

Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова

Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Российская Федерация

## Вегетативный статус и мозговая активность у подростков заполярного Севера

Территории Европейского Севера отличаются по степени экстремальности климатических условий в заполярных и приполярных широтах. Формирование нервной системы подростков наиболее зависит от влияния этих неблагоприятных климатических факторов. **Цель исследования:** изучить особенности функционирования вегетативной регуляции сердечной деятельности и биоэлектрической активности головного мозга подростков, проживающих на Севере, в зависимости от их вегетативного тонуса. **Методы:** обследовано 300 подростков обоего пола в возрасте 15–16 лет, проживающих в Заполярном (67°40' с.ш.) и Приполярном (64°30' с.ш.) районах Европейского Севера России. Оценку вегетативного тонуса проводили по параметрам вариабельности сердечного ритма (ВСР) и артериального давления. После первичного анализа этих показателей все испытуемые в обоих районах были дополнительно разделены на группы ваго-, нормо- и симпатотоников. Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) регистрировали с закрытыми глазами, монополярно, от 16 стандартных отведений. Характеристики ЭЭГ проводили по значениям амплитуды и индекса в каждом частотном диапазоне. Все описываемые изменения считали статистически значимыми при  $p < 0,05–0,001$ . **Результаты:** по данным показателей ВСР и центральной гемодинамики, среди подростков заполярного Севера выявлено относительное увеличение доли лиц с преобладанием симпатических влияний (37,3%) и значимое снижение доли лиц с преобладанием вагусных влияний (10%). В группах нормо- и симпатотоников Заполярного района отмечены повышенные уровни  $\theta$ - (амплитуда до 51,8±18,1 мкВ, индекс до 24,7±8,3%) и  $\alpha$ -активности (амплитуда до 89,5±20,6 мкВ, индекс до 69,5±10,2%), а также повышенная встречаемость (до 50%) гиперсинхронных вариантов ЭЭГ. У подростков Приполярного района происходит более интенсивная, чем у их сверстников из Заполярного района, возрастная оптимизация нейродинамических процессов. **Заключение:** у подростков Заполярного района выявлено преобладание симпатических влияний на активность сердечной деятельности и более высокая активность подкорковых дienceфальных мозговых структур.

**Ключевые слова:** электроэнцефалография, вариабельность сердечного ритма, вегетативный тонус, подростки, Север. (Вестник РАМН. 2014; 9–10: 5–9)

5

### Обоснование

Климатоэкологические особенности региона проживания оказывают существенное влияние на возрастное развитие подростков. Климатические условия Севера в зависимости от географической широты колеблются от крайне суровых за Полярным кругом до среднеэкстре-

мальных в приполярных районах [1]. Характер взаимодействия функциональных систем организма, направленных на поддержание гомеостаза, их устойчивость в процессе адаптации организма подростка к дискомфортной среде Севера, зависит от типов вегетативной регуляции [2]. Вегетативной нервной системе (ВНС) отводится большая, во многом решающая роль в жизнедеятельности организма

D.B. Demin, L.V. Poskotinova, E.V. Krivonogova

The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

## Autonomic Nervous Status and Bioelectric Brain Activity in Adolescents-Inhabitants of the Polar North

**Background:** Northern European areas are differing in degree of extreme climatic conditions in the Polar and Subpolar latitudes. Formation of the nervous system in adolescents most of all is affected by these adverse climatic factors. **Objective:** The aim was to study of the autonomic regulation of cardiac activity and brain bioelectric activity in adolescents-inhabitants of the North depending on these autonomic nervous tones. **Methods:** 300 adolescents (male and female) aged 15–16 years living in the Polar (67°40' N) and Subpolar (64°30' N) northern regions of Russia are examined. Assessment of autonomic nervous tone was determined by the heart rate variability (HRV) and blood pressure parameters. After the initial analysis of these indicators, all subjects in both areas were further divided into groups with vagotonic, normotonic and sympathotonic types. Electroencephalogram (EEG) was recorded in the state of quiet wakefulness with closed eyes (16 standard monopolar leads). EEG characteristic were performed on the values of the amplitude and the index in each frequency band. All described changes were statistically significant at  $p < 0,05–0,001$ . **Results:** According HRV and central hemodynamics among adolescents of the Polar North revealed an increase the proportion of individuals with a predominance of sympathetic influences on cardiac activity (37,3%) and significant decrease the proportion of persons with a predominance of vagal influences (10%). A high activity of diencephalic subcortical brain structures in groups of normotonic and sympathotonic persons in the Polar region was revealed, which manifests itself in the form of increased levels of theta and alpha EEG-activity, as well as increased occurrence hypersynchronous EEG-types (50%). In adolescents-inhabitants of the Subpolar region occurs more intensive age optimization of neural processes then in adolescents-inhabitants of the Polar region. **Conclusion:** The predominance of sympathetic effects on the cardiac activity and higher activity of diencephalic subcortical brain structures in adolescents of the Polar region were revealed.

**Key words:** electroencephalography, heart rate variability, autonomic nervous tone, adolescents, North.

(Vestnik Rossiiskoi Akademii Meditsinskikh Nauk — Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2014; 9–10: 5–9)

[3]. Одной из важнейших интегральных характеристик индивидуальных особенностей человека является баланс активности симпатического и парасимпатического отдела ВНС, в соответствии с которым группируют лиц с разным типом ВНС, обладающих определенными функциональными особенностями [4]. Ранее было показано, что напряженность взаимодействия функциональных систем минимальна у лиц с нормотоническим и максимальна у лиц с симпатикотоническим типом. Соответственно, наименее устойчивы к различного рода воздействиям лица с симпатикотоническим типом регуляции [5]. ВНС интегрирует функции всех внутренних органов, в т.ч. опосредованно, через модуляцию активности высших корковых центров. Надсегментарные вегетативные аппараты соединены с мозговыми механизмами адаптации лимбико-ретикулярным комплексом, который в тесном взаимодействии с новой корой осуществляет формирование именно тех нейронных сетей, которые смогут наиболее эффективно обеспечивать деятельность организма во внешней среде [1]. В работах по изучению вегетативной реактивности у подростков на Европейском Севере [6] было установлено, что при увеличении географической широты и нарастании уровня дискомфорта природно-климатических условий Севера происходит усиление симпатической реактивности при функциональных нагрузках за счет подкорковых механизмов вегетативной регуляции и барорефлекторных механизмов.

Целью исследования было изучить особенности функционирования вегетативной регуляции сердечной деятельности и биоэлектрической активности головного мозга подростков с разными вариантами вегетативного тонуса, проживающих в климатоэкологических условиях Крайнего Севера.

## Методы

### Дизайн исследования

Проведено рандомизированное поперечное контролируемое исследование.

### Критерии соответствия

Испытуемых лиц выбирали на добровольной основе, критериями включения при первичном отборе являлись возраст 15–16 лет и постоянное проживание в исследуемых районах Европейского Севера России. Критериями исключения служили наличие вредных привычек, а в анамнезе травмы головного мозга и неврологические нарушения.

### Условия проведения

В осенний период проводили исследования в районе Крайнего Севера — Ненецком автономном округе (Заполярный район — 67°40' с.ш.), и в качестве контроля в районе приполярных широт — на севере Архангельской обл. (Приморский район — 64°30' с.ш.). Различий в социально-экономическом положении групп обследованных лиц не установлено, все подростки были сельскими жителями. Предварительный анализ выборок не показал выраженных половых различий изучаемых показателей, что позволило объединить данные по лицам мужского и женского пола.

### Анализ в подгруппах

Согласно району проживания обследованные подростки были разделены на 2 группы: Заполярная и Приполярная. После первичного анализа показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) все испытуе-

мые в обоих районах были дополнительно разделены на 3 подгруппы: лица с преобладанием вагусных влияний (ваготоники); лица со сбалансированным вегетативным тонусом (нормотоники) и лица с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности (симпатотоники).

### Методы регистрации

Оценку биоэлектрической активности головного мозга проводили в комфортной, привычной для испытуемых обстановке в период с 9 до 14 ч. Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами на ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» (Россия), монополярно, от 16 стандартных отведений с ушными референтными электродами, установленными по международной системе 10–20% в полосе 1–35 Гц. Для количественной оценки спектра ЭЭГ в каждом частотном диапазоне проводили усредненную для каждого испытуемого оценку максимальной амплитуды (мкВ) и индекса (%). Одновременно в течение 5 мин осуществляли регистрацию параметров ВСР на аппаратно-программном комплексе «Варикард» (Россия), оценивали индекс напряжения регуляторных систем (Stress Index, SI, усл. ед.) и общую мощность спектра (Total Power, TP, мс<sup>2</sup>). Фиксацию артериального давления (мм рт.ст.) и частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд. / мин) производили трехкратно с последующим усреднением показателей при помощи автоматического измерителя артериального давления (тонометра) A&D Medical (Япония).

### Этическая экспертиза

Исследование проводили с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609ЕС). От всех подростков и их родителей было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании, одобренном Ученым советом Института физиологии природных адаптаций УрО РАН, выполняющим функции биоэтического комитета.

### Статистический анализ

Статистическую обработку данных выполняли с использованием непараметрических методов при помощи компьютерного пакета прикладных программ STATISTICA v. 6.0 (StatSoft Inc., США). Данные представлены в виде средних значений (M) и стандартных отклонений (SD). Критический уровень значимости  $p$  при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

## Результаты

### Участники исследования

В исследовании приняли участие подростки 15–16 лет обоих полов, родившиеся и постоянно проживающие в районах разных географических широт и климато-экологических условий Европейского Севера России. Исследования проводили на базе поселковых школ по месту проживания подростков. Количество включенных в исследование подростков составляло в Заполярной группе — 110, в Приполярной — 190.

### Основные результаты исследования

При первичной оценке преобладающего типа вегетативной регуляции сердечного ритма принимали во внимание значения индекса напряжения регуляторных систем (SI), который адекватно отражает актив-

ность симпатoadреналовой системы [4]. В Заполярном районе в группу подростков с нормотоническим типом (SI в диапазоне 50–150 усл. ед.) вошли 58 человек (52,7%), в группу ваготоников (SI ≤49 усл. ед.) — 11 (10%), в группу симпатотоников (SI ≥151 усл. ед.) — 41 (37,3%). В Приполярном районе нормотониками являлись 94 (49,5%), ваготониками — 41 (21,6%), симпатотониками — 55 человек (28,9%). Таким образом, процентное соотношение нормотоников в обоих районах было примерно одинаковым, доля ваготоников в Заполярном районе была значимо ниже, чем в Приполярном ( $p < 0,01$ ), а доля симпатотоников — выше.

Исходя из способа формирования групп по вегетативному тону, характер различий между показателями ВСР был однотипным в обоих районах (табл.).

Так, средние значения SI у симпатотоников оказались выше, чем у нормотоников и тем более у ваготоников ( $p < 0,001$ ). При этом процесс активации симпатического звена вегетативной регуляции сопровождался снижением общей мощности спектра ВСР, а при активации парасимпатического звена наблюдалась обратная реакция [4]. Соответственно, значения TP, характеризующего суммарный уровень активности регуляторных систем организма, были наибольшими у ваготоников ( $p < 0,001$ ), при этом TP у этой группы была ниже в Заполярном районе:  $4699 \pm 687$  против  $5757 \pm 918$   $\text{мс}^2$  в Приполярном районе ( $p < 0,05$ ).

Межгрупповые различия показателей центральной гемодинамики также были схожими в обоих районах. Одновременно с увеличением активности симпатического звена регуляции сердечного ритма во всех группах подростков значимо возрастала и ЧСС ( $p < 0,001$ ). Систolicеское артериальное давление было значимо выше лишь у симпатотоников в сравнении с нормотониками ( $p < 0,05-0,01$ ), причем наиболее значимо в Заполярном

районе, где в сравнении с аналогичной группой Приполярного района средние значения составляли  $121,9 \pm 11,9$  против  $117,3 \pm 10,4$  мм рт.ст. ( $p < 0,05$ ). Диastolicеское давление также было значимо выше у симпатотоников Заполярного района в сравнении с нормотониками ( $p < 0,05$ ), а также у нормотоников Приполярного района в сравнении с ваготониками ( $p < 0,05$ ).

При анализе функциональных параметров церебральной биоэлектрической активности обследованных подростков установлены характерные широтные отличия (см. табл.). В группах нормо- и симпатотоников Заполярного района в сравнении с аналогичными группами Приполярного района отмечены статистически более высокие показатели  $\theta$ -активности. У нормотоников Заполярного района: амплитуда  $\theta$  —  $50,4 \pm 15,7$  против  $42,6 \pm 16,3$  мкВ ( $p < 0,01$ ), индекс —  $21,9 \pm 7,3$  против  $19,4 \pm 9,0\%$  ( $p < 0,05$ ). У симпатотоников: амплитуда —  $51,8 \pm 18,1$  против  $39,7 \pm 15,6$  мкВ ( $p < 0,001$ ), индекс —  $24,7 \pm 8,3$  против  $17,2 \pm 9,3\%$  ( $p < 0,001$ ). При этом  $\theta$ -индекс у симпатотоников Заполярного района был значимо выше, чем у нормотоников этого района ( $p < 0,05$ ).

Кроме того, в группе нормотоников Заполярного района в сравнении с аналогичной группой Приполярного района отмечены и более высокие значения  $\alpha$ -активности: амплитуда —  $89,5 \pm 20,6$  против  $80,0 \pm 19,2$  мкВ ( $p < 0,05$ ) за счет повышенной частоты встречаемости гиперсинхронных, высокоамплитудных вариантов ЭЭГ. Так, у 50% подростков этой группы максимум амплитуды  $\alpha$ -активности был выше 100 мкВ за счет вспышек в теменно-центрально-лобных областях головного мозга, а сама  $\alpha$ -активность была представлена заостренными волнами. Показатели  $\beta_1$ -активности в группах подростков Заполярного района, наоборот, были статистически значимо ниже, чем у сверстников из Приполярного района ( $p < 0,05-0,001$ ).

**Таблица.** Изменение средних значений ( $M \pm SD$ ) показателей центральной гемодинамики, вариабельности сердечного ритма, амплитуды и индекса основных частотных диапазонов электроэнцефалограммы в группах подростков Заполярного и Приполярного районов Европейского Севера

Изучаемый показатель	Группа	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
Систolicеское артериальное давление, мм рт.ст.	ЗР	$114,8 \pm 5,6$	$115,3 \pm 7,5$	$121,9 \pm 11,9^{**}$
	ПР	$113,3 \pm 6,5$	$114,6 \pm 8,8$	$117,3 \pm 10,4^{*,\#}$
Диastolicеское артериальное давление, мм рт.ст.	ЗР	$76,4 \pm 4,9$	$76,7 \pm 5,6$	$78,8 \pm 4,8^*$
	ПР	$76,1 \pm 5,5$	$78,7 \pm 6,5^*$	$79,6 \pm 7,8$
Частота сердечных сокращений, уд / мин	ЗР	$63,3 \pm 7,3$	$73,9 \pm 7,1^{***}$	$84,4 \pm 7,1^{***}$
	ПР	$68,2 \pm 5,5$	$76,1 \pm 6,5^{***}$	$85,8 \pm 9,7^{***}$
Индекс напряжения регуляторных систем, усл. ед.	ЗР	$36,5 \pm 4,9$	$93,7 \pm 20,7^{***}$	$284,9 \pm 91,4^{***}$
	ПР	$36,0 \pm 10,1$	$93,5 \pm 18,1^{***}$	$288,7 \pm 100,8^{***}$
Общая мощность спектра ВСР, $\text{мс}^2$	ЗР	$4699 \pm 687$	$2680 \pm 817^{***}$	$1184 \pm 435^{***}$
	ПР	$5757 \pm 918^{\#}$	$2623 \pm 713^{***}$	$1195 \pm 520^{***}$
Амплитуда $\theta$ , мкВ	ЗР	$50,6 \pm 19,9$	$50,4 \pm 15,7$	$51,8 \pm 18,1$
	ПР	$40,0 \pm 15,3$	$42,6 \pm 16,3^{\#\#}$	$39,7 \pm 15,6^{\#\#\#}$
Индекс $\theta$ , %	ЗР	$18,8 \pm 8,4$	$21,9 \pm 7,3$	$24,7 \pm 8,3^*$
	ПР	$17,1 \pm 7,2$	$19,4 \pm 9,0^{\#}$	$17,2 \pm 9,3^{\#\#\#}$
Амплитуда $\alpha$ , мкВ	ЗР	$84,1 \pm 23,7$	$89,5 \pm 20,6$	$86,5 \pm 19,7$
	ПР	$79,2 \pm 18,7$	$80,0 \pm 19,2^{\#}$	$79,5 \pm 21,9$
Индекс $\alpha$ , %	ЗР	$61,3 \pm 17,2$	$69,5 \pm 10,2$	$67,9 \pm 11,3$
	ПР	$65,2 \pm 14,8$	$65,4 \pm 12,4$	$65,1 \pm 15,0$
Амплитуда $\beta_1$ , мкВ	ЗР	$23,3 \pm 9,0$	$26,5 \pm 10,7$	$32,4 \pm 11,5^*$
	ПР	$35,0 \pm 9,2^{\#}$	$30,3 \pm 8,3^*$	$30,0 \pm 9,6$
Индекс $\beta_1$ , %	ЗР	$29,5 \pm 11,3$	$26,1 \pm 9,3$	$30,5 \pm 9,5^*$
	ПР	$35,8 \pm 7,5$	$32,5 \pm 7,9^{*,\#\#}$	$32,7 \pm 8,5^{\#\#\#}$

*Примечание.* Статистически значимые различия между группами с различным вегетативным статусом в одном регионе проживания (сравнение с предыдущей группой): \* —  $p < 0,05$ , \*\* —  $p < 0,01$ , \*\*\* —  $p < 0,001$ ; различия между выборками Заполярного (ЗР) и Приполярного (ПР) районов с однотипным вегетативным статусом: # —  $p < 0,05$ , ## —  $p < 0,01$ , ### —  $p < 0,001$ .

### Обсуждение

Учитывая значимость показателей ВСР для оценки не только регуляторных механизмов состояния организма в покое, но и при адаптации к экстремальным условиям окружающей среды и функциональным нагрузкам, ряд исследователей показал, что у подростков выявляется четкая зависимость адаптационных изменений в организме от исходного характера вегетативной регуляции [2, 6]. Результаты некоторых работ, проведенных в Якутии и на севере Тюменской обл., также показали высокую распространенность числа подростков с фоновой симпатикотонией и низкую — ваготоников по данным показателей ВСР [7, 8]. Этот факт авторы объясняют адаптивными реакциями ВНС к воздействию экстремальных экологических факторов Крайнего Севера — холоду, резким колебаниям атмосферного давления, повышенной влажности, высокой активности гелиокосмических факторов, напряженности и изменчивости магнитного поля Земли, резкой контрастности в продолжительности светового дня в течение года.

Известно, что сердечный ритм можно рассматривать как чувствительный индикатор адаптационных реакций организма в процессе его приспособлений к условиям окружающей среды [5]. По мнению некоторых исследователей, величина индекса напряжения регуляторных систем отражает не столько увеличение активности одной симпатической нервной системы, сколько общий сдвиг вегетативного гомеостаза в сторону преобладания симпатической нервной системы над парасимпатической [3]. В то же время умеренное превалирование общей мощности спектра ВСР у ваго- и нормотоников согласуется с положением об адаптационно-трофическом защитном действии блуждающих нервов на сердце, при этом парасимпатическое воздействие является одним из факторов индивидуальной устойчивости здорового организма к действию неблагоприятных факторов и даже эмоционального стресса [2].

Таким образом, среди подростков заполярного Севера отмечено снижение доли лиц с преобладанием вагусных влияний на активность сердечной деятельности при некотором увеличении доли лиц с преобладанием симпатических влияний. Процессы адаптации к более суровым природно-климатическим условиям заполярного Севера характеризуются гетерохронностью нейрогормонального формирования организма подростков, способной вызывать избыточную активацию симпатoadrenalовой системы и различные нарушения сосудистого тонуса [7]. По мнению ряда авторов, преобладание тонуса симпатической нервной системы над тонусом парасимпатической играет существенную роль в обеспечении биоэнергетических процессов субстратами, особенно в трофическом обеспечении мышечной деятельности [5, 9]. Исходя из теоретической концепции стресса, согласно которой форма и динамика его зависят от особенностей вегетативной нервной системы, естественно предположить, что для прогнозирования адаптации к стресс-факторам Севера первостепенное значение имеет баланс вегетативного реагирования. Можно полагать, что наиболее успешную адаптацию к стрессу обеспечивает преобладание симпатических влияний над парасимпатическими, а индивидуальная переносимость разных видов стресса, вероятно, определяется индивидуальными особенностями баланса центральных и вегетативных центров [10].

Показанные изменения церебральной биоэлектрической активности у подростков Заполярного района демонстрируют высокую степень активности (напря-

жения) регуляторных механизмов мозга, прежде всего лимбико-гипоталамического уровня, механизм которого принадлежит ведущая роль в координации вегетативно-висцеральных функций, поддержании гомеостаза и формировании адаптационных реакций [1]. Формирование гиперсинхронных паттернов ЭЭГ у подростков при нарастании симпатической активности свидетельствует о наличии дисфункций диэнцефальных структур головного мозга, которые могут лежать в основе нарушения центральных механизмов регуляции сосудистого тонуса [11]. Эта картина отражает запаздывающие процессы перехода от физиологически «незрелого» паттерна ЭЭГ в форме доминирования (или феномена полиритмии)  $\theta$ -ритмов ЭЭГ к дефинитивному паттерну с постепенным доминированием  $\alpha$ -ритма [1]. Очевидно, что по темпам формирования ЭЭГ подростки Приполярного района опережают сверстников из Заполярья. Тем не менее существуют основания полагать, что высокая активность филогенетически более древних структур головного мозга коренных жителей Крайнего Севера более оправдана для адаптации именно в этих климатогеографических условиях, нежели энергозатратная активация неокортекса.

Одним из перспективных методов немедикаментозной коррекции сосудистой дистонии является метод биоуправления параметрами variability сердечного ритма, при котором происходит усиление вагусных влияний на ритм сердца и снижение явлений симпатикотонии. Ранее нами была показана положительная роль подобных кардиотренингов у лиц с преобладанием симпатических влияний [12, 13]. Отмечена стабилизация артериального давления, ЧСС, характеристик ВСР, а также оптимизация функциональной активности головного мозга, повышение устойчивости подкорковых структур регуляции к сенсорным сигналам и снижение частоты встречаемости пароксизмальных форм активности.

### Заключение

Установлена специфика формирования вегетативной регуляции сердечной деятельности и биоэлектрических процессов головного мозга подростков с различными типами вегетативного тонуса в зависимости от климатогеографических условий Севера. По данным показателей ВСР и центральной гемодинамики, среди подростков заполярного Севера отмечено некоторое увеличение доли лиц с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности и значимое снижение доли лиц с преобладанием вагусных влияний. Отмечена более высокая активность подкорковых диэнцефальных мозговых структур у подростков Заполярья; «созревание» волновой структуры ЭЭГ сопровождается у них сохранением повышенного уровня  $\theta$ -активности, а также повышенной частотой встречаемости гиперсинхронных высокоамплитудных вариантов ЭЭГ. Выявленные церебральные изменения наиболее выражены среди подростков заполярного Севера с преобладанием симпатического тонуса. У подростков Приполярного района независимо от состояния их вегетативного тонуса происходит более интенсивная возрастная оптимизация нейродинамических процессов и формирование амплитудно-частотных взаимоотношений.

### Конфликт интересов

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президиума УрО РАН № 12-У-4-1019.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сороко С.И., Бурых Э.А., Бекшаев С.С., Сидоренко Г.В., Сергеева Е.Г. Особенности формирования системной деятельности головного мозга и вегетативных функций у детей в условиях Европейского Севера (проблемная статья). *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2006; 92 (8): 905–929.
2. Максимов А.Л., Лоскутова А.Н. Особенности структуры вариабельности кардиоритма уроженцев Магаданской области в зависимости от типа вегетативной регуляции. *Экология человека*. 2013; 6: 3–10.
3. Ноздрачев А.Д., Щербатых Ю.В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы. *Физиология человека*. 2001; 27 (6): 95–101.
4. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Рябыкина Г.В. Современное состояние исследований по вариабельности сердечного ритма в России. *Вестник аритмологии*. 1999; 14: 71–75.
5. Агаджанян Н.А., Батоцыренова Т.Е., Северин А.Е., Семенов Ю.Н. Сравнительные особенности вариабельности сердечного ритма у студентов, проживающих в различных природно-климатических регионах. *Физиология человека*. 2007; 33 (6): 66–70.
6. Поскотнинова Л.В. Вегетативная регуляция ритма сердца и эндокринный статус молодежи в условиях Европейского Севера России. *Екатеринбург: УрО РАН*. 2010. 235 с.
7. Нифонтова О.Л., Говорухина А.А. Адаптивные возможности школьников Тюменского Севера. *Совр. наукоемк. технол.* 2007; 5: 85–86.
8. Степанова Г.К., Дмитриева С.М., Устинова М.В. Вариабельность сердечного ритма в различные сезоны года у юношей-якутов. *Дальневосточн. мед. журн.* 2010; 2: 105–108.
9. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р., Варламова Н.Г., Есева Т.В. Влияние широты проживания в условиях Севера на организм подростков. *Физиология человека*. 2012; 38 (2): 107–112.
10. Гудков А.Б., Попова О.Н., Небученных А.А. Новоселы на Европейском Севере. Физиолого-гигиенические аспекты. *Архангельск: Изд-во СГМУ*. 2012. 285 с.
11. Сороко С.И., Рожков В.П., Бурых Э.А. Показатели мозгового кровообращения у детей 7–11 лет, проживающих на Европейском Севере. *Физиология человека*. 2008; 34 (6): 37–50.
12. Дёмин Д.Б., Поскотнинова Л.В., Кривоногова Е.В. Роль фонового тиреоидного статуса в изменении ЭЭГ подростков при биоуправлении параметрами сердечного ритма. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2011; 97 (11): 1262–1269.
13. Дёмин Д.Б., Поскотнинова Л.В., Кривоногова Е.В. Сравнительная оценка изменений структуры ЭЭГ при кардиотренинге у подростков приполярных и заполярных территорий Севера. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2014; 100 (1): 128–138.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Дёмин Денис Борисович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии Института физиологии природных адаптаций УрО РАН  
**Адрес:** 163000, Архангельск, пр-т Ломоносова, д. 249, **тел.:** +7 (8182) 65-29-92, **e-mail:** denisdemin@mail.ru  
**Поскотнинова Лилия Владимировна**, доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией биоритмологии Института физиологии природных адаптаций УрО РАН  
**Адрес:** 163000, Архангельск, пр-т Ломоносова, д. 249, **тел.:** +7 (8182) 65-29-92, **e-mail:** liliya200572@mail.ru  
**Кривоногова Елена Вячеславовна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии Института физиологии природных адаптаций УрО РАН  
**Адрес:** 163000, Архангельск, пр-т Ломоносова, д. 249, **тел.:** +7 (8182) 65-29-92, **e-mail:** elena200280@mail.ru