

**ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА  
У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ 15–18 ЛЕТ:  
возрастные и половые различия<sup>1</sup>**

А.Л. Марков\*

\*Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук, ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
(г. Сыктывкар, Республика Коми)

Целью данной работы явилось изучение возрастных и половых особенностей вариабельности сердечного ритма (ВСР) у молодых высококвалифицированных лыжников-гонщиков, проживающих на Европейском Севере. Анализ ВСР проведен у 94 юношей и девушек в возрасте от 15 до 18 лет в положении лежа и стоя (ортостатическая проба). Электрокардиограмма была записана в течение 5 мин в положении лежа и 5 мин в положении стоя и анализировалась с помощью аппаратно-программного комплекса «Экосан-2007». Исследование проведено в подготовительный тренировочный период. В положении лежа у лыжников не выявлено влияния возраста и пола на ВСР, отмечено лишь снижение частоты сердечных сокращений (ЧСС) у юношей и девушек 17-18 лет. При ортостазе у обследованных лиц установлены некоторые половые различия в ВСР. У юношей 17-18 лет, по сравнению с девушками, выше суммарная мощность спектра ВСР (TP), абсолютная и относительная мощность низкочастотного спектра (LF), показатель активности регуляторных систем (ПАРС) и ниже относительная мощность очень низкочастотного спектра (VLF). В возрастной группе 15-16 лет различий в вегетативной регуляции ритма сердца у юношей и девушек не выявлено. У юношей также отмечено увеличение с возрастом TP за счет роста мощности LF- и VLF-волн. Двухфакторный дисперсионный анализ показал статистически значимую связь возраста с ЧСС, квадратным корнем суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD), ПАРС, TP, абсолютной и относительной мощностью VLF. Также установлена значимая связь между полом и ЧСС, RMSSD, ПАРС, TP, мощностью высокочастотного компонента ВСР (HF), абсолютной мощностью LF, относительной мощностью VLF. Таким образом, показано, что как возраст, так и пол спортсмена оказывают существенное влияние на ВСР в положении стоя (при ортостатической пробе), но не лежа.

**Ключевые слова:** лыжники-гонщики, Европейский Север, вариабельность сердечного ритма, возраст, пол, ортостатическая проба.

---

<sup>1</sup>Работа выполнена в рамках базового бюджетного финансирования (№ ГР АААА-А17-117012310157-7).

**Ответственный за переписку:** Марков Александр Леонидович, адрес: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50; e-mail: volkarb@mail.ru

**Для цитирования:** Марков А.Л. Вариабельность сердечного ритма у лыжников-гонщиков Республики Коми 15–18 лет: возрастные и половые различия // Журн. мед.-биол. исследований. 2019. Т. 7, № 2. С. 151–160. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.2.151

Влияние окружающей среды отражается на функциональном состоянии организма человека. Сердечно-сосудистая система, активно участвующая в процессах адаптации организма к условиям жизнедеятельности, подвергается существенному воздействию вегетативной нервной системы. Для оценки состояния сердечно-сосудистой системы и функционального состояния организма в настоящее время широко используется анализ variability сердечного ритма (ВСР). Многочисленными исследованиями установлены возрастные и половые различия в ВСР [1–3], в т. ч. и у спортсменов [4, 5]. В работе J. Zhang [6] показано, что возраст играет большую роль, чем пол.

Лыжные гонки – один из наиболее популярных зимних видов спорта. Соревнования по данному виду спорта проводятся в разных возрастных группах. В Российской Федерации соревнования по лыжным гонкам среди юношей и девушек проходят в трех возрастных группах: до 14 лет (младший возраст), 15-16 (средний возраст) и 17-18 лет (старший возраст). В иностранной литературе имеется мало работ, посвященных изучению ВСР у лыжников-гонщиков [7–10], при этом сведения о ВСР у лыжников в возрасте от 15 до 18 лет единичны [11]. При анализе отечественной литературы найдено большее количество работ, в которых изучалась ВСР у лыжников [12–15], однако исследования ВСР у юношей и девушек среднего и старшего возраста также немногочисленны

[16]. Кроме того, необходимо учитывать, что в указанных работах обследовались спортсмены, проживающие в разных природно-климатических зонах, и это может накладывать дополнительный отпечаток на их физиологический статус. В предыдущих работах нами были выявлены существенные широтные [17] и долготные [18] различия в показателях ВСР у взрослых лиц, не занимающихся спортом. Целью данного исследования явилось изучение возрастных и половых особенностей ВСР у лыжников-гонщиков Республики Коми 15–18 лет.

**Материалы и методы.** В общеподготовительный период (июнь 2015, 2016, 2017) обследованы 94 юноши и девушки в возрасте от 15 до 18 лет, входящие в состав сборных команд Республики Коми по лыжным гонкам (I разряд и кандидаты в мастера спорта) (табл. 1).

В исследовании использовали аппаратно-программный комплекс «Экосан-2007» («Медицинские компьютерные системы», г. Зеленоград). Анализ ВСР проводили в соответствии с рекомендациями группы российских экспертов [19]. Добровольцы перед началом исследования проходили период адаптации к окружающим условиям помещения в течение 5-10 мин. Электрокардиограмму регистрировали в одном из стандартных отведений, в течение 5 мин в положении лежа и 5 мин в положении стоя (ортостатическая проба). Одноминутный промежуток времени между положениями не записывали. Вычисляли такие параметры ВСР,

Таблица 1

**АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ОБСЛЕДОВАННЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ ( $M \pm SD$ )**

Параметр	Юноши		Девушки	
	15-16 лет (n = 19)	17-18 лет (n = 27)	15-16 лет (n = 23)	17-18 лет (n = 25)
Длина тела, см	174,8±6,6	174,9±5,1	165,9±5,1	165,8±5,9
Масса тела, кг	67,0±5,9	67,9±4,6	56,8±5,9	56,6±6,5

*Примечания:* 1. Массу и длину тела измеряли на медицинских весах с ростометром. 2.  $M \pm SD$  – среднее значение и стандартное отклонение.

как частота сердечных сокращений (ЧСС), стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN), квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD), стресс-индекс (SI), суммарная мощность спектра (TP), абсолютная (мс<sup>2</sup>) и относительная (%) мощность спектра высокочастотного (HF), низкочастотного (LF), очень низкочастотного (VLF) компонентов ВСП, симпато-вагальный индекс (LF/HF) и показатель активности регуляторных систем (ПАРС).

Исследование было одобрено локальным комитетом по биоэтике при Институте физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. Все спортсмены подписали добровольное согласие на участие в исследовании.

Данные обрабатывали в программе Statistica 6.0. Осуществляли проверку выборки на нормальность распределения вариант. Вследствие асимметричного распределения ряда парамет-

ров ВСП результаты исследования представлены в виде медианы и 25-го и 75-го перцентилей. Для оценки влияния возраста и пола на параметры ВСП проводили двухфакторный дисперсионный анализ. Статистическую значимость различий между группами оценивали с помощью критерия Манна–Уитни. Различия считали значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** В положении лежа у обследованных лыжников не выявлено половых и возрастных различий в ВСП (табл. 2). Отмечено лишь статистически значимое снижение ЧСС у юношей и девушек в возрастной группе 17-18 лет ( $p = 0,044$  и  $p = 0,011$  соответственно). Также у юношей установлено значимое уменьшение ПАРС с возрастом ( $p = 0,006$ ). При сравнении параметров ВСП у юношей и девушек 15-16 лет выявлены различия только по ПАРС ( $p = 0,023$ ).

Двухфакторный дисперсионный анализ не показал статистически значимого влияния воз-

Таблица 2

**АНАЛИЗ ВСП У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ  
В ПОЛОЖЕНИИ ЛЕЖА, Me (25-75-е перцентили)**

Параметр	Юноши		Девушки		Факторный анализ	
	15-16 лет (n = 19)	17-18 лет (n = 27)	15-16 лет (n = 23)	17-18 лет (n = 25)	$P_{\text{пол}}$	$P_{\text{возраст}}$
ЧСС, уд./мин	61,00 (55,50-73,00)	58,00 <sup>#</sup> (52,50-64,50)	65,00 (57,50-69,50)	59,00 <sup>#</sup> (54,00-65,00)	0,689	0,013
RMSSD, мс	80,00 (53,75-117,50)	73,00 (60,50-91,00)	77,00 (44,00-87,00)	79,00 (59,00-104,00)	0,608	0,880
SDNN, мс	73,07 (60,73-102,08)	68,23 (60,86-91,36)	64,25 (47,23-82,73)	66,63 (55,64-88,61)	0,282	0,971
SI, усл. ед.	34,00 (21,25-54,25)	34,00 (19,50-45,00)	43,00 (26,50-97,50)	33,00 (21,00-61,00)	0,164	0,116
TP, мс <sup>2</sup>	4578 (2912-9570)	4132 (3045-5813)	3711 (1832-5865)	3882 (2589-5941)	0,142	0,247
HF, мс <sup>2</sup>	1733 (1027-4484)	1818 (1313-2803)	2080 (915-2759)	1635 (1125-2588)	0,046	0,059
LF, мс <sup>2</sup>	1241 (789-2620)	1107 (791-1669)	1019 (493-1740)	968 (423-1599)	0,398	0,999
VLF, мс <sup>2</sup>	514 (360-779)	550 (326-875)	384 (206-841)	486 (257-769)	0,932	0,618

Окончание табл. 2

Параметр	Юноши		Девушки		Факторный анализ	
	15-16 лет (n = 19)	17-18 лет (n = 27)	15-16 лет (n = 23)	17-18 лет (n = 25)	$P_{\text{пол}}$	$P_{\text{возраст}}$
HF, %	53,30 (36,95-68,10)	49,60 (39,80-55,45)	52,30 (44,10-65,00)	50,90 (38,50-62,50)	0,552	0,510
LF, %	34,50 (23,70-39,80)	33,60 (25,90-38,15)	30,80 (25,00-37,30)	28,70 (23,70-39,80)	0,248	0,824
VLF, %	11,70 (6,90-21,10)	17,60 (11,25-20,95)	15,20 (8,60-19,85)	16,80 (10,10-19,80)	0,636	0,457
LF/HF, усл. ед.	0,77 (0,41-0,93)	0,62 (0,51-0,91)	0,60 (0,38-0,75)	0,49 (0,38-1,00)	0,266	0,625
ПАРС, баллы	5,00 (4,00-6,00)	4,00 <sup>##</sup> (3,00-5,00)	4,00* (3,00-5,00)	4,00 (3,00-5,00)	0,366	0,453

Примечание. Выявлены статистически значимые различия: \* – по сравнению с юношами ( $p < 0,05$ ); # – по сравнению с группой 15-16 лет того же пола (<sup>#</sup> –  $p < 0,05$ ; <sup>##</sup> –  $p < 0,01$ ).

раста и пола на показатели ВСП в положении лежа. Выявлена лишь значимая связь ЧСС с возрастом и абсолютной мощностью HF-волн с полом спортсменов.

В положении стоя у обследованных лыжников выявлен ряд половых и возрастных различий в ВСП (табл. 3). С возрастом и у юношей, и у девушек ЧСС в положении стоя статистически значимо снижается ( $p = 0,001$  и  $p = 0,002$  соответственно). Кроме того, у юношей установлено увеличение с возрастом TP ( $p = 0,029$ ) за счет роста мощности LF- ( $p = 0,014$ ) и VLF-волн ( $p = 0,005$ ). У девушек с увеличением возраста снижается ПАРС ( $p = 0,027$ ).

Половые различия в ВСП при ортостазе выявлены у спортсменов в возрасте 17-18 лет. У юношей статистически значимо выше TP ( $p = 0,024$ ), абсолютная и относительная мощность спектра LF ( $p = 0,018$  и  $p = 0,046$  соответственно), ПАРС ( $p = 0,004$ ) и ниже относительная мощность VLF-волн ( $p = 0,001$ ). В возрастной группе 15-16 лет различий в вегетативной регуляции ритма между юношами и девушками не установлено.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал статистически значимую связь возраста с ЧСС, RMSSD, ПАРС, TP, абсолютной и от-

носительной мощностью VLF. Также установлена значимая связь между полом и ЧСС, RMSSD, ПАРС, TP, абсолютной мощностью HF- и LF-волн, относительной мощностью VLF.

**Обсуждение.** Анализ ВСП у обследуемых лиц не выявил возрастных и половых различий в вегетативной регуляции ритма сердца в положении лежа. В исследованиях ряда авторов у детей и подростков также не установлено связи пола и ВСП [20]. У юношей и девушек, занимающихся спортом, различия в ВСП отсутствуют, тогда как у подростков – не спортсменов отмечены половые различия по ряду временных и спектральных параметров ВСП [21]. W. Bobkowski et al. [22], обследовав лиц в возрасте 3–18 лет, также не выявили половых различий, но установили корреляционные связи между возрастом и рядом параметров ВСП (SDNN, LF/HF, мощностью LF и VLF). Показано, что возрастные изменения параметров ВСП происходят в основном после 20–40 лет [23]. Однако имеется и работа, в которой установлено влияние фактора пола на ВСП, начиная с младшего школьного возраста [16].

Двухфакторный дисперсионный анализ показал лишь значимую связь абсолютной мощности HF-волн с полом обследуемых. Схожие

Таблица 3

**АНАЛИЗ ВСР У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ  
В ПОЛОЖЕНИИ СТОЯ, Me (25-75-е перцентили)**

Параметр	Юноши		Девушки		Факторный анализ	
	15-16 лет (n = 19)	17-18 лет (n = 27)	15-16 лет (n = 23)	17-18 лет (n = 25)	$P_{\text{пол}}$	$P_{\text{возраст}}$
ЧСС, уд./мин	102,00 (84,25-108,75)	85,00 <sup>###</sup> (80,50-94,50)	90,00 (86,00-94,00)	82,00 <sup>#</sup> (75,50-88,00)	0,021	0,001
RMSSD, мс	25,50 (21,50-32,00)	29,00 (24,50-36,50)	23,00 (21,00-30,00)	26,00 (22,00-34,00)	0,034	0,040
SDNN, мс	48,60 (38,43-58,52)	62,07 (43,05-72,47)	47,78 (34,47-61,94)	49,14 (43,75-57,86)	0,240	0,222
SI, усл. ед.	87,50 (68,50-139,25)	74,00 (48,50-124,00)	110,00 (76,00-147,00)	90,00 (71,00-128,00)	0,136	0,407
TP, мс <sup>2</sup>	1827 (1488-2524)	3222 <sup>#</sup> (1698-4821)	1724 (1007-3476)	2577* (1283-3177)	0,036	0,043
HF, мс <sup>2</sup>	293 (168-542)	360 (217-615)	253 (181-436)	208 (144-513)	0,013	0,487
LF, мс <sup>2</sup>	868 (650-1344)	1629 <sup>#</sup> (627-2076)	675 (404-1917)	1196* (518-1670)	0,049	0,138
VLF, мс <sup>2</sup>	249 (168-402)	460 <sup>###</sup> (204-617)	342 (197-492)	401 (310-690)	0,171	0,006
HF, %	17,60 (13,35-31,55)	14,20 (11,80-22,30)	17,00 (12,30-25,60)	19,10 (12,10-26,35)	0,154	0,377
LF, %	63,35 (47,38-69,08)	63,80 (49,15-72,35)	56,70 (48,10-70,30)	53,90* (44,45-65,75)	0,283	0,769
VLF, %	12,45 (9,95-23,28)	18,70 (14,60-24,75)	20,60 (13,70-30,30)	25,60*** (19,15-33,75)	0,001	0,047
LF/HF, усл. ед.	3,88 (1,82-5,14)	4,18 (2,35-5,62)	3,09 (2,04-5,28)	2,89 (1,80-5,62)	0,804	0,195
ПАРС, баллы	6,00 (6,00-7,00)	6,00 (5,00-7,00)	6,00 (5,00-7,00)	5,00** <sup>#</sup> (3,00-6,50)	0,004	0,031

Примечание. Выявлены статистически значимые различия: \* – по сравнению с юношами (\* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ ); # – по сравнению с группой 15-16 лет того же пола (# –  $p < 0,05$ ; ## –  $p < 0,01$ ; ### –  $p < 0,001$ ).

результаты представлены в работе M. Paniccia et al. [24]. При обследовании 294 юных спортсменов в возрасте 13–18 лет множественный регрессионный анализ по большинству параметров ВСР не показал существенных связей с возрастом и полом. Выявлено влияние пола на мощность HF, вследствие чего девушки имели более низкие значения данного показателя по сравнению с юношами.

Несмотря на отсутствие возрастных различий по показателям ВСР, у обследованных нами юношей и девушек в положении лежа установлено снижение ЧСС с возрастом. Похожие результаты были выявлены и в другом исследовании [22]. ЧСС отражает конечный результат многочисленных регуляторных влияний на ритм сердца и потому зависит не только от вегетативной нервной системы.



Ортостатическая проба – широко используемый тест в спортивной физиологии. Благодаря данной пробе можно выявить скрытые изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы и механизмах ее регуляции. Известно, что в норме при переходе в вертикальное положение, как правило, снижаются временные параметры и общая мощность спектра ВСП. При этом в большей степени снижается мощность HF-волн и в меньшей – LF- и VLF-волн [25]. Аналогичные изменения параметров ВСП установлены и нами. Кроме того, выявлено, что у юношей и девушек 15-16 лет реакция на ортостаз проявляется более выраженной активацией симпатической нервной системы.

Половые различия в вегетативной регуляции ритма сердца отмечены у лиц 17-18 лет, тогда как у более молодых юношей и девушек значимых различий в ВСП не выявлено. При ортостазе у девушек отмечен рост активности метаболического звена регуляции ритма сердца, у юношей – активности симпатической нервной системы. Схожие результаты получены и в других исследованиях [9, 26].

С возрастом ЧСС в положении стоя у юношей и девушек существенно снижается. При этом у юношей увеличивается суммарная мощность спектра ВСП за счет роста мощности LF- и VLF-волн. Таким образом, в регуляции ритма сердца возрастает роль нейрогуморальных и метаболических уровней регуляции. Ранее

было показано [27], что у лиц 16–21 года с умеренным преобладанием автономной регуляции сердечного ритма с возрастом происходит увеличение ВСП: повышаются TP, мощность HF, VLF и снижаются ЧСС, SI, мощность LF. У спортсменов мужского пола, начиная с 15-летнего возраста, отмечена высокая реактивность симпатического звена регуляции сердечно-сосудистой системы, что повышает эффективность работы сердца при выполнении физических нагрузок [28]. У девушек выявленное нами снижение значений ПАРС с возрастом свидетельствует о росте у них адаптационных возможностей организма.

Таким образом, показано, что у обследованных юношей и девушек ЧСС снижается с возрастом. При ортостатической пробе выявлено, что как возраст, так и пол спортсмена оказывают существенное влияние на ВСП в положении стоя. Половые различия в вегетативной регуляции ритма сердца установлены в группе лиц 17-18 лет. При ортостазе у юношей выше вклад симпатической нервной системы в регуляцию сердечного ритма и ниже влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр, чем у девушек. У юношей 17-18 лет, по сравнению с 15-16-летними спортсменами, выявлен более экономный режим работы сердца.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Almeida-Santos M.A., Barreto-Filho J.A., Oliveira J.L., Reis F.P., da Cunha Oliveira C.C., Sousa A.C. Aging, Heart Rate Variability and Patterns of Autonomic Regulation of the Heart // Arch. Gerontol. Geriatr. 2016. Vol. 63. P. 1–8.
2. Kang D., Kim Y., Kim J., Hwang Y., Cho B., Hong T., Sung B., Lee Y. Effects of High Occupational Physical Activity, Aging, and Exercise on Heart Rate Variability Among Male Workers // Ann. Occup. Environ. Med. 2015. Vol. 27. Art. № 22.
3. Koenig J., Thayer J.F. Sex Differences in Healthy Human Heart Rate Variability: A Meta-Analysis // Neurosci. Biobehav. Rev. 2016. Vol. 64. P. 288–310.
4. Abad C., Kobal R., Kitamura K., Gil S., Pereira L., Loturco I., Nakamura F. Heart Rate Variability in Elite Sprinters: Effects of Gender and Body Position // Clin. Physiol. Funct. Imaging. 2017. Vol. 37, № 4. P. 442–447.
5. Surina-Marysheva E.F., Erlikh V., Korablyova Y., Krivokhizhina L., Kantukov S. Heart Rate Variability in 13-16-Year-Old Hockey Players // Gazz. Medica Ital. Arch. per le Sci. Mediche. 2018. Vol. 177, № 3, Suppl. 1. P. 88–96.

6. Zhang J. Effect of Age and Sex on Heart Rate Variability in Healthy Subjects // *J. Manip. Physiol. Ther.* 2007. Vol. 30, № 5. P. 374–379.
7. Hedelin R., Bjerle P., Henriksson-Larsén K. Heart Rate Variability in Athletes: Relationship with Central and Peripheral Performance // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001. Vol. 33, № 8. P. 1394–1398.
8. Schmitt L., Willis S.J., Coulmy N., Millet G.P. Effects of Different Training Intensity Distributions Between Elite Cross-Country Skiers and Nordic-Combined Athletes During Live High-Train Low // *Front. Physiol.* 2018. Vol. 9. Art. № 932.
9. Schäfer D., Gjerdalen G.F., Solberg E.E., Khokhlova M., Badijeva V., Herzig D., Trachsel L.D., Noack P., Karavirta L., Eser P., Saner H., Wilhelm M. Sex Differences in Heart Rate Variability: A Longitudinal Study in International Elite Cross-Country Skiers // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2015. Vol. 115, № 10. P. 2107–2114.
10. Mendia-Iztueta I., Monahan K., Kyröläinen H., Hynynen E. Assessment of Heart Rate Variability Thresholds from Incremental Treadmill Tests in Five Cross-Country Skiing Techniques // *PLoS ONE.* 2016. Vol. 11, № 1. Art. № e0145875.
11. Hedelin R., Wiklund U., Bjerle P., Henriksson-Larsén K. Pre- and Post-Season Heart Rate Variability in Adolescent Cross-Country Skiers // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2000. Vol. 10, № 5. P. 298–303.
12. Белова Е.Л., Румянцева Н.В. Взаимосвязь показателей ритма сердца и некоторых характеристик тренировочных и соревновательных нагрузок квалифицированных лыжников-гонщиков // *Вестн. спорт. науки.* 2009. № 4. С. 29–33.
13. Сидоренко Т.А., Калашиников А.В., Юрьев Ю.Н., Шурманов Е.Г. Анализ гендерных различий показателей сердечного ритма у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта // *Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* 2015. № 5(123). С. 164–168. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2015.05.123.p164-168
14. Вукулов А.Д., Бочаров М.В., Каунина Д.В., Бойков В.Л. Регуляция сердечной деятельности у спортсменов высокой квалификации // *Вестн. спорт. науки.* 2017. № 2. С. 31–36.
15. Людина А.Ю., Марков А.Л., Бойко Е.Р. Изучение связи эссенциальной альфа-линоленовой кислоты с вариабельностью сердечного ритма у лыжников-гонщиков // *Спорт. медицина: наука и практика.* 2018. Т. 8, № 1. С. 17–22. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.17
16. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 259 с.
17. Солонин Ю.Г., Марков А.Л., Бойко Е.Р., Аканов А.А., Ешманова А.К. Сравнение результатов спутниковых исследований по проекту «Марс-500» в Сыктывкаре и Алматы // *Физиология человека.* 2015. Т. 41, № 3. С. 98–105. DOI: 10.7868/S0131164615030169
18. Суханова И.В., Вдовенко С.И., Максимов А.Л., Марков А.Л., Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Сравнительный анализ морфофункциональных показателей у жителей Европейского Севера и Северо-Востока России // *Экология человека.* 2014. № 10. С. 3–11.
19. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П., Довгалецкий П.Я., Кукушкин Ю.А., Миронова Т.Ф., Прилуцкий Д.А., Семенов Ю.Н., Федоров В.Ф., Флейшман А.Н., Медведев М.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // *Вестн. аритмологии.* 2001. № 24. С. 65–87.
20. Gąsior J.S., Sacha J., Jeleń P.J., Pawłowski M., Werner B., Dąbrowski M.J. Interaction Between Heart Rate Variability and Heart Rate in Pediatric Population // *Front. Physiol.* 2015. Vol. 6. Art. № 385.
21. Sharma V.K., Subramanian S.K., Arunachalam V., Rajendran R. Heart Rate Variability in Adolescents – Normative Data Stratified by Sex and Physical Activity // *J. Clin. Diagn. Res.* 2015. Vol. 9, № 10. P. CC08–CC13.
22. Bobkowski W., Stefaniak M.E., Krauze T., Gendera K., Wykretowicz A., Piskorski J., Guzik P. Measures of Heart Rate Variability in 24-h ECGs Depend on Age but not Gender of Healthy Children // *Front. Physiol.* 2017. № 8. Art. № 311.
23. Yukishita T., Lee K., Kim S., Yumoto Y., Kobayashi A., Shirasawa T., Kobayashi H. Age and Sex-Dependent Alterations in Heart Rate Variability: Profiling the Characteristics of Men and Women in Their 30s // *Anti-Aging Med.* 2010. Vol. 7, № 8. P. 94–99.
24. Panizza M., Verweel L., Thomas S., Taha T., Keightley M., Wilson K.E., Reed N. Heart Rate Variability in Healthy Non-Concussed Youth Athletes: Exploring the Effect of Age, Sex, and Concussion-Like Symptoms // *Front. Neurol.* 2018. Vol. 8. Art. № 753.

25. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. Иваново: Иванов. гос. мед. акад., 2000. 200 с.

26. Dantas E.M., Kemp A.H., Andreão R.V., da Silva V.J.D., Brunoni A.R., Hoshi R.A., Bensenor I.M., Lotufo P.A., Ribeiro A.L.P., Mill J.G. Reference Values for Short-Term Resting-State Heart Rate Variability in Healthy Adults: Results from the Brazilian Longitudinal Study of Adult Health-ELSA-Brasil Study // *Psychophysiology*. 2018. Vol. 55, № 6. Art. № e13052.

27. Шлык Н.И., Зуфарова Э.И. Нормативы показателей вариабельности сердечного ритма у исследуемых 16–21 года с разными преобладающими типами вегетативной регуляции // *Вестн. Удмурт. ун-та. Сер.: Биология. Науки о Земле*. 2013. Вып. 4. С. 96–105.

28. Кудря О.Н. Физиологические механизмы адаптации сердечно-сосудистой системы при выполнении функциональных проб спортсменами разного возраста и пола // *Наука и спорт: современ. тенденции*. 2015. Т. 7, № 2. С. 25–31.

## References

1. Almeida-Santos M.A., Barreto-Filho J.A., Oliveira J.L., Reis F.P., da Cunha Oliveira C.C., Sousa A.C. Aging, Heart Rate Variability and Patterns of Autonomic Regulation of the Heart. *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 2016, vol. 63, pp. 1–8.

2. Kang D., Kim Y., Kim J., Hwang Y., Cho B., Hong T., Sung B., Lee Y. Effects of High Occupational Physical Activity, Aging, and Exercise on Heart Rate Variability Among Male Workers. *Ann. Occup. Environ. Med.*, 2015, vol. 27. Art. no. 22.

3. Koenig J., Thayer J.F. Sex Differences in Healthy Human Heart Rate Variability: A Meta-Analysis. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2016, vol. 64, pp. 288–310.

4. Abad C., Kobal R., Kitamura K., Gil S., Pereira L., Loturco I., Nakamura F. Heart Rate Variability in Elite Sprinters: Effects of Gender and Body Position. *Clin. Physiol. Funct. Imaging*, 2017, vol. 37, no. 4, pp. 442–447.

5. Surina-Marysheva E.F., Erlikh V., Korablyova Y., Krivokhizhina L., Kantuykov S. Heart Rate Variability in 13-16-Year-Old Hockey Players. *Gazz. Medica Ital. Arch. per le Sci. Mediche*, 2018, vol. 177, no. 3, suppl. 1, pp. 88–96.

6. Zhang J. Effect of Age and Sex on Heart Rate Variability in Healthy Subjects. *J. Manip. Physiol. Ther.*, 2007, vol. 30, no. 5, pp. 374–379.

7. Hedelin R., Bjerle P., Henriksson-Larsén K. Heart Rate Variability in Athletes: Relationship with Central and Peripheral Performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2001, vol. 33, no. 8, pp. 1394–1398.

8. Schmitt L., Willis S.J., Coulmy N., Millet G.P. Effects of Different Training Intensity Distributions Between Elite Cross-Country Skiers and Nordic-Combined Athletes During Live High-Train Low. *Front. Physiol.*, 2018, vol. 9. Art. no. 932.

9. Schäfer D., Gjerdalen G.F., Solberg E.E., Khokhlova M., Badijeva V., Herzig D., Trachsel L.D., Noack P., Karavirta L., Eser P., Saner H., Wilhelm M. Sex Differences in Heart Rate Variability: A Longitudinal Study in International Elite Cross-Country Skiers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2015, vol. 115, no. 10, pp. 2107–2114.

10. Mendia-Iztueta I., Monahan K., Kyröläinen H., Hynynen E. Assessment of Heart Rate Variability Thresholds from Incremental Treadmill Tests in Five Cross-Country Skiing Techniques. *PLoS ONE*, 2016, vol. 11, no. 1. Art. no. e0145875.

11. Hedelin R., Wiklund U., Bjerle P., Henriksson-Larsén K. Pre- and Post-Season Heart Rate Variability in Adolescent Cross-Country Skiers. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 2000, vol. 10, no. 5, pp. 298–303.

12. Belova E.L., Rummyantseva N.V. Vzaimosvyaz' pokazateley ritma serdtsa i nekotorykh kharakteristik trenirovochnykh i sorevnovatel'nykh nagruzok kvalifitsirovannykh lyzhnikov-gonshchikov [Interrelation Between Heart Rate Parameters and Some Characteristics of Training and Competitive Loads in Elite Cross-Country Skiers]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2009, no. 4, pp. 29–33.

13. Sidorenko T.A., Kalashnikov A.V., Yur'ev Yu.N., Shurmanov E.G. Analiz gendernykh razlichiy pokazateley serdechnogo ritma u sportsmenov, zanimayushchikhsya tsiklicheskimi vidami sporta [Gender Distinctions Analysis of the Heart Rhythm Indicators Among the Sportsmen Engaged in Cyclic Sports]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2015, no. 5, pp. 164–168. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2015.05.123.p164–168



14. Vikulov A.D., Bocharov M.V., Kaunina D.V., Boykov V.L. Regulyatsiya serdechnoy deyatelnosti u sportsmenov vysokoy kvalifikatsii [Regulation of Cardiac Activity in Highly Qualified Athletes]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2017, no. 2, pp. 31–36.
15. Lyudinina A.Yu., Markov A.L., Boyko E.R. Izuchenie svyazi essential'noy al'fa-linolenovoy kisloty s variabel'nost'yu serdechnogo ritma u lyzhnikov-gonshchikov [The Relationship of the Essential Alpha-Linolenic Acid with Heart Rate Variability in Cross-Country Skiers]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 17–22. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.17
16. Shlyk N.I. *Serdechnyy ritm i tip regulyatsii u detey, podrostkov i sportsmenov* [Heart Rate and Type of Regulation in Children, Adolescents and Athletes]. Izhevsk, 2009. 259 p.
17. Solonin Yu.G., Markov A.L., Boyko E.R., Akanov A.A., Eshmanova A.K. Comparison of the Results of Satellite Studies in Participants of the Mars-500 Experiment in Syktyvkar and Almaty. *Hum. Physiol.*, 2015, vol. 41, no. 3, pp. 311–317. DOI: 10.1134/S0362119715030160
18. Sukhanova I.V., Vdovenko S.I., Maksimov A.L., Markov A.L., Solonin Yu.G., Boyko E.R. Sravnitel'nyy analiz morfofunktsional'nykh pokazateley u zhitel'ey Evropeyskogo Severa i Severo-Vostoka Rossii [Comparative Analysis of Morphofunctional Indices in Residents of European North and Russia North-East]. *Ekologiya cheloveka*, 2014, no. 10, pp. 3–11.
19. Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V., Gavrilushkin A.P., Dovgalevskiy P.Ya., Kukushkin Yu.A., Mironova T.F., Prilutskiy D.A., Semenov Yu.N., Fedorov V.F., Fleyshman A.N., Medvedev M.M. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendatsii) [Analysis of Heart Rate Variability Using Different Electrocardiographic Systems (Methodological Guidelines)]. *Vestnik aritmologii*, 2001, no. 24, pp. 65–87.
20. Gaşior J.S., Sacha J., Jeleń P.J., Pawłowski M., Werner B., Dąbrowski M.J. Interaction Between Heart Rate Variability and Heart Rate in Pediatric Population. *Front. Physiol.*, 2015, vol. 6. Art. no. 385.
21. Sharma V.K., Subramanian S.K., Arunachalam V., Rajendran R. Heart Rate Variability in Adolescents – Normative Data Stratified by Sex and Physical Activity. *J. Clin. Diagn. Res.*, 2015, vol. 9, no. 10, pp. CC08–CC13.
22. Bobkowski W., Stefaniak M.E., Krauze T., Gendera K., Wykretowicz A., Piskorski J., Guzik P. Measures of Heart Rate Variability in 24-h ECGs Depend on Age but Not Gender of Healthy Children. *Front. Physiol.*, 2017, no. 8. Art. no. 311.
23. Yukishita T., Lee K., Kim S., Yumoto Y., Kobayashi A., Shirasawa T., Kobayashi H. Age and Sex-Dependent Alterations in Heart Rate Variability: Profiling the Characteristics of Men and Women in Their 30s. *Anti-Aging Med.*, 2010, vol. 7, no. 8, pp. 94–99.
24. Paniccia M., Verweel L., Thomas S., Taha T., Keightley M., Wilson K.E., Reed N. Heart Rate Variability in Healthy Non-Concussed Youth Athletes: Exploring the Effect of Age, Sex, and Concussion-Like Symptoms. *Front. Neurol.*, 2018, vol. 8. Art. no. 753.
25. Mikhaylov V.M. *Variabel'nost' ritma serdtsa. Opyt prakticheskogo primeneniya metoda* [Heart Rate Variability. Experience of Practical Application of the Method]. Ivanovo, 2000. 200 p.
26. Dantas E.M., Kemp A.H., Andreão R.V., da Silva V.J.D., Brunoni A.R., Hoshi R.A., Bensenor I.M., Lotufo P.A., Ribeiro A.L.P., Mill J.G. Reference Values for Short-Term Resting-State Heart Rate Variability in Healthy Adults: Results from the Brazilian Longitudinal Study of Adult Health-ELSA-Brasil Study. *Psychophysiology*, 2018, vol. 55, no. 6. Art. no. e13052.
27. Shlyk N.I., Zufarova E.I. Normativy pokazateley variabel'nosti serdechnogo ritma u issleduemykh 16–21 goda s raznymi preobladayushchimi tipami vegetativnoy regulyatsii [Qualifying Standards of Heart Rate Variability for 16–21 Years Old Testees with Different Prevalent Types of Autonomic Regulation of Heart]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser.: Biologiya. Nauki o Zemle*, 2013, no. 4, pp. 96–105.
28. Kudrya O.N. Fiziologicheskie mekhanizmy adaptatsii serdechno-sosudistoy sistemy pri vypolnenii funktsional'nykh prob sportsmenami raznogo vozrasta i pola [Physiological Mechanisms of Adaptation of Cardiovascular System While Functional Tests Among Sportsmen of Different Age and Sex]. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii*, 2015, vol. 7, no. 2, pp. 25–31.

*Aleksandr L. Markov\**

\*Institute of Physiology of Komi Science Centre of the Ural Branch  
of the Russian Academy of Sciences, FRC Komi SC UB RAS  
(Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation)

**HEART RATE VARIABILITY IN CROSS-COUNTRY SKIERS  
AGED 15–18 YEARS LIVING IN THE KOMI REPUBLIC:  
AGE- AND SEX-RELATED DIFFERENCES**

This paper aimed to study age- and sex-related characteristics of heart rate variability (HRV) in highly qualified cross-country skiers living in the European North of Russia. HRV in supine and standing position (orthostatic test) was analysed in 94 boys and girls aged between 15 and 18 years. Electrocardiogram (ECG) was recorded for 5 min in supine position and 5 min in standing position. The recordings were analysed using the Ecosan-2007 hardware and software complex. The research was conducted during the preparatory cycle. No effects of age or sex on HRV in skiers were detected in supine position; however, a decrease in heart rate in boys and girls aged 17–18 years was recorded. In standing position, the subjects showed certain sex-related differences in HRV. Boys aged 17–18 years, compared to girls, had significantly higher total power (TP) of the HRV spectrum, absolute and relative values of low-frequency (LF) power, and regulatory systems activity index (RSAI), as well as lower relative value of very low-frequency (VLF) power. No differences in the autonomic regulation of heart rhythm in boys and girls aged 15–16 years were revealed. With age, boys demonstrate an increase in TP due to the growing LF and VLF powers. Two-way analysis of variance revealed a statistically significant relationship between age and heart rate, root mean square of the successive differences (RMSSD), RSAI, TP, and absolute and relative VLF powers. A significant relationship was also established between sex and heart rate, RMSSD, RSAI, TP, power of the high-frequency component of HRV, absolute LF power, and relative VLF power. Thus, it was shown that an athlete's age and sex produce a significant effect on HRV in standing position, but not in supine position.

**Keywords:** *cross-country skiers, European North of Russia, heart rate variability, age, sex, orthostatic test.*

Поступила 14.01.2019

Принята 15.02.2019

Received 14 January 2019

Accepted 15 February 2019

---

**Corresponding author:** Aleksandr Markov, *address:* ul. Pervomayskaya 50, Syktyvkar, 167982, Respublika Komi, Russian Federation; *e-mail:* volkarb@mail.ru

**For citation:** Markov A.L. Heart Rate Variability in Cross-Country Skiers Aged 15–18 Years Living in the Komi Republic: Age- and Sex-Related Differences. *Journal of Medical and Biological Research*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 151–160. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.2.151