 23%). Аналогичная тенденция прослеживалась и для длительности сегмента TP. Индивидуальный подход продемонстрировал различные сдвиги как частоты сердечных сокращений, так и длительности сегмента TP у значительной части обследуемых в разные сезоны года.

Заключение. Подтверждена необходимость индивидуального подхода к оценке реакции на сезонные факторы среды.

Ключевые слова: сезоны года; частоты сердечных сокращений; сегмент TP; парасимпатические влияния; вегетативная нервная система; клиностатическая проба; подростки; Европейский Север.

Как цитировать:
Русских Н.Г., Осколкова Е.М., Иржак Л.И. Исследование влияния сезонных факторов на показатели частоты сердечных сокращений и сегмента TP ЭКГ у подростков в условиях Европейского Севера // Экология человека. 2024. Т. 31, № 10. С. 730–737. DOI: 10.17816/humeco643381 EDN: SKMKHB

Рукопись поступила: 24.12.2024 **Рукопись одобрена:** 06.03.2025 **Опубликована online:** 07.04.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2024

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco643381 EDN: SKMKHB

Seasonal Influences on Heart Rate and ECG TP Segment Parameters in Adolescents Living in the European North

Nadezhda G. Russkikh[1], Elena M. Oskolkova[2], Lev I. Irzhak[1]

[1] Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia;
[2] Komi Republican Lyceum at Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Residents of the European North, characterized by a sharply continental climate, develop specific physiological mechanisms to adapt to significant seasonal fluctuations in temperature and other meteorological parameters. Assessing individual cardiac responses to these seasonal variations is essential for understanding physiological survival strategies and adaptation mechanisms in extreme climates.

AIM: To determine the relationships between temporal-frequency parameters of cardiac function based on heart rate and TP segment duration in January and May in 15–16-year-old adolescents residing in Syktyvkar.

METHODS: ECG were recorded in 22 adolescents aged 15–16 years in a standing position and in response to a clinostatic test in January and May ECGs were obtained in lead II, and heart rate and TP segment duration were measured based on 20 consecutive cardiac cycles. Statistical analysis was performed using *Microsoft Excel*.

RESULTS: The analysis of group mean values for heart rate and TP segment duration revealed no statistically significant seasonal differences. A more detailed analysis of individual data demonstrated significant seasonal variability in both heart rate and TP segment duration. In the winter period, heart rate shifts in response to the clinostatic test were more pronounced and reached up to 39%, compared to May (maximum shift of 23%). A similar trend was observed for TP segment duration. An individualized assessment revealed considerable seasonal shifts in both heart rate and TP segment duration among many of the participants.

CONCLUSION: The study confirmed the necessity of an individualized approach to assessing responses to seasonal environmental factors.

Keywords: seasons; heart rate; TP segment; parasympathetic regulation; autonomic nervous system; clinostatic test; adolescents; European North.

To cite this article:
Russkikh NG, Oskolkova EM, Irzhak LI. Seasonal Influences on Heart Rate and ECG TP Segment Parameters in Adolescents Living in the European North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2024;31(10):730–737. DOI: 10.17816/humeco643381 EDN: SKMKHB

Received: 24.12.2024 **Accepted:** 06.03.2025 **Published online:** 07.04.2025

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2024

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco643381 EDN: SKMKHB

在欧洲北部条件下季节性因素对青少年心率与心电图TP段指标的影响研究

Nadezhda G. Russkikh[1], Elena M. Oskolkova[2], Lev I. Irzhak[1]

[1] Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia;
[2] Komi Republican Lyceum at Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

摘要

背景。居住在欧洲北部强大陆性气候条件下的人群，为适应显著的季节性气温变化及其他气象因素，形成了特有的生理适应机制。分析心脏对这些季节变化的个体反应，对于理解极端气候条件下的生存与适应策略具有重要意义。

目的。基于心率与TP段持续时间的参数，探讨居住在Syktyvkar市的15－16岁青少年在1月与5月期间心脏时频特征之间的关系。

材料与方法。对22名15－16岁青少年在站立位和接受体位变换试验（从站立转为卧位）期间，于1月和5月分别记录 II 导联心电图。基于20个心动周期的记录计算心率和TP段持续时间。数据统计处理采用Excel软件。

结果。对心率和TP段持续时间的群体平均值分析未发现统计学意义上的季节差异。然而，个体数据的深入分析显示，心率和TP段持续时间均存在明显的季节性波动。在冬季，心率对体位变换试验的反应更为显著，最大变化幅度达39%，而5月为23%。TP段持续时间的变化趋势亦类似。个体化分析显示，多数受试者在不同季节表现出心率和TP段的不同程度变化。

结论。结果表明，在评估季节性环境影响时，需采用个体化评估方法。

关键词： 季节；心率；TP 段；副交感神经作用；植物神经系统；体位变换试验；青少年；欧洲北部。

引用本文：
Russkikh NG, Oskolkova EM, Irzhak LI. 在欧洲北部条件下季节性因素对青少年心率与心电图TP段指标的影响研究. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology).* 2024;31(10):730–737. DOI: 10.17816/humeco643381 EDN: SKMKHB

收到: 24.12.2024 **接受:** 06.03.2025 **发布日期:** 07.04.2025

ECO•VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2024

ОБОСНОВАНИЕ

Влияние факторов окружающей среды на деятельность сердца — тема, привлекающая внимание исследователей с начала прошлого века. Уже в первые десятилетия XX в. стало очевидным, что сердцебиение не изолировано от внешних условий, а находится в сложной взаимосвязи с меняющимися метеорологическими параметрами и сезонными колебаниями. Ранние исследования, часто опиравшиеся на клинические наблюдения и эпидемиологические данные, зафиксировали корреляцию между изменениями погодных условий и частотой сердечно-сосудистых событий [1]. Однако ограниченные методы исследования того времени не позволяли полноценно раскрыть механизмы этого влияния. Постепенное развитие кардиологии и физиологии, совершенствование методов регистрации и анализа сердечной деятельности, а также расширение понимания адаптационных механизмов организма позволили перейти к более глубокому изучению данной проблемы. В середине и второй половине XX в. исследования сосредоточились на влиянии температуры и атмосферного давления на сердечный ритм, артериальное давление и другие гемодинамические параметры [2, 3].

Современные исследования используют более совершенные методы, включая электрокардиографию, холтер-мониторинг, эхокардиографию и другие инструментальные методы, что позволяет получить более точную и детальную информацию о влиянии факторов окружающей среды на функциональное состояние сердца. На сегодняшний день существует обширный массив данных о зависимости частоты сердечных сокращений (ЧСС) и других показателей сердечной деятельности от сезонных факторов [4]. Однако анализ научной литературы выявляет заметные противоречия: одни исследователи подтверждают наличие выраженной сезонной динамики, другие не находят статистически значимых различий между сезонами. Эти противоречивые результаты могут быть объяснены несколькими факторами, причём одним из ключевых является методология исследования [5–7]. Многие работы опираются на средние популяционные показатели, что приводит к нивелированию индивидуальных особенностей реакции сердечно-сосудистой системы на сезонные изменения. В результате выраженные сезонные колебания у одних индивидов могут компенсироваться отсутствием таких колебаний у других, приводя к получению неоднозначных результатов при анализе средних значений. Кроме того, различия в методах сбора и обработки данных, разная географическая принадлежность исследуемых групп, а также неучёт сопутствующих факторов (возраста, пола, состояния здоровья, уровня физической активности) могут влиять на результаты исследований и приводить к противоречивым выводам. Именно поэтому для более адекватной оценки сезонной зависимости сердечной деятельности необходимо учитывать индивидуальные особенности реакции организма на изменения внешних условий.

Цель исследования. На основании показателей ЧСС и длительности сегмента TP определить соотношения между частотно-временными показателями работы сердца в январе и мае у подростков 15–16 лет, проживающих в Сыктывкаре.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в январе и мае 2023 г. в научно-исследовательской лаборатории «Проблемы гипоксии» государственного университета им. Питирима Сорокина (Сыктывкар, 61° с.ш., 50° в.д.). Условия проведения исследования: температура воздуха в помещении +22–24 °C, первая половина дня. Обследованы одни и те же 22 подростка 15–16 лет (8 мальчиков и 14 девочек), которые родились и проживают в условиях Европейского Севера, учащиеся лицея, без сопутствующих хронических заболеваний и без острого заболевания в период исследования. Родители (законные представители) подписали информированное согласие на обследование, где были разъяснены цель, задачи и методы работы.

Проводили запись ЭКГ с применением аппарата «Нейрософт» (Россия) во II стандартном отведении в положении обследуемых стоя (контроль) и после функциональной пробы парасимпатического характера, в качестве которой использовали клиностатическую пробу (КСП), то есть смену положения тела из ортостаза в клиноположение. На основе записей 20 кардиоциклов каждого обследованного (n=440) на плёнках ЭКГ вручную измеряли длительность интервалов PP и сегментов TP, в миллиметрах с пересчётом в миллисекунды для определения их длительности (50 мм = 1000 мс). Сегмент TP измеряли от окончания зубца T до начала зубца P. Окончание зубца T определяли тангенциальным методом: окончание зубца T — точка пересечения касательной, проведённой из вершины зубца T, и изолинии [8]. ЧСС определяли по результатам записи ЭКГ (по интервалам PP).

Статистическую обработку материала выполняли с помощью пакета программы Excel. В работе описывали данные в виде средних значений (M), стандартного отклонения (SD) и лимитов (min, max). Данные на нормальность распределения определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка, данные имели нормальное распределение. Определяли корреляции между показателями ЭКГ до и после пробы. Для этого использовали корреляционный анализ по Пирсону (r_p). Достоверность различий между показателями вычисляли по t-критерию Стьюдента, различия между параметрами оценивали методом парных сравнений, считая их достоверными при $p \leqslant 0{,}05$. Индивидуальные различия до и после воздействий определяли по арифметическим средним.

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco643381

Тема работы одобрена комитетом по биоэтике Института физиологии Коми научного центра УРО РАН от 26.11.2020 (протокол № 4).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные в результате исследования данные о ЧСС и длительностях сегментов ТР до и после КСП в разные сезоны года приведены в табл. 1 и 2.

Изменчивость ЧСС и длительности сегмента ТР характеризуют лимиты (min, max). ЧСС в положении стоя варьирует в январе в пределах 57 уд/мин (разница — 70% между крайними значениями), в мае находится в пределах 46 уд/мин (разница — 63% между крайними значениями). Результаты ЧСС в контроле составляют в январе и в мае в шести случаях менее 90 уд/мин, в остальных — 90 уд/мин и выше. Средние значения ЧСС статистически одинаковы (см. табл. 1).

Анализ индивидуальных показателей длительности сегмента ТР в положении стоя выявил следующие индивидуальные различия: диапазон изменчивости ТР в январе составил 0,25 с (разница примерно в 5 раз между крайними значениями), в мае — 0,24 с (разница примерно в 3 раза между крайними значениями).

Таблица 1. Показатели частоты сердечных сокращений (уд/мин) у подростков 14–15 лет в зависимости от сезонов года

Table 1. Heart rate (beats/min) in adolescents aged 14–15 years depending on the seasons of the year

Обследуемые Subjects	Январь | January		Май | May	
	Стоя Standing	Клиностатическая проба Clinostatic test	Стоя Standing	Клиностатическая проба Clinostatic test
1	83	81	108	83
2	85	80	81	73
3	99	97	100	106
4	86	76	92	81
5	108	76	104	95
6	115	80	105	81
7	112	95	94	79
8	101	75	89	60
9	98	80	89	72
10	139	116	101	97
11	87	84	97	79
12	117	88	105	84
13	107	81	77	69
14	85	90	102	89
15	82	82	73	70
16	111	76	119	98
17	101	82	110	75
18	99	78	116	94
19	123	116	93	75
20	93	74	100	66
21	105	65	82	72
22	120	75	112	88
M	102	86	98	81
SD	15	13	12	12
min	82	65	73	60
max	139	116	119	106

Таблица 2. Показатели длительности ТР (с) у подростков 14–15 лет в зависимости от сезонов года

Table 2. Indicators of TP duration (sec) in adolescents aged 14-15 years depending on the seasons of the year

Обследуемые Subjects	Январь | January		Май | May	
	Стоя Standing	Клиностатическая проба Clinostatic test	Стоя Standing	Клиностатическая проба Clinostatic test
1	0,27	0,28	0,12	0,25
2	0,25	0,26	0,25	0,32
3	0,15	0,16	0,19	0,14
4	0,24	0,34	0,20	0,28
5	0,16	0,30	0,18	0,21
6	0,11	0,33	0,15	0,31
7	0,12	0,20	0,21	0,29
8	0,18	0,32	0,22	0,52
9	0,12	0,36	0,24	0,39
10	0,05	0,11	0,15	0,15
11	0,19	0,24	0,17	0,29
12	0,15	0,29	0,17	0,29
13	0,12	0,26	0,30	0,38
14	0,23	0,23	0,16	0,23
15	0,30	0,27	0,34	0,37
16	0,10	0,31	0,10	0,19
17	0,15	0,23	0,11	0,33
18	0,18	0,36	0,10	0,21
19	0,07	0,12	0,18	0,30
20	0,22	0,40	0,19	0,47
21	0,14	0,39	0,30	0,41
22	0,09	0,30	0,12	0,21
M	0,17	0,26	0,19	0,30
SD	0,07	0,08	0,07	0,10
min	0,05	0,11	0,10	0,14
max	0,30	0,40	0,34	0,52

Длительность сегмента ТР от 0,05 до 0,30 с в январе и от 0,10 до 0,34 с в мае означает в среднем практически одинаковую величину в январе и в мае (см. табл. 2).

Таким образом, соотношения между ЧСС (102 и 98 уд/мин) и длительностью сегмента ТР (0,17 и 0,19 с) в январе и мае в среднем одинаковы.

Отсутствие явно выраженных различий в средних данных ЧСС и длительности сегмента ТР в январе и мае не исключает наличия таких изменений в ответ на применение КСП. ЧСС под влиянием КСП (см. табл. 1) снижается в среднем в одинаковой степени (16 и 17% в январе и мае соответственно). В то же время, судя по данным табл. 2, длительность сегмента ТР под действием КСП увеличивается на 53% в январе и 59% в мае. Однако более глубокий анализ индивидуальных данных позволяет выявить статистически значимые сезонные колебания ЧСС и длительности сегмента ТР, не заметные на уровне средних показателей (см. табл. 1, 2). В январе наблюдались более выраженные сдвиги ЧСС в ответ на КСП, достигающие 39% по сравнению с маем (максимальный сдвиг 23–35%). Январь также характеризовался и более выраженными индивидуальными изменениями длительности сегмента ТР: у некоторых участников исследования отклонения от исходных значений достигали 2,5-кратного увеличения. Максимальные отклонения в мае составляли примерно 2-кратное увеличение по сравнению с исходными показателями.

Частотные и временны́е показатели работы сердца проявляют обратно пропорциональную зависимость до и после применения функциональной пробы [2]. Между ЧСС и длительностью сегмента ТР до и после КСП отмечены корреляции высокой степени значимости: r_p — –0,91 и –0,90 зимой, r_p — –0,96 и –0,95 летом соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют об изменении соотношений между частотными и временны́ми показателями работы сердца.

ОБСУЖДЕНИЕ

ЧСС — безусловно, интересный и популярный показатель в медицинской практике и научных исследованиях. Простота измерения и наглядность делают ЧСС доступным инструментом для оценки работы сердца. Однако необходимо помнить, что ЧСС — это лишь производная от более глубинных электрических процессов, происходящих в миокарде. Именно поэтому оценка одной только ЧСС может быть недостаточной для полного понимания функционального состояния сердца и его реакции на различные внутренние и внешние факторы. В этом контексте представляется целесообразным рассматривать сегмент ТР ЭКГ как более информативный показатель. Сегмент ТР, отражающий фазу электрической диастолы (период относительной рефрактерности), является наиболее вариативным из всех интервалов и сегментов ЭКГ. Именно в этот период миокард наиболее чувствителен к различным влияниям, и изменения в потенциале покоя кардиомиоцитов, вызванные теми или иными факторами, наиболее наглядно отражаются в длительности сегмента ТР.

Показатели длительности сегмента ТР демонстрируют явное совпадение с показателями ЧСС как в средних групповых данных, так и на индивидуальном уровне. Это

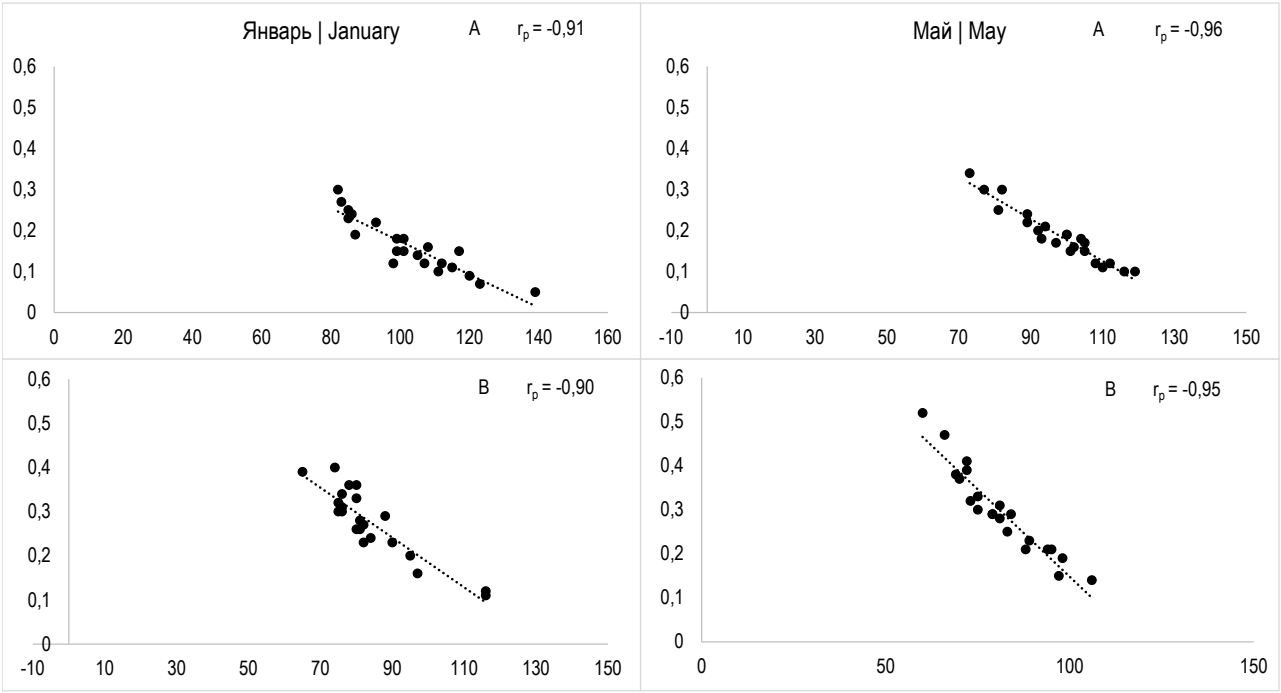

Рис. 1. Корреляции между частотой сердечных сокращений (ЧСС) и длительностью сегмента ТР у подростков 15–16 лет до (A) и после (B) клиностатической пробы в разные сезоны года. По горизонтали — показатели ЧСС (уд/мин), по вертикали — длительность сегмента ТР (с)

Fig. 1. Correlations between heart rate values and TP segment duration in 15–16-year-old adolescents before (A) and after (B) clinostatic test in different seasons of the year. Horizontal axis — heart rate indicators (beats/min), vertical axis — TP segment duration (sec)

наблюдается и в положении стоя, и при функциональной пробе [9]. Совпадение динамики ЧСС и длительности сегмента ТР в средних данных может быть объяснено тем, что оба показателя отражают общие тенденции в работе сердца. Однако более тонкие изменения электрофизиологических свойств миокарда могли бы быть выявлены при анализе индивидуальных данных и более глубоком статистическом анализе изменений сегмента ТР. Анализ данных показал тесную взаимосвязь между ЧСС и длительностью сегмента ТР. При выполнении КСП, сопровождающейся снижением ЧСС, наблюдается увеличение длительности сегмента ТР. Примечательно, что при этом соотношение между изменениями ЧСС и длительностью сегмента ТР остается постоянным. Это свидетельствует о существовании стабильной корреляции между этими двумя показателями, отражающими как механическую (ЧСС), так и электрическую (сегмент ТР) активность сердца (рис. 1). Динамика изменений длительности сегмента ТР полностью соответствует динамике изменений ЧСС, подтверждая их тесную взаимосвязь [2, 9–11].

Необходимо также учесть возможные взаимосвязи между длительностью сегмента ТР, ЧСС и другими показателями сердечной деятельности, а также влияние сопутствующих факторов. Результаты работы впервые показали, что у подростков с их высокими значениями ЧСС и длительности интервалов существует ряд особенностей, которые характеризуют показатели электрических свойств миокарда, значительно превосходящие таковые при нормокардии взрослых людей, проживающих в условиях Европейского Севера [12–14]. Впервые у подростков 15–16 лет подробно рассматривается высокая степень вариабельности сегмента ТР, то есть важная особенность, которая не учитывается в других работах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Индивидуальные колебания в секундах (длительности сегмента ТР) и минутах (ЧСС) у лицеистов демонстрируют значительную вариабельность, что подчёркивает сложность реакции сердечно-сосудистой системы на внешние факторы. Несмотря на это, наблюдается выраженная синхронизация колебаний сегментов ТР и показателей ЧСС как зимой, так и весной. Это указывает на тесную взаимосвязь между электрической активностью миокарда, отражаемой длительностью ТР, и механической работой сердца, отражаемой ЧСС. Важно подчеркнуть, что индивидуальная реакция на разные сезоны весьма разнообразна.

Тем не менее синхронизированность колебаний ЧСС и сегмента ТР, наблюдаемая как зимой, так и весной, указывает на достаточную чувствительность этих показателей для отражения влияния факторов среды в контрастные месяцы года. Более того, индивидуальная вариабельность подчёркивает информативность этих параметров. Рекомендуется использовать их в комплексе в качестве индикаторов индивидуальной чувствительности к факторам среды в течение года у подростков 15–16 лет.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Н.Г. Русских — биоинформатический анализ данных, подготовка и написание текста статьи, сбор и анализ литературных источников; Е.М. Осколкова — экспериментальные процедуры, обзор литературы; Л.И. Иржак — написание текста и редактирование статьи, формулирование дальнейших перспектив исследований в соответствии с целями экологической физиологии. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Этическая экспертиза. Исследование одобрено комитетом по биоэтике Института физиологии Коми научного центра УРО РАН от 26.11.2020 (протокол № 4).

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. N.G. Russkikh — bioinformatics data analysis, preparation and writing of the text of the article, collection and analysis of literary sources; E.M. Oskolkova — experimental procedures, literature review; L.I. Irzhak — writing the text and editing the article, formulating further research prospects in accordance with the goals of ecological physiology. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Ethical expertise. The study was approved by the Bioethics Committee of the Institute of Physiology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences on 11/26/2020 (Protocol No. 4).

Funding sources. No funding.

Disclosure of interests. The authors have no relationships, activities or interests for the last three years related with for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality. In creating this work, the authors did not use previously published information (text, illustrations, data).

Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, and no new data was collected or created.

Generative AI. Generative AI technologies were not used for this article creation.

Provenance and peer-review. This paper was submitted to the journal on an unsolicited basis and reviewed according to the usual procedure. Two external reviewers, a member of the editorial board, and the scientific editor of the publication participated in the review.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Kandror IS. The effect of the polar day and polar night on the human organism under condinions of large settlements. *Gig Sanit*. 1958;23(5):7–13.
2. Irzhak LI, Russkikh NG, Gudkov AB. Analysis of the correlations between ECG components in adolescents both before and after exposure to different types of physical stress in the Subarctic winter conditions. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(12):891–900. doi: 10.17816/humeco626830 EDN: JHKGQD
3. Russkikh NG, Irzhak LI. Variability of electrocardiogram elements in 6–7-year-old children under the influence of physical activity in the conditions of the European North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(10):32–38. doi: 10.33396/1728-0869-2018-10-32-38 EDN: YLBXOP
4. Dernovoy BF, Prosheva VI. *The cardiovascular system under conditions of changing hemodynamic load in humans in the North*. Syktyvkar: Komi nauchnyi tsentr Ural'skogo otdeleniya; 2024. 168 p. EDN: MCMGDM
5. Varlamova NG. *Annual cycles of cardiorespiratory function in humans in the European North* [dissertation]. Syktyvkar; 2020. 280 p. (In Russ.) EDN: GIKMYP
6. Povzun VD, Povzun AA. Seasonal changes in the functional state of the cardiovascular system in female students with different levels of physical activity. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2021;(11):53–55. EDN: ZPVCRZ
7. Tolstov PV, Kalyagin AN, Tatarinova MB. Influence of heliogeophysical and climatic factors on the cardiovascular system: a literature review. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2023;22(8):92–102. doi: 10.15829/1728-8800-2023-3599 EDN: TTOLAW
8. Ignatova AN, Parshukova EA, Oskalenko AM, et al. Corrected QT interval of the electrocardiogram in the prone position in young and healthy men. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(S7):17–18. (In Russ.) EDN: VFCPCE
9. Irzhak LI, Russkikh NG, Parshukova AN. Variability of time and amplitude ecg indicators in older adults. *Journal of Medical and Biological Research*. 2021;9(4):355–365. doi: 10.37482/2687-1491-Z073 EDN: CTACMJ
10. Irzhak LI, Russkikh NG, Ignatova AN. Correlations between rhythmic activity parameters of the human heart. *Journal of Medical and Biological Research*. 2024;12(2):172–180. doi: 10.37482/2687-1491-Z192 EDN: LUFMJM
11. Dudnikova EA, Gerasimenko MV. Temporal relation of ecg elements and cardiac rhythm at rest. *In the World of Scientific Discoveries*. 2016;(3):101–113. doi: 10.12731/wsd-2016-3-8 EDN: VUZRYH
12. Solonin YuG, Markov AL, Bojko ER. The longitudinal study results of the physiological status of male northerners - participants of the project "Mars-500". *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2017;24(10):39–45. doi: 10.33396/1728-0869-2017-10-39-45 EDN: ZIPIMV
13. Makarov LM, Kiseleva II, Dolgikh VV, et al. Normative parameters of ECG in children. *Pediatrics*. 2006;85(2):4–11. (In Russ.) EDN: KWAAGV
14. Kudinova AK, Varlamova NG, Boyko ER. ECG amplitude parameters in men of different ages during submaximal performance testing (exemplified by residents of the European North of Russia). *Journal of Medical and Biological Research*. 2023;11(3):255–264. doi: 10.37482/2687-1491-Z146 EDN: TGJSAN

ОБ АВТОРАХ

*** Русских Надежда Геннадьевна,** канд. биол. наук, доцент;
адрес: Россия, 167005, Сыктывкар, ул. Петрозаводская, д. 21–142;
ORCID: 0000-0003-4413-8258;
eLibrary SPIN: 1240-4336;
e-mail: rung76@mail.ru

Осколкова Елена Михайловна, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-8892-773X;
eLibrary SPIN: 2922-7958;
e-mail: v.oskolkova@mail.ru

Иржак Лев Исакович, д-р биол. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-3459-7848;
eLibrary SPIN: 1156-8956;
e-mail: irzhak31@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Nadezhda G. Russkikh,** Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
address: 21–142 Petrozavodskaya st, Syktyvkar, Russia, 167005;
ORCID: 0000-0003-4413-8258;
eLibrary SPIN: 1240-4336;
e-mail: rung76@mail.ru

Elena M. Oskolkova, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-8892-773X;
eLibrary SPIN: 2922-7958;
e-mail: v.oskolkova@mail.ru

Lev I. Irzhak, Dr. Sci. (Biology), Professor;
ORCID: 0000-0003-3459-7848;
eLibrary SPIN: 1156-8956;
e-mail: irzhak31@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author