

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626830>

# Анализ соотношений между элементами ЭКГ у человека до и после функциональных нагрузок разного типа в условиях Приарктического региона зимой

Л.И. Иржак<sup>1</sup>, Н.Г. Русских<sup>1</sup>, А.Б. Гудков<sup>2</sup><sup>1</sup> Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия;<sup>2</sup> Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Проживание человека в суровых климатических условиях Приарктического региона требует особых адаптивных реакций не только от взрослых людей, но и от детей и подростков. Компенсаторно-приспособительные реакции в таких условиях неодинаковы и зависят от преобладания того или иного типа регуляции вегетативной нервной системы. При этом в адаптивных реакциях к условиям окружающей среды значительная роль принадлежит миокарду и его электрическим свойствам.

**Цель.** Определить соотношение между показателями РР и ТР у подростков под воздействием клиностатической пробы и пробы Мартине в зимний период года.

**Материал и методы.** В исходном состоянии и после выполнения клиностатической пробы и пробы Мартине проводили запись 20 кардиоциклов у 22 волонтеров (подростков 15–16 лет) во II стандартном отведении в положении стоя. На электрокардиограммах определяли длительность интервалов РР и ТР. Статистическую обработку материала выполняли с помощью программы Excel.

**Результаты.** На основании индивидуальных и групповых данных показано, что под действием клиностатической пробы длительность РР и ТР увеличивается, под действием пробы Мартине — уменьшается. Величина изменений РР и ТР в обоих случаях различна. Соотношение РР:ТР составляет 1,0:3,5 под действием клиностатической пробы и 1,0:2,5 — под действием пробы Мартине. Обсуждается вероятность проявления парасимпатических влияний на электрические свойства миокарда при действии клиностатической пробы и симпатических — при действии пробы Мартине.

**Заключение.** В зимний период года у подростков 15–16 лет, жителей Приарктического региона, в ответ на действие клиностатической пробы длительность РР и ТР увеличивается на 25 и 85% соответственно. После пробы Мартине длительность обоих показателей уменьшается соответственно на 15 и 38%. Можно предположить, что установленные изменения длительности интервала РР и сегмента ТР являются проявлением влияний парасимпатических и симпатических отделов вегетативной нервной системы на электрические свойства миокарда при действии функциональных нагрузок разного типа. В рамках экологической физиологии представляется целесообразным проведение подобных работ в другие сезоны года, особенно в переходные: от холодного периода к тёплому (весной) и от тёплого к холодному (осенью).

**Ключевые слова:** Приарктический регион; подростки; электрокардиограмма; клиностатическая проба; проба Мартине.

## Как цитировать:

Иржак Л.И., Русских Н.Г., Гудков А.Б. Анализ соотношений между элементами ЭКГ у человека до и после функциональных нагрузок разного типа в условиях Приарктического региона зимой // Экология человека. 2023. Т. 30, № 12. С. 891–899. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626830>

Рукопись поступила: 13.02.2024

Рукопись одобрена: 07.06.2024

Опубликована online: 24.06.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626830>

# 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

Lev I. Irzhak<sup>1</sup>, Nadezhda G. Russkikh<sup>1</sup>, Andrey B. Gudkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia;

<sup>2</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Adaptive responses to harsh environmental conditions of the Arctic may vary not only among adults, but also among children and adolescents. These compensatory reactions are influenced by the predominant type of regulation of the autonomic nervous system. The myocardium and its electrical properties play a significant role in determining how individuals adapt to environmental conditions.

**AIM:** To study correlations between PP and TR intervals in adolescents undergoing the clinostatic test and the Martinet test during the winter season.

**MATERIAL AND METHODS:** Twenty cardiac cycles were recorded in 22 adolescents aged 15–16 years in the II standard lead, both at baseline and after conducting the clinostatic and Martinet tests. Durations of the RR and TR intervals were measured and used for the analysis. Statistical processing of the data was performed using the MS Excel tables.

**RESULTS:** Based on both individual and group data analysis, it has been observed that the duration of RR and TR increases during the clinostatic test, while it decreases during the Martinet test. The extent of these changes in RR and TR varies between the two tests. Specifically, the RR:TR ratios are 1:3.5 during the clinostatic test and 1:2.5 during the Martinet test. These findings suggest a higher likelihood of parasympathetic influences on the electrical properties of the myocardium during the clinostatic test, and sympathetic influences during the Martinet test.

**CONCLUSION:** Duration of RR and TR intervals increased by 25% and 85%, respectively, in response to the clinostatic test. Conversely, after the Martinet test, the duration of both intervals decreased by 15% and 38%, respectively. These findings suggest that the changes in the duration of RR and TR intervals are influenced by the parasympathetic and sympathetic divisions of the autonomic nervous system, under different types of physical stress. Further research should be conducted in other seasons, particularly during transitional periods such as spring and autumn, to better understand the electrical properties of the myocardium under physical stress.

**Keywords:** Subarctic region; adolescents; electrocardiogram; clinostatic test; Martinet test.

## To cite this article:

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):891–899. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco626830>

Received: 13.02.2024

Accepted: 07.06.2024

Published online: 24.06.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Республика Коми располагается на Европейском Севере и характеризуется уникальным и сложным климатом из-за географического положения: суровые, холодные зимы и недолгое прохладное лето, осадки равномерно распределены на протяжении всего года, сильные ветры круглый год, короткий световой день зимой и белые ночи летом. Это увеличивает нагрузку на все жизненно важные системы организма человека, что может приводить как к перевозбуждению, так и к переутомлению. Такой климат требует особой адаптации не только взрослых людей, но и детей и подростков. Предполагается, что организм человека адаптируется в таких условиях неодинаково и зависит от преобладания того или иного типа регуляции вегетативной нервной системы (ВНС) [1], которая представлена комплексом клеточных структур (центральных и периферических), регулирующих необходимый для адекватной реакции функциональный уровень внутренней среды организма.

Проблема зависимости физиологических функций человека от суровых условий Севера подробно обсуждается в отечественной литературе с первой половины XX в. [2]. Адаптация физиологических систем организма к функциональным нагрузкам в условиях северных территорий является одной из актуальных проблем в области экологической физиологии и биологической науки в целом. Особое внимание уделяется исследованию сердечно-сосудистой системы, которая является наиболее информативным показателем адаптационных перестроек функциональных систем организма человека и отличается высокой реактивностью [3].

Одним из наиболее популярных методов исследования сердечно-сосудистой системы является электрокардиография (ЭКГ), которая широко и прочно вошла в практику кардиофизиологического исследования, в связи с неинвазивностью и технической простотой метода. Важнейшими показателями ЭКГ, которые позволяют оценить функциональные и адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы, являются такие элементы, как интервал РР, обозначающий полный кардиоцикл, и сегмент ТР, который соответствует электрической диаголе, фазе относительной рефрактерности.

Функциональные нагрузки имеют важное диагностическое значение для характеристики состояния сердечно-сосудистой деятельности, её резервных возможностей и пределов нормального реагирования кровообращения. Клиностатическая проба (КСП) и проба Мартине (ПМ) — это щадящие, простые и безопасные способы исследования состояния сердечно-сосудистой системы. В результате нагрузки на организм происходят изменения в сердечном ритме и длительности интервалов на ЭКГ. Эти пробы позволяют оценить не только резервные возможности сердечно-сосудистой системы и кровообращения, но и выявить динамику их развития, характерную для каждого

возраста, а также получить информацию о функциональных резервах организма.

С учётом решающей роли миокарда и его электрических свойств при компенсаторно-приспособительных реакциях к условиям среды [4–10] мы сформулировали цель исследования.

**Цель.** Определение соотношений между показателями РР и ТР у подростков под воздействием КСП и ПМ в зимний период года.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа проведена в январе 2023 г. в научно-исследовательской лаборатории «Проблемы гипоксии» государственного университета им. Питирима Сорокина (Сыктывкар, 61° с.ш., 50° в.д.) при температуре воздуха в помещении +22–24 °С, в первой половине дня. Обследованы 22 подростка 15–16 лет, учащихся лицей (8 мальчиков и 14 девочек), на момент исследования по медицинским картам практически здоровых, которые родились и проживают в условиях Приарктического региона. Родители (законные представители) подписали информированное согласие на обследование, где были разъяснены цель, задачи и методы работы.

Измеряли длину (см) и массу (кг) тела подростков, после 20-минутного отдыха проводили запись ЭКГ с применением аппарата «Нейрософт» (Россия) во II стандартном отведении в положении обследуемых стоя в исходном состоянии и после функциональных проб, в качестве которых использовали КСП, то есть смену положения тела из ортостаза в клиноположение, и ПМ (20 приседаний за 30 с). КСП позволяет оценить реакцию ВНС, вызванную изменением гравитационного градиента под действием двух факторов: гидростатического и компенсаторного. ПМ используют для оценки реакции сердечно-сосудистой системы на стандартную физическую нагрузку и её способность к восстановлению. На основе записей 20 кардиоциклов каждого обследованного ( $n=440$ ) на плёнках ЭКГ вручную измеряли длительность интервалов РР и сегментов ТР, исходя из того, что 50 мм соответствует 1 с (погрешность — 0,5 мм).

Тема работы одобрена комитетом по этике Института физиологии Коми научного центра УРО РАН 16.02.2020 г.

Статистическую обработку материала провели с помощью пакета программы Excel. Данные представлены в виде средних значений (М) и стандартного отклонения (SD). Уровень значимости  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Антропометрические показатели волонтеров в среднем соответствуют стандартам для 15–16-летнего возраста. Индивидуальные данные между крайними значениями показателей различаются на 70% по массе тела и на 16% — по длине тела. Корреляция ( $r_s$ ) между массой

и длиной тела — 0,67 (при  $p \leq 0,05$ ). Ростовой индекс Кетле — около 21 кг/м<sup>2</sup>, что соответствует нормативам [11, 12] (табл. 1).

Полученные данные о длительностях элементов ЭКГ до и после действия функциональных проб разных типов приведены в табл. 2. Как видно, индивидуальные результаты характеризуются значительной изменчивостью и в контроле, и под действием КСП и ПМ. Интервал РР втрое превышает по длительности сегмент ТР в контроле и после КСП. Разница между соотношениями обоих показателей (3,5 и 2,8) статистически незначима. В условиях действия ПМ соотношения между интервалом РР и сегментом ТР по длительности существенно меняются из-за снижения показателя ТР. Так, интервал РР в среднем в 5 раз превышает сегмент ТР. Оба показателя при действии ПМ уменьшаются.

Отмечены корреляции разного уровня между интервалами РР до и после функциональных проб двух типов (рис. 1): между РР до и после КСП — 0,43, до и после ПМ — 0,67 (при  $p \leq 0,05$ ).

Корреляции между сегментами ТР до и в ответ на функциональные пробы несколько отличаются от интервалов РР (рис. 2): между ТР до и после КСП — 0,33, до и после ПМ — 0,52 (при  $p \leq 0,05$ ).

Особый интерес представляют результаты относительных (%) изменений обоих показателей электрических свойств миокарда в результате действия КСП и ПМ (рис. 3).

Под влиянием КСП интервал РР возрастает на 25%, а длительность сегмента ТР — на 85%. Под действием ПМ длительность интервала РР уменьшается на 15%, в то время как длительность сегмента ТР — на 38%.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведённой работы были изучены реакции сердечно-сосудистой системы подростков 15–16 лет, не имеющих специальной физической подготовки, на два щадящих вида физической нагрузки в условиях Приарктического региона Российской Федерации. Подростки получали физическое воспитание согласно учебной программе общеобразовательного учреждения. Полученные данные свидетельствуют о существенной зависимости взаимодействий между электрическими показателями миокарда даже при элементарных воздействиях на организм человека. По существу, соотношения между ЭКГ-элементами РР и ТР относят к таким понятиям, как функциональные корреляции, которые академик И.И. Шмальгаузен более полувека назад отметил в качестве одного из условий поддержания организма [13]. В наше время функциональные корреляции, относящиеся к работе миокарда, рассматриваются в ряде отечественных и зарубежных работ [14, 15]. Сегмент ТР содержит информацию о длительности фазы относительной рефрактерности и о состоянии возбудимости в миоцитах [16, 17]. Одновременно

**Таблица 1.** Антропометрические показатели подростков

**Table 1.** Anthropometric characteristics of adolescents

Пациенты Patients	Длина тела, см Height (cm)	Масса тела, кг Weight (kg)
1	175	73
2	174	59
3	170	72
4	178	68
5	173	50
6	162	47
7	169	59
8	166	68
9	164	51
10	161	57
11	167	66
12	163	59
13	154	43
14	160	44
15	166	49
16	154	54
17	169	69
18	157	47
19	162	50
20	172	55
21	166	54
22	174	59
M	166	57
SD	7	9
Min	154	43
Max	178	73
Счёт/check	22	22

длительность сегмента ТР соответствует периоду диастолы, когда реализуется свободный поток крови через митральный клапан. Известно, что из всех элементов ЭКГ наиболее ярко на любые нагрузки реагирует сегмент ТР [4, 5], снижаясь в ответ на предельные нагрузки до левых отметок.

То обстоятельство, что КСП увеличивает длительность РР и ТР, указывает, по-видимому, на преимущественное влияние парасимпатических компонентов ВНС, а их уменьшение под действием ПМ — о преобладании действия симпатических факторов. Нервная система является одной из ключевых систем в организме, отвечающей

**Таблица 2.** Длительность интервалов РР и сегментов ТР (с) в контроле и после функциональных проб**Table 2.** Duration of RR intervals and TR segments (s) in control and after functional tests

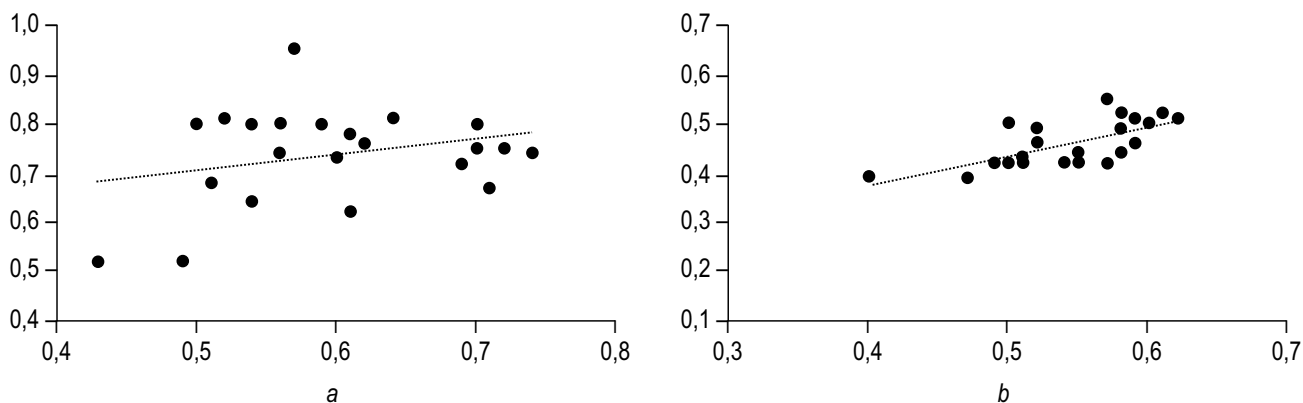
Пациенты Patients	Пол Gender	PP/RR				TP/TR			
		К/С	КСП/CSP	К/С	ПМ/PM	К/С	КСП/CSP	К/С	ПМ/PM
1	м /m	0,72	0,75	0,58	0,49	0,27	0,28	0,12	0,06
2	м /m	0,70	0,75	0,61	0,52	0,25	0,26	0,15	0,10
3	м /m	0,61	0,62	0,57	0,42	0,15	0,16	0,13	0,05
4	м /m	0,70	0,80	0,57	0,55	0,24	0,34	0,12	0,12
5	м /m	0,56	0,80	0,52	0,49	0,16	0,30	0,12	0,10
6	м /m	0,52	0,81	0,50	0,50	0,11	0,33	0,08	0,04
7	ж / f	0,54	0,64	0,58	0,44	0,12	0,20	0,17	0,06
8	ж / f	0,59	0,80	0,51	0,42	0,18	0,32	0,07	0,04
9	м /m	0,62	0,76	0,55	0,42	0,12	0,36	0,10	0,06
10	ж / f	0,43	0,52	0,40	0,39	0,05	0,11	0,04	0,04
11	ж / f	0,69	0,72	0,62	0,51	0,19	0,24	0,15	0,06
12	ж / f	0,51	0,68	0,51	0,43	0,15	0,29	0,13	0,06
13	ж / f	0,56	0,74	0,55	0,44	0,12	0,26	0,10	0,04
14	ж / f	0,71	0,67	0,52	0,46	0,23	0,23	0,07	0,07
15	ж / f	0,74	0,74	0,58	0,52	0,30	0,27	0,13	0,12
16	ж / f	0,54	0,80	0,54	0,42	0,10	0,31	0,10	0,06
17	ж / f	0,60	0,73	0,59	0,46	0,15	0,23	0,13	0,10
18	ж / f	0,61	0,78	0,49	0,42	0,18	0,36	0,07	0,04
19	ж / f	0,49	0,52	0,47	0,39	0,07	0,12	0,08	0,04
20	м /m	0,64	0,81	0,60	0,50	0,22	0,40	0,16	0,06
21	ж / f	0,57	0,95	0,59	0,51	0,14	0,39	0,15	0,10
22	ж / f	0,50	0,80	0,50	0,42	0,09	0,30	0,08	0,04
М		0,60	0,72	0,54	0,46	0,17	0,26	0,11	0,07
SD		0,09	0,10	0,05	0,05	0,07	0,08	0,03	0,03
Min		0,43	0,52	0,40	0,39	0,05	0,11	0,04	0,04
Max		0,74	0,95	0,62	0,55	0,30	0,40	0,17	0,12
Счёт/ check		22	22	22	22	22	22	22	22

*Примечание.* К — контроль; КСП — клиностатическая проба; ПМ — проба Мартине.

*Note.* С — control; CSP — clinostatic test; PM — Martinet test.

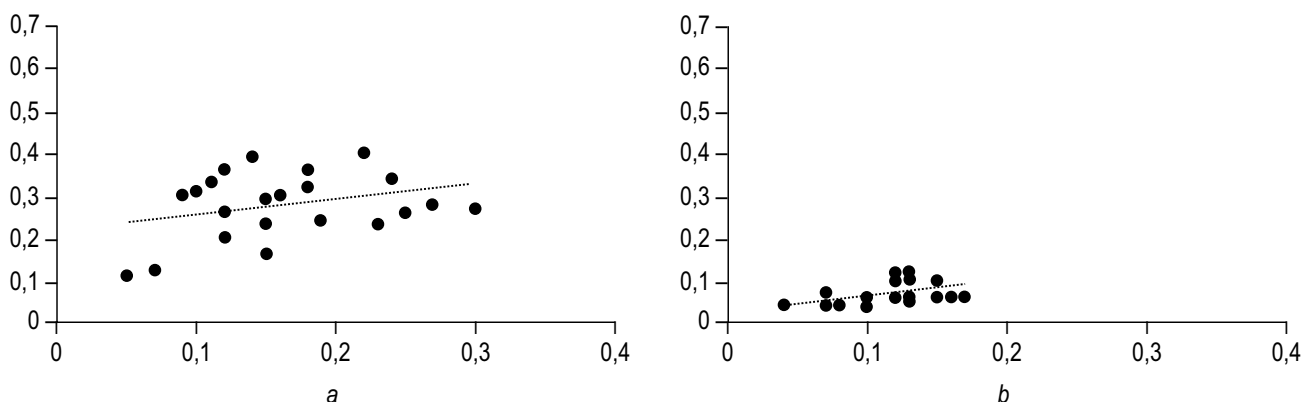
за управление и контроль различных функций организма. Исследования показывают, что в зимние месяцы симпатическая активность резко возрастает, что может быть связано с повышенной потребностью организма в поддержании тепла и энергии. Весной и летом парасимпатическая активность становится более выраженной, что может быть связано с изменениями в обмене веществ и сезонной адаптацией организма. Ряд исследований указывает на связь между симпатической активностью и погодными условиями. Например, повышенную

активность симпатической нервной системы можно наблюдать во время холодных и ветреных дней, с другой стороны, парасимпатическая активность может быть более выраженной в тёплые и солнечные дни, которые обуславливают более спокойное и расслабленное состояние организма. В зависимости от времени года может различаться и восприимчивость к физической активности: зимой симпатическая активность может стимулировать адаптацию организма к холоду и увеличивать энергетические затраты при физической активности, в то время



**Рис. 1.** Корреляции между интервалами РР при клиностатической пробе (а) и пробе Мартине (b): по горизонтали — длительность интервалов (с) в контроле, по вертикали — длительность интервалов (с) после функциональной пробы.

**Fig. 1.** Correlation between RR intervals during the clinostatic test (a) and the Martinet test (b): horizontal axis — duration of the intervals (sec) in the control, vertical axis — duration of the intervals (sec) after the functional test.

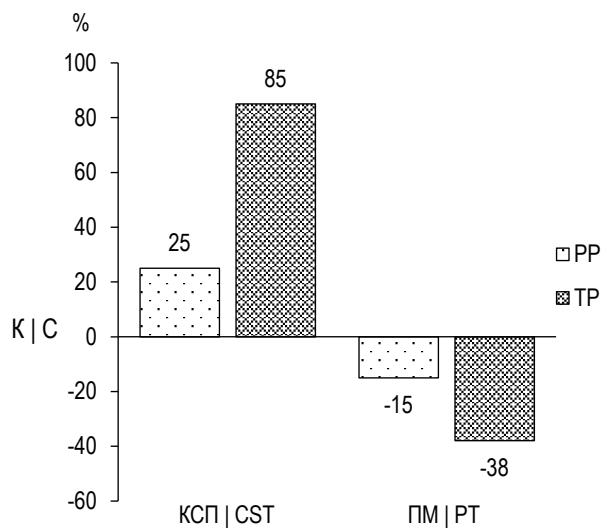


**Рис. 2.** Корреляции между сегментами ТР при клиностатической пробе (а) и пробе Мартине (b): по горизонтали — длительность интервалов (с) в контроле, по вертикали — длительность интервалов (с) после функциональной пробы.

**Fig. 2.** Correlation between TR segments during the clinostatic test (a) and the Martinet test (b): horizontal axis — duration of the intervals (sec) in the control, vertical axis — duration of the intervals (sec) after the functional test.

как летом парасимпатическая активность может способствовать более эффективному восстановлению после физической нагрузки благодаря регуляции сердечно-сосудистой системы.

Следует учитывать, что выполненная работа проводилась в зимнее время, для которого характерно преобладание симпатических составляющих ВНС [2, 18–21], поэтому волонтеры получили двойную нагрузку с симпатическими влияниями — зима и ПМ, которая укорачивает длительность элементов ЭКГ: интервалов РР и сегмента ТР. Парасимпатические же влияния представлены только КСП. Поэтому целесообразно проведение подобных работ с учётом времени года. Зависимость симпатической и парасимпатической активности от времени года и сезонных изменений является интересной темой для исследования. Понимание этих взаимосвязей может помочь в более глубоком анализе физиологических изменений в организме и способствовать разработке индивидуализированных подходов в медицине и спорте. Дальнейшее исследование этой области может привести к разработке новых терапевтических методов и стратегий для регулирования



**Рис. 3.** Изменения (в %) по сравнению с контролем (К) интервалов РР и сегментов ТР в ответ на клиностатическую пробу (КСП) и пробу Мартине (ПМ).

**Fig. 3.** Changes (in %) of PP intervals and TP segments compared to the control (C) in response to the clinostatic test (CST) and the Martinet test (PT).

и поддержания баланса между симпатическим и парасимпатическим влиянием на организм с целью обеспечения его оптимального функционирования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В зимний период года у подростков 15–16 лет, жителей Приарктического региона, в ответ на действие КСП длительность РР и ТР увеличивается на 25 и 85% соответственно. После ПМ длительность показателей уменьшается соответственно на 15 и 38%. Можно предположить, что установленные изменения длительности интервала РР и сегмента ТР являются проявлением парасимпатических влияний на электрические свойства миокарда при действии КСП и симпатических при действии ПМ. В рамках экологической физиологии представляется целесообразным проведение подобных работ в другие сезоны, особенно в переходные: от холодного периода к тёплому (весной) и от тёплого к холодному (осенью).

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Л.И. Иржак — написание всех разделов статьи, утверждение окончательного варианта; Н.Г. Русских — получение, анализ и интерпретация данных, написание первого

варианта статьи; А.Б. Гудков — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, активное участие в окончательной формулировке целей и задач, редактировании работы, формулировании дальнейших перспектив исследований в соответствии с целями экологической физиологии.

**Источники финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Информированное согласие на участие в исследовании.** Все участники до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors contribution.** L.I. Irzhak — writing all sections of the article; N.G. Russkikh — acquisition, analysis and interpretation of the data, writing the first draft of the article; A.B. Gudkov — significant contribution to the concept and design of the study, formulation of objectives, editing and formulating further research perspectives.

**Funding source.** No external funding.

**Competing interests.** No competing interests.

**Patients' consent.** Written consent was obtained from all the study participants prior to the study in accordance with the study protocol approved by the local ethic committee.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варенцова И.А., Чеснокова В.Н., Соколова Л.В. Сезонное изменение психофункционального состояния студентов с разным типом вегетативной регуляции сердечного ритма // Экология человека. 2011. Т. 18, № 2. С. 47–52. EDN: NLWVWF
2. Кандрор И.С. О влиянии полярного дня и полярной ночи на организм человека в условиях крупных населённых пунктах // Гигиена и санитария. 1958. № 5. С. 9–15.
3. Грибанов А.В., Гудков А.Б., Попова О.Н., Крайнова И.Н. Кровообращение и дыхание у школьников в циркумполярных условиях. Архангельск: САФУ, 2016. EDN: VYMOUD
4. Иржак Л.И., Дудникова Е.А., Паршукова А.Н., и др. Влияние физической нагрузки на биоэлектрическую активность сердца жителей Европейского Севера России // Экология человека. 2021. Т. 28, № 7. С. 35–42. doi: 10.33396/1728-0869-2021-7-35-42 EDN: RREFEJ
5. Русских Н.Г., Иржак Л.И. Вариабельность элементов электрокардиограммы 6–7-летних детей под действием физических нагрузок в условиях Европейского Севера // Экология человека. 2018. Т.25, № 10. С. 32–38. EDN: YLBXOP doi: 10.33396/1728-0869-2018-10-32-38
6. Кмить Г.В. Краткосрочная адаптация сократительной функции миокарда к физической нагрузке у детей 8 лет // Новые исследования. 2008. № 4. С. 58–63. EDN: JEWZLPR
7. Гудков А.Б., Мосягин И.Г., Попова О.Н., и др. Особенности структуры сердечного цикла у новобранцев учебного центра ВМФ в Арктической зоне // Морская медицина. 2019. Т. 5, № 3. С. 49–54. EDN: WKHBRQ doi: 10.22328/2413-5747-2019-5-3-49-54
8. Чемпалова Л.С., Башкатова Ю.В., Мельникова Е.Г., Муравьева А.Н. Регуляция сердечно-сосудистой системы женщин Севера РФ в условиях дозированных нагрузок // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2019. № 4. С. 32–40. EDN: OULSNE doi: 10.12737/2306-174X-2019-31-39
9. Шумейко З.А. Особенности сердечно-сосудистой системы у детей и подростков на Севере // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. 2019. № 2. С. 103–104. EDN: NEBMYL
10. Варламова Н.Г., Зенченко Т.А., Бойко Е.Р. Годовая динамика артериального давления и метеочувствительность у женщин // Терапевтический архив. 2017. Т. 89, № 12. С. 56–63. EDN: YPDKUV doi: 10.17116/terarkh2017891256-63
11. Никитюк Д.Б., Попов В.И., Скоблина Н.А., и др. Нормативы для оценки физического развития детей и подростков Российской Федерации. Ч. 2. М.: Научная книга, 2023. EDN: SWBDWI
12. Черная Н.Л., Маскова Г.С., Ганузин В.М., и др. Нормативы оценки антропометрических показателей у детей от 0 до 19 лет в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения. Ярославль, 2018.
13. Шмальгаузен И.И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. Избранные труды. М.: Наука, 1982.
14. Иржак Л.И. О функциональных корреляциях // В мире научных открытий. 2013. № 11–2. С. 138–143. EDN: ROPJGN
15. Bers D.M. Cardiac excitation-contraction coupling // Nature. 2002. Vol. 415, N 6868. P. 198–205. doi: 10.1038/415198a

16. Noble A., Johnson R., Thomas A., Bass P. *The Cardiovascular System. Basic science and clinical Conditions*. Edinburgh; New York: Churchill Livingstone/Elsevier, 2010.
17. Rosati B., Dong M., Cheng L., et al. Evolution of ventricular myocyte electrophysiology // *Physiol. Genomics*. 2008. Vol. 35, N 3. P. 262–272. doi: 10.1152/physiolgenomics.00159.2007
18. Лигута А.В., Лигута В.Ф. Влияние климатогеографических факторов на физическое состояние школьников Дальнего Востока России // *Наука-2020*. 2020. № 8. С. 58–68. EDN: UJDCQY
19. Максимов А.Л. Современные проблемы адаптационных процессов и экологии человека в приполярных и арктических регионах России: концептуальные подходы их решения // *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2015. № 1. С. 131–143. EDN: TQAJOL
20. Симоненко Н.П. Сезонные изменения вегетативной нервной системы организма человека в условиях климата Приморского края // *Наука и образование: проблемы, идеи, инновации*. 2018. № 7. С. 2–5. EDN: IBEQXS
21. Чеснокова В.Н., Мосягин И.Г. Сезонные изменения сердечного ритма у студентов с различными типами вегетативной регуляции на Европейском Севере // *Экология человека*. 2010. Т. 17, № 3. С. 35–39. EDN: KZVBCP

## REFERENCES

1. Varentsova IA, Chesnokova VN, Sokolova LV. Seasonal changes in the psychofunctional state of students with different types of autonomic regulation of heart rate. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2011;18(2):47–52. (In Russ.) EDN: NLWVWF
2. Kandror IS. On the influence of the polar day and the polar night on the human body in large settlements. *Gigiyena i sanitariya (Hygiene and Sanitation)*. 1958;(5):9–15. (In Russ.)
3. Gribanov AV, Gudkov AB, Popova ON, Krainova IN. *Blood circulation and respiration in schoolchildren in circumpolar conditions*. Arkhangelsk: SAFU; 2016. (in Russ.) EDN: VYMOUD
4. Irzhak LI, Dudnikova EA, Parshukova AN, et al. Associations between physical load and cardiac bioelectric activity in residents of the European North of Russia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(7):35–42. doi: 10.33396/1728-0869-2021-7-35-42 EDN: RREFEJ
5. Russkikh NG, Irzhak LI. Variability of electrocardiogram elements in 6–7 years children under the influence of physical activity in the conditions of the European North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(10):32–38. EDN: YLBXOP doi: 10.33396/1728-0869-2018-10-32-38
6. Kmit' GV. Kratkosrochnaya adaptatsiya sokratitel'noy funktsii miokarda k fizicheskoy nagruzke u detey 8 let. *New Study*. 2008;(4):58–63. (In Russ.) EDN: JWZLPR
7. Gudkov AB, Mosyagin IG, Popova ON, et al. Features of the structure of the cardiac cycle in recruits training center of the navy in the Arctic zone. *Marine Medicine*. 2019;5(3):49–54. EDN: WKHBRQ doi: 10.22328/2413-5747-2019-5-3-49-54
8. Chempalova LS, Bashkatova YuV, Melnikova EG, Muravyeva AN. Regulation of the cardiovascular system of women of the North of Russia under conditions of dosated loads. *Complexity. Mind. Postnonclassic*. 2019;(4):32–40. EDN: OULSNE doi: 10.12737/2306-174X-2019-31-39
9. Shumeyko ZA. Features of the cardiovascular system in children and adolescents in the North. *Bulletin of the Northern State Medical University*. 2019;(2):103–104. (In Russ.) EDN: NEBMYL
10. Varlamova NG, Zenchenko TA, Boyko ER. Annual blood pressure dynamics and weather sensitivity in women. *Terapevticheskii Arkhiv*. 2017;89(12):56–63. EDN: YPDKUV doi: 10.17116/terarkh2017891256-63
11. Nikityuk DB, Popov VI, Skoblina NA, et al. *Standards for assessing the physical development of children and adolescents of the Russian Federation*. Part 2. Moscow: Nauchnaya kniga; 2023. EDN: SWBDWI
12. Chernaya NL, Maskova GS, Ganuzin VM, et al. *Standards for the assessment of anthropometric indicators in children from 0 to 19 years old in accordance with the recommendations of the World Health Organization*. Yaroslavl; 2018. (In Russ.)
13. Shmalgauzen II. *The organism as a whole in its individual and historical development. Selected works*. Moscow: Nauka; 1982. (In Russ.)
14. Irzhak LI. About functional correlations. *In the world of scientific discoveries*. 2013;(11–2):138–143. EDN: ROPJGN
15. Bers DM. Cardiac excitation-contraction coupling. *Nature*. 2002;415(6868):198–205. doi: 10.1038/415198a
16. Noble A, Johnson R, Thomas A, Bass P. *The Cardiovascular System. Basic science and clinical Conditions*. Edinburgh; New York: Churchill Livingstone/Elsevier; 2010.
17. Rosati B, Dong M, Cheng L, et al. Evolution of ventricular myocyte electrophysiology. *Physiol Genomics*. 2008;35(3):262–272. doi: 10.1152/physiolgenomics.00159.2007
18. Liguta AV, Liguta VF. The influence of climatic and geographical factors on the physical condition of schoolchildren in the Russian Far East. *Nauka-2020 (Science-2020)*. 2020;(8):58–68. (In Russ.) EDN: UJDCQY
19. Maksimov AL. modern problems of adaptation processes and human ecology in the Polar and Arctic regions of Russia: conceptual approaches to solve them. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2015;(1):131–143. EDN: TQAJOL
20. Simonenko NP. Seasonal changes in the autonomic nervous system of the human body in the climate of Primorsky Krai. *Science and Education: Problems, Ideas, Innovations*. 2018;(7):2–5. (In Russ.) EDN: IBEQXS
21. Chesnokova VN, Mosyagin IG. Seasonal peculiarities of health rhythm control of youth with different pattern of homeostatic organization in the conditions of the European North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2010;17(3):35–39. EDN: KZVBCP



## ОБ АВТОРАХ

**\*Иржак Лев Исакович**, главный научный сотрудник;  
адрес: 167001, Республика Коми, Сыктывкар, Октябрьский пр., 55;  
ORCID: 0000-0003-3459-7848;  
eLibrary SPIN: 1156-8956;  
e-mail: irzhak31@mail.ru

**Русских Надежда Геннадьевна**;  
ORCID: 0000-0003-4413-8258;  
eLibrary SPIN: 1240-4336;  
e-mail: irzhak31@mail.ru

**Гудков Андрей Борисович**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0001-5923-0941;  
eLibrary SPIN: 4369-3372;  
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

## AUTHORS' INFO

**\*Lev I. Irzhak**, Chief research associate;  
address: 55 Oktyabrsky ave, Syktyvkar, 167001, Komi Republic;  
ORCID: 0000-0003-3459-7848;  
eLibrary SPIN: 1156-8956;  
e-mail: irzhak31@mail.ru

**Nadezhda G. Russkikh**;  
ORCID: 0000-0003-4413-8258;  
eLibrary SPIN: 1240-4336;  
e-mail: irzhak31@mail.ru

**Andrey B. Gudkov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;  
ORCID: 0000-0001-5923-0941;  
eLibrary SPIN: 4369-3372;  
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author