

Влияние геомагнитных и метеофакторов в различные сезоны года на состояние вегетативной регуляции сердца у молодых мужчин

Г. К. Степанова¹, В. И. Козлов²

¹ *Северо-Восточный федеральный университет
им. М. К. Аммосова, Якутск, 677000, Россия
E-mail: g_k_step@mail.ru*

² *Институт космических исследований и аэронавтики
им. Ю. Г. Шафера, СО РАН, Якутск, 677000, Россия
E-mail: vkozlov@ikfia.ysn.ru*

Исследованы сезонные изменения состояния вегетативной регуляции сердца по показателям variability сердечного ритма (BCP) у практически здоровых молодых мужчин — якутов, студентов СВФУ. Обследованы две группы мужчин: 1-я группа — осенью 2005 г. и весной 2006 г. (1-я и 2-я серии исследования); 2-я группа — зимой 2006 г. и весной 2007 г. (3-я и 4-я серии исследования). Первая группа обследованных вначале 24-суточного цикла наблюдений подверглась воздействию экстремально сильной магнитной бури (G5) осенью 2005 г., которая началась 11 сентября и состояла из серии магнитных возмущений уровня не ниже G3, длящихся по 15 сентября. В данной серии, как в период магнитных возмущений, так и в последовавший за ним период резких перепадов температуры воздуха (14,4 °C), произошло значимое повышение частоты сердечных сокращений и изменение других параметров BCP. Сравнительный анализ показателей BCP у обследованных в различные сезоны года (дни без выраженных отклонений магнитного поля) выявил высокочувствительные частотные и спектральные параметры сердечного ритма — RMSSD, HF, LF, характеризующие особенности вегетативной регуляции сердца при сезонных колебаниях метеофакторов. По данным временных и спектральных характеристик BCP, самым неблагоприятным для функционального состояния системы управления сердцем является весенний сезон.

Ключевые слова: магнитная буря, температурные возмущения, variability сердечного ритма, сезонные колебания метеофакторов

Одобрена к печати: 20.02.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-52-62

Введение

Из множества экологических факторов Крайнего Севера, обуславливающих дискомфортный и экстремальный климат, одними из значимых являются космические лучи (Деряпа и др., 1985; Хаснулин, 2013). Первично эффекты магнитных возмущений проявляются на молекулярно-клеточном уровне, вызывая образование свободно радикальных соединений, приводящих к нарушению практически всех клеток организма (Панин, 2010). Основной мишенью действия погодных и геофизических факторов является сердечно-сосудистая система, о чём свидетельствует связь количества обострений заболеваний системы кровообращения с изменением метеорологических и геомагнитных показателей (Авцын и др., 1985; Емелина и др., 2015). Имеется большой объём данных о влиянии геомагнитных и метеофакторов на состояние сердечно-сосудистой системы здоровых людей, проживающих в различных климатических зонах, на разных географических широтах (Бабаева и др., 2013; Бреус и др., 2010; Григорьев, Поскотинова, 2007; Зенченко, Варламова, 2015). Для г. Якутска, в силу его расположения в зоне резко континентального климата и, соответственно, в северной части устойчивого зимнего антициклона, характерно наличие наибольших значений внутрисуточных (в/с) и межсуточных (м/с) колебаний температуры воздуха. Эти колебания особенно выражены в переходные сезоны — весной и осенью. В тоже время отметим, что в Якутске не наблюдаются большие внутрисуточные перепады давления.

Исследование влияния геомагнитных и метеофакторов на вегетативную регуляцию сердца у практически здоровых юношей — аборигенов Крайнего Севера необходимо для выявления лиц, наиболее подверженных воздействию этих природных факторов, и разработки профилактических мероприятий, направленных на коррекцию метеотропных реакций.

Целью данной работы является исследование влияний сезонных колебаний геомагнитных и метеофакторов на состояние вегетативной регуляции сердца у молодых мужчин-якутов.

Объект и методы

В исследовании приняли участие практически здоровые молодые мужчины-якуты 18–21 лет — студенты 2-го курса мединститута СВФУ. Непрерывную регистрацию 200 кардиоинтервалов (ЭКГ во 2-м стандартном отведении) проводили в первой половине дня в положении обследуемого лёжа на спине с помощью компьютерного комплекса «Валента». Оценивались такие характеристики кардиоинтервалов, как средняя длительность RR-интервалов (мс) (вариабельности сердечного ритма) за весь рассматриваемый период; SDNN (мс) — среднее квадратичное отклонение величин RR-интервалов; RMSSD (мс) — квадратный корень суммы разностей последовательных RR-интервалов; pNN50 (%) — процент количества пар RR-интервалов, различающихся более чем на 50 мс от общего количества пар RR-интервалов; AMo (%) — частота значений наиболее часто встречающихся кардиоинтервалов (Mo, с), выраженная в процентах к общему числу кардиоинтервалов. Анализировалась величина стресс-индекса (SI) регуляторных систем, вычисляемая по формуле: $SI = AMo / 2Mo \cdot \Delta X$, где ΔX (с) — разность между максимальными и минимальными значениями продолжительности кардиоинтервалов исследуемого динамического ряда. Рассматривались также результаты спектрального анализа вегетативной регуляции сердца (BCP): BB (HF, мс²) — высокочастотные колебания сердечного ритма (CP); MB2 (LF, мс²) — низкочастотные колебания CP. Артериальное давление (АД) измеряли по методу А. С. Короткова.

Исследования влияния геомагнитных и метеорологических возмущений на BCP проведены осенью (с 12 сентября по 7 октября 2005 г.) на 20 студентах, участвовавших в эксперименте не менее шести раз в разные периоды 24-дневного цикла наблюдений.

Отдельно проведено исследование сезонной динамики BCP в четырёх сериях. В каждой из серий один и тот же юноша повторно обследовался шесть раз.

Первые две серии проведены в 2005/2006 учебном году на студентах 2-го курса. 1-я серия обследований проведена осенью 2005 г. Это данные тех же студентов, что и в первом исследовании, но полученные в дни без выраженных отклонений геомагнитного поля с 16 сентября по 7 октября. Во 2-й серии, проведённой весной (с 13 по 25 марта 2006 г.), участвовали те же, что и в 1-й серии, девять студентов. Поэтому и для первой серии рассмотрены данные только этих девяти студентов.

В 3-й — зимней (с 14 по 25 декабря 2006 г.) и в 4-й — весенней (с 12 по 24 марта 2007 г.) сериях участвовала новая группа студентов 2-го курса 2006/2007 года обучения — 11 мужчин.

Данные усреднений и их флуктуации представлены в виде медианных значений при усреднении и их квартилей, поскольку распределение значений ряда параметров не описывается нормальным законом. При анализе зависимостей параметров BCP от геомагнитных возмущений и метеофакторов в начале обработки находились уравнения временной регрессии параметров методом наименьших квадратов, линейные и полиномиальные тренды и достоверность этих трендов, выраженная коэффициентом детерминации (Петри, Сэбин, 2003). Это дало возможность выделить два периода изменяющихся значений средней длительности RR-интервалов и стресс-индекса: с 12 по 15 сентября и с 23 по 28 сентября 2005 г. Третий период — с 29 сентября по 7 октября — относительно спокойный. Для этих периодов проведён сравнительный анализ данных BCP.

Сведения о метеопараметрах взяты с интернет-сайта лаборатории информационной поддержки космического мониторинга (SMIS IKI RAN; <http://meteo.infospace.ru>). Значения

планетарного индекса геомагнитной активности (Kp) предоставлены Институтом космофизики и аэронавтики СО РАН (Якутск).

Статистическая обработка проведена с помощью пакета XL.

Результаты и обсуждение

Исследование зависимости параметров СР от геомагнитных и метеовозмущений проведено в осенний период у 20 юношей. В 24-дневном цикле непрерывных наблюдений выделены три последовательных временных этапа. Первый этап, с 12 по 15 сентября 2005 г., характеризовался длительной высокой магнитной активностью. Экстремально сильная магнитная буря (G5) началась 11 сентября и состояла из серии магнитных возмущений (МВ) уровня не ниже G3, длившейся четверо суток по 15 сентября. С 16 сентября по 7 октября геомагнитная обстановка была в основном слабозамушенной. 2-й этап с 23 по 28 сентября сопровождался резкими перепадами внутрисуточной и межсуточной температуры воздуха — температурными возмущениями (ТВ). Во время 3-го этапа с 29 сентября по 7 октября отсутствовали существенные возмущения геомагнитных и метеопараметров — спокойный период (СП). Значения параметров ВСР обследованных мужчин и метеофакторов представлены в *табл. 1*.

Таблица 1. Перепады внутрисуточной (ΔT , °С в/с) и межсуточной (ΔT , °С м/с) температуры воздуха, внутрисуточного (ΔP , мбар в/с) и межсуточного (ΔP , мбар м/с) атмосферного давления, длительность RR-интервалов, стресс-индекс SI, систолическое АДс и диастолическое АДд давление ($M \pm m$) у мужчин на этапах исследования

Этап	Дата	ΔT , °С в/с	ΔT , °С м/с	ΔP , мбар в/с	ΔP , мбар м/с	RR, мс	SI, у.е.	АДс	АДд	n
МВ (1)	12–15 сентября 2005 г.	6,7	8,8	1,9	3,5	807±16**	138±16	115±2	78±1,6	31
ТВ (2)	23–28 сентября 2005 г.	12,7	14,4	3,0	5,3	833±14*	187±23*	108±2	75±1,5	40
СП (3)	29 сентября – 7 октября 2015 г.	5,4	8,4	3,8	6,7	891±17	123±17	110±2	75±2	43

Примечание: значимость различий значений показателей относительно спокойного периода — * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

Проведён сравнительный анализ значений параметров ВСР на 1-м и 2-м периодах с показателями 3-го периода (СП), удалённого на 14 суток от магнитовозмущённого периода. Реакция на магнитные возмущения в виде укорочения RR выявлена у 16 обследованных. Среднее значение RR-интервалов в 1-м периоде значимо короче, чем в 3-м периоде. На *рис. 1* (см. с. 55) представлены полиномиальный и линейный тренды динамики усреднённых RR-интервалов. Минимальные значения RR-интервалов наблюдались в период действия магнитной бури (12–15 сентября 2005 г.). В последующие магнитоспокойные дни длительность RR-интервалов увеличивается, достигнув максимума к концу наблюдений (6 октября 2005 г.). Статистически значимое укорочение RR имелось и во 2-м периоде (температурное возмущение) относительно 3-го спокойного периода. Однако длительность RR оказалась более чувствительной к повышению напряжения магнитного поля, чем к перепаду температуры воздуха.

Построение линейного тренда, отражающего зависимость длительности RR-интервалов от величины внутрисуточных колебаний температуры (ΔT , °С в/с), выявило пороговое значение температурного перепада, которое составило около 5–8 °С. На *рис. 2* (см. с. 55) порог указан стрелкой. Пороговое значение проявляется в виде уменьшения флуктуаций значений RR. Ниже этого порога коэффициент корреляции между значениями колебаний температуры и RR-интервалами составляет 0,19, что проявляется большим разбросом экспериментальных точек; выше порога разброс значений RR-интервалов существенно уменьшается и коэффициент корреляции становится равным 0,42.

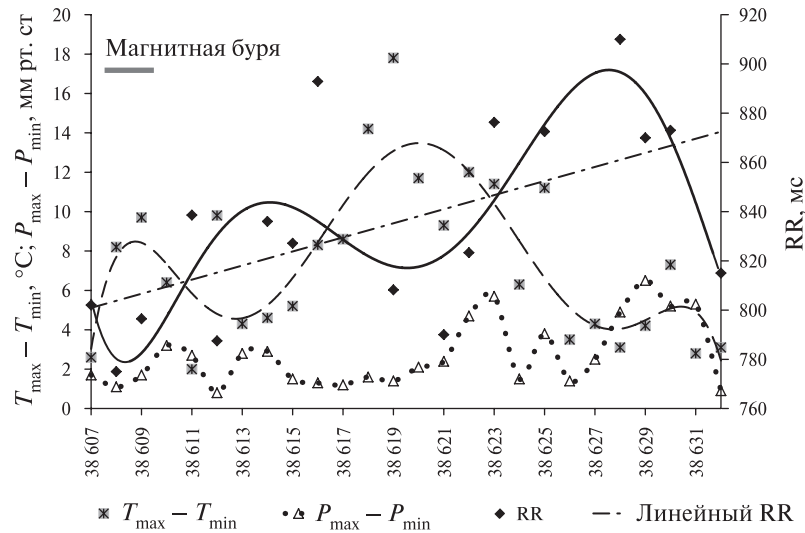


Рис. 1. Динамика значений RR-интервалов и метеопараметров в наблюдаемые периоды. Слева в верхнем углу отмечено время действия магнитной бури: $T_{\max} - T_{\min}$ и $P_{\max} - P_{\min}$ — внутрисуточные перепады температуры и давления воздуха; RR — интервал между зубцами RR-электрокардиограммы (длительность кардиоцикла)

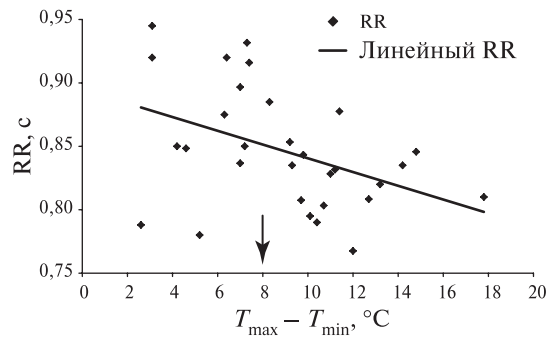


Рис. 2. Зависимость длительности RR-интервалов у мужчин от внутрисуточных перепадов температуры воздуха: RR — интервал между зубцами RR-электрокардиограммы; линейный RR — линейный тренд динамики длительности кардиоинтервалов; $T_{\max} - T_{\min}$ — внутрисуточный перепад температуры воздуха

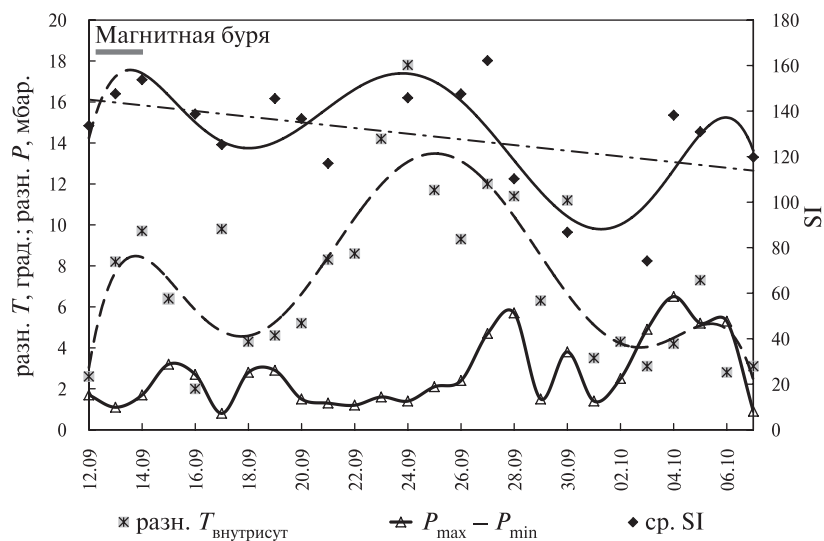


Рис. 3. Динамика значений стресс-индекса (SI) и метеопараметров в наблюдаемые периоды: разн. $T_{\text{внутрисут}}$ и $P_{\max} - P_{\min}$ — внутрисуточные перепады температуры и давления воздуха; ср. SI — среднее значение стресс-индекса у обследуемых

Изучены связи длительности RR-интервалов со значениями в/с и м/с перепадов атмосферного давления (см. *рис. 1*). За рассматриваемый период наблюдений перепады в/с и м/с давлений не были существенными и не вызывали значимого снижения длительности RR-интервалов. Нужно учесть, что г. Якутск расположен в зоне влияния зимнего антициклона и большие перепады давления, кроме летнего сезона, происходят крайне редко. И наоборот, практически постоянно в переходные осенний и весенний сезоны наблюдаются большие в/с и м/с колебания температуры воздуха.

На всех этапах исследования прослежена динамика значений усреднённого по дню измерения стресс-индекса, отражающего степень централизации управления сердечным ритмом. Магнитные возмущения не оказали достоверного воздействия на величину SI, в то время как температурные возмущения значимо её повысили относительно спокойного периода. Зависимость значений SI от внутрисуточного температурного перепада показывает наличие линейного тренда этих параметров (*рис. 3*, см. с. 55).

Сравнительный анализ значений АД осенью выявил тенденцию ($p < 0,1$) к повышению АДс во время магнитной бури относительно спокойного периода. Реакция АД на температурные возмущения отсутствовала.

Таким образом, даже в условиях покоя испытуемых (положение лёжа) такие экологические факторы окружающей среды на Севере, как магнитные бури и резкие внутрисуточные и межсуточные перепады температуры воздуха, вызывают хронотропную реакцию и повышение стресс-индекса регуляторных систем сердца у практически здоровых мужчин.

Выявленное нами значимое укорочение кардиоинтервалов при внутрисуточном перепаде температуры воздуха, составляющем 5–8 °С и более, служит обоснованием необходимости проведения профилактических мероприятий у метеочувствительных лиц.

Многочисленные исследования посвящены изучению влияния геофизических и метеорологических факторов в различные сезоны года на функции гомеостатических систем организма (Ботоева, 2013; Гудков и др., 2012; Ли, 2009). Сезонность изменений погодных и геофизических факторов лежит в основе обострений многих хронических заболеваний. Особенно тяжёлые последствия этих обострений наблюдаются у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями (Кеткина, 2015; Минеева, 2008; Русак и др., 2013; Хаснулин и др., 2014; Spenser et al., 1998).

Как выше указывалось, исследование сезонной динамики параметров СР проведены в четырёх сериях обследований. В 1-й (сентябрь 2005 г.) и 2-й сериях (март 2006 г.) обследованы девять одних и тех же юношей, количество регистраций кардиоримограмм составило по 59 в каждой серии. Средние значения параметров ВСР в 1-й (осень) и 2-й (весна) сериях обследования не имели достоверных различий (*табл. 2*).

Таблица 2. Частота сердечных сокращений (ЧСС) и показатели ВСР у юношей в различные сезоны года ($M \pm \sigma$; Me(25-75))

Показатели	Сезоны года				Достоверность различий по сезонам
	Осень 2005	Весна 2006	Зима 2006	Весна 2007	
	1	2	3	4	
RR, мс	830 (770–920)	840(780–900)	795 (740–900)	835 (780–898)	$P_{3-4} = 0,009$
ЧСС, уд./мин	$70 \pm 5,1$	$71 \pm 6,9$	$74,8 \pm 6,0$	$72,6 \pm 6,8$	$P_{3-4} = 0,009$
RMSSD, мс	42 (31–52)	33 (24–45)	36 (26–56)	34 (26–52)	$P_{1-2} = 0,001$
pNN50, %	11 (5–18)	10 (3–30)	11 (5–30)	13 (3–31)	
SDNN, мс	50 (50–60)	50 (40–60)	60 (50–70)	50 (50–60)	
AMo, %	43 (37–51)	43 (37–52)	41 (32–47)	43 (33–50)	
SI	101 (64–152)	103 (60–176)	91 (54–127)	109 (52–145)	
HF, мс ²	468 (279–840)	374 (213–643)	525 (219–1025)	345 (220–707)	$P_{3-4} = 0,028$
LF, мс ²	125 (61–225)	148 (71–283)	210 (149–373)	186 (125–370)	$P_{3-4} = 0,021$

Исключение составил лишь показатель RMSSD, величина которого оказалась значимо выше в сентябре. Последнее обстоятельство свидетельствует о преобладании парасимпатического звена регуляции ритма сердца в осенний сезон. Март в дни обследования характеризовался большими межсуточными перепадами атмосферного давления (в среднем 10,9 мб) относительно сентября (5,6 мб). Известно, что появление метеопатических реакций в значительной мере обусловлено воздействием на человека межсуточных колебаний атмосферного давления, критической величиной которых является 8,5 мб (Вовк, Горго, 2000). Средние значения межсуточных перепадов температуры воздуха в дни наблюдений от осени к весне отличались незначительно: в сентябре — 10,1 °С, в марте — 13,8 °С. Также небольшие различия наблюдались в освещённости: в сентябре величина суммарной радиации составляет в г. Якутске 6,6 ккал/см², в марте — 7,6 ккал/см² (Гаврилова, Матейкович, 1973).

Сравнительный анализ характеристик ВСР у каждого юноши в осенний и весенний сезоны года выявил существенные индивидуальные различия. Так, у четверых обследуемых (44,4%) осенью достоверно выше значения RMSSD, причём у троих из них значимо ниже значения SI относительно марта. У двоих из четверых в сентябре также достоверно выше значения SDNN, мощности HF и ниже значения ЧСС и АМо. Такие показатели говорят о более высоком функциональном резерве вегетативной регуляции у данных студентов в сентябре. У других троих обследованных (33,3%) состояние регуляторных систем улучшается в марте по сравнению с сентябрём, о чём свидетельствуют достоверно большие значения SDNN, мощности HF-волн и меньшие значения АМо и SI весной, чем осенью. У двоих студентов не выявлено сезонных различий в значениях большинства параметров ВСР. Вышеизложенные результаты показали, что динамика вегетативной регуляции сердца имеет разнообразные проявления у отдельных обследуемых. В одной группе юношей более высокий резерв регуляторных систем выявлен в сентябре, в другой — в марте, а в третьей существенных сезонных изменений в состоянии регуляторных механизмов не отмечено.

В 3-й и 4-й сериях исследования сравнительный анализ параметров ВСР проводился у другой группы студентов ($n = 11$) в декабре 2006 г. и в марте 2007 г., количество обследований — по 57 в каждой серии. Сравнение средних по группе обследованных характеристик ВСР, зарегистрированных в зимний и весенний сезоны, выявило достоверное учащение сердечного ритма в декабре относительно марта, сопровождающееся значимым увеличением мощности HF- и LF-волн без изменения других показателей ВСР (см. табл. 2). Последнее обстоятельство свидетельствует о повышении суммарной активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы в декабре, что можно рассматривать как признак адаптивной реакции на воздействие жёстких природных факторов. В дни наблюдений средняя температура воздуха составила -35 °С при колебаниях от $-19,8$ °С до $-44,1$ °С, кроме того декабрь характеризует минимальная интенсивность солнечной радиации — 0,4 ккал/см², в то время как в марте суммарная радиация составляет 7,6 ккал/см². Достоверное снижение средних по группе обследованных значений мощности высоких (HF) и низких (LF) частот в марте свидетельствует об уменьшении общего вегетативного тонуса и, возможно, является реакцией на резкие перепады метеофакторов. Так, межсуточные колебания температуры воздуха в дни наблюдений в марте составили в среднем 15,1 °С, в то время как в декабре — 8,09 °С. Установлено снижение функциональных возможностей сердечной деятельности в марте по сравнению с другими сезонами года у жителей Европейского Севера (Рощевский и др., 1995). Анализ клинических данных показал, что особую опасность представляют резкие сезонные вариации метеорологических факторов для больных с патологией сердечно-сосудистой системы. Так, исследование влияния сезонных климатических факторов на возможность скоропостижной смерти от инфарктов миокарда в 11-летнем солнечном цикле у жителей г. Якутска выявило наибольшее число смертельных исходов в сезоны, характеризующиеся контрастностью погоды (Васильева и др., 2004). Имеются указания на пик возникновения декомпенсации больных сердечно-сосудистыми заболеваниями, увеличение числа и тяжести сосудистых катастроф в период весеннего равенства в климатических условиях Европейского Севера (Катюхин и др., 2001) и Якутии (Третьякова, 2006).

Анализ индивидуальных вегетативных реакций у разных испытуемых выявил, что у 36% ($n = 4$) студентов от декабря к марту достоверно снизилась ЧСС. У двоих из них одновременно снизилась и мощность сердечного спектра (HF, LF), а у третьего юноши повысились значения SI и AMo. Таким образом, у этих троих студентов сдвиг в марте вегетативного баланса в сторону нормотонии сочетался с отдельными признаками симпатикотонии. Лишь у четвертого юноши сезонная динамика всех параметров ВСП свидетельствует об увеличении ваготонических влияний в марте по сравнению с сентябрём. У других 45,5% студентов ($n = 5$) значения ЧСС в марте остались неизменными, но при этом целый ряд статистических показателей свидетельствует о снижении ВСП. Так, у одного обследуемого в марте отмечено достоверное снижение HF, LF, RMSSD, SDNN, pNN50 и тенденция к увеличению SI и AMo. У другого студента в марте достоверно уменьшились мощность HF- и LF-спектров волн, RMSSD, SDNN, pNN50. Ещё у троих из пяти обследованных юношей на депрессию вариабельности RR-интервалов в марте указывают достоверные изменения показателей SDNN, pNN50, AMo HF, LF в различных их сочетаниях. У одного студента (9,1%) в марте установлено достоверное увеличение ЧСС, что сопровождалось значимыми изменениями параметров SI, RMSSD, AMo, LF, свидетельствующими об активации симпатического звена регуляции при наступлении весеннего равноденствия. Ещё у одного студента (9,1%) значимых сезонных различий в значениях параметров ВСП не выявлено. Таким образом, исследование индивидуальной сезонной динамики характеристик ВСП показало, что у большинства юношей обнаруживаются зависимости параметров при переходе от зимнего сезона к весеннему. Однако эти зависимости индивидуальны. Ряд авторов указывает на индивидуальные и даже противоположные реакции физиологических показателей у отдельных здоровых волонтеров на одни и те же погодные факторы (Григорьев, Поскотинова, 2007; Зенченко и др., 2013).

Нами установлено, что наиболее высокочувствительными к метеопараметрам показателями сердечного ритма являются RMSSD, мощность HF- и LF-спектра волн. Эти показатели характеризуют особенности вегетативной регуляции сердца при сезонных колебаниях метеофакторов. Анализ временных и спектральных показателей ВСП в осенний, зимний и весенний сезоны года в группе юношей, обследованных в 1–2-й сериях, также как и в группе обследованных в 3–4-й сериях, выявил более высокое напряжение системы вегетативной регуляции сердца и, следовательно, снижение адаптивных возможностей организма в весенний сезон.

Заключение

Воздействие экстремальных экологических факторов Крайнего Севера — возмущённого магнитного поля, резких колебаний температуры атмосферного воздуха — вызывают статистически значимые реакции параметров вариабельности сердечного ритма у практически здоровых мужчин-якутов. Выявленный порог перепада температуры воздуха (5–8 °C), превышение которого вызывает достоверное увеличение частоты сердечных сокращений, является обоснованием необходимости проведения мероприятий по профилактике метеопатических реакций.

Сравнительный анализ показателей вариабельности сердечного ритма у молодых мужчин в различные сезоны года выявил высокочувствительные параметры — RMSSD (показатель парасимпатической регуляции), мощность высокочастотных (HF) и низкочастотных (LF) спектров волн сердечного ритма, характеризующие особенности вегетативной регуляции сердца при сезонных колебаниях метеофакторов в условиях экстремального климата Якутии. По данным временных и спектральных характеристик ВСП, неблагоприятным для функционального состояния системы вегетативного управления сердцем является весенний сезон.

Литература

1. *Авицын А. П., Жаворонков А. А., Марачев А. Г., Милованов А. П.* Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 416 с.
2. *Бабаева М. И., Рогачева С. М., Вишневецкий В. В.* Адаптация человека к гелиогеофизическим возмущениям на фоне отягчающих факторов // *Экология человека*. 2013. № 2. С. 35–39.
3. *Ботоева Н. К.* Влияние климатогеофизических факторов на пространственно-временную организацию жизненно важных функций и адаптационные реакции организма человека: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Владикавказ, 2013. 44 с.
4. *Бреус Т. К., Гурфинкель Ю. И., Зенченко Т. А., Ожередов В. А.* Сравнительный анализ чувствительности различных показателей сосудистого тонуса к метеорологическим и геомагнитным факторам // *Геофизические процессы и биосфера*. 2010. Т. 9. № 2. С. 23–36.
5. *Васильева Г. С., Алексеев В. П., Кривошапкин В. Г.* Климат и сердечно-сосудистая патология на Крайнем Севере. Якутск: Сахаполиграфиздат, 2004. 114 с.
6. *Вовк Т. Б., Горго Ю. П.* Влияние метеорологических факторов на вегетативные показатели человека // *Биометеорология человека: материалы конгресса*. Санкт-Петербург, 2000. С. 27.
7. *Гаврилова М. Н., Матейкович Г. С.* Суммарная радиация на территории Якутской АССР // *Вопросы географии Якутии. Метеорологические и гидрогеологические исследования*. Вып. 6. Якутск: Якутское книжн. изд-во, 1973. С. 27–35.
8. *Григорьев П. Е., Поскотинова Л. В.* Индивидуальные особенности связи динамики вегетативных регуляторных процессов с гелиометеофакторами // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия»*. 2007. Т. 20 (59). № 1. С. 47–57.
9. *Гудков А. Б., Попова О. Н., Ефимова Н. В.* Сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда у уроженцев Европейского Севера // *Экология человека*. 2012. № 9. С. 32–37.
10. *Деряпа Н. Р., Мошкин М. П., Постный В. С.* Проблемы медицинской биоритмологии. М.: Медицина, 1985. 208 с.
11. *Емелина С. В., Рубинштейн К. Г., Гурьянов В. В., Переведенцев Ю. П., Иванов А. В.* Влияние краткосрочных изменений погоды на людей с ишемической болезнью сердца в г. Набережные Челны // *Метеорология и гидрология*. 2015. № 12. С. 86–94.
12. *Зенченко Т. А., Варламова Н. Г.* Характеристики показателей гемодинамики здоровых людей на изменение метеорологических и геомагнитных факторов в условиях Севера // *Геофизические процессы и биосфера*. 2015. Т. 14. № 2. С. 50–66.
13. *Зенченко Т. А., Скавуляк А. Н., Хорсева Н. И., Бреус Т. К.* Характеристики индивидуальных реакций сердечно-сосудистой системы здоровых людей на изменение метеорологических факторов в широком диапазоне температур // *Геофизические процессы и биосфера*. 2013. Т. 12. № 1. С. 22–43.
14. *Катюхин В. Н., Карпин В. А., Соколов С. В.* Климатоэкологическая характеристика госпитализаций больных с артериальной гипертензией и острым нарушением мозгового кровообращения в климатических условиях Севера // *Кардиология*. 2001. № 6. С. 47–48.
15. *Кеткина О. А.* Сезонная динамика показателей функционального состояния организма подростков и юношей европейского севера: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2015. 20 с.
16. *Ли В. А.* Физиологическая характеристика сезонных изменений адаптационных реакций организма при разных уровнях артериального давления: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2009. 28 с.
17. *Минеева Е. В.* Годичные ритмы развития осложнений у больных ишемической болезнью сердца: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Кемерово, 2008. 24 с.
18. *Панин Л. Е.* Гомеостаз и проблемы приполярной медицины (методологические аспекты адаптации) // *Бюллетень Сибирского отделения Рос. академии мед. наук*. 2010. № 3. С. 6–11.
19. *Петри А., Сэбин К.* Наглядная статистика в медицине. М.: Мир, 2003. 143 с.
20. *Роцевский М. П., Евдокимов В. Г., Варламова Н. Г., Рогачевская О. В.* Сезонные и социальные влияния на кардиореспираторную систему жителей Севера // *Физиология человека*. 1995. Т. 21. № 6. С. 55–69.
21. *Русак С. Н., Еськов В. В., Молягов Д. И., Филатова О. Е.* Годовая динамика погодно-климатических факторов и здоровье населения Ханты-Мансийского автономного округа // *Экология человека*. 2013. № 11. С. 1–6.
22. *Третьякова Н. Н.* Эпидемиологические и этнические особенности инсульта в Республике Саха (Якутия): автореф. дис. ... канд. мед. наук. Якутск, 2006. 25 с.
23. *Хаснулин В. И.* Здоровье человека и космогеофизические факторы Севера // *Экология человека*. 2013. № 12. С. 3–13.

24. Хаснулин В. И., Гафаров В. В., Мингазов И. Ф., Большакова И. А. Последствия десинхроноза для здоровья населения от введения круглогодичного «летнего» времени // Международный журн. прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11. С. 295–300.
25. Spenser F. A., Goldberg R. Y., Becker R. C. Does incidence of myocardial infarction vary by season // J. American College of Cardiology. 1998. No. 31. P. 1226–1233.

The influence of geomagnetic and meteorological factors in different seasons of the year on the state of autonomic regulation of the heart in young men

G. K. Stepanova¹, V. I. Kozlov²

¹ North Eastern Federal University, Yakutsk 677000, Russia
E-mail: g_k_step@mail.ru

² Institute Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk 677000, Russia
E-mail: vkozlov@ikfia.ysn.ru

The seasonal change of vegetative regulation of the heart were studied in terms of heart rate variability (HRV) in healthy young men — Yakut, students NEFU. The study included two groups of men: first group in autumn of 2005 and spring of 2006 (1st and 2nd series of the study), second in winter of 2006 and spring of 2007 (3rd and 4th study series). The first group surveyed at the beginning of the 24-day cycle of observations was exposed to an extremely strong magnetic storm (G5) in the fall of 2005, which had begun on September 11 and consisted of a series of magnetic disturbances of a level not lower than G3, lasting until September 15. In this series, both during the period of magnetic disturbances and in the subsequent period of sharp changes in air temperature (14.4 °C), a significant increase in the heart rate and a change in other HRV parameters occurred. A comparative analysis of HRV in subjects surveyed in different seasons (days without pronounced deviations of the magnetic field) revealed highly sensitive frequency and spectral parameters of the heart rhythm — RMSSD, HF, LF, characterizing the features of vegetative regulation of the heart during seasonal fluctuations of meteorological factors. According to the temporal and spectral characteristics of HRV most hazardous to the functional state of the heart of the control system is the spring season.

Keywords: magnetic storm, temperature disturbances, heart rate variability, seasonal variations in meteorological factors

Accepted: 20.02.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-52-62

References

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Marachev A. G., Milovanov A. P., *Patologiya cheloveka na Severe* (Human Pathology in the North), Moscow: Meditsina, 1985, 416 p.
2. Babaeva M. I., Rogacheva S. M., Vishnevskii V. V., *Adaptatsiya cheloveka k geliogeofizicheskim vozmushcheniyam na fone otyagchayushchikh faktorov* (Human adaptation to Helios physical disturbances on the background of aggravating factors), *Ekologiya cheloveka*, 2013, No. 2, pp. 35–39.
3. Botoeva N. K., *Vliyanie klimatogeliogeofizicheskikh faktorov na prostranstvenno-vremennuyu organizatsiyu zhiznenno vazhnykh funktsii i adaptatsionnye reaksii organizma cheloveka: Avtoref. diss. dokt. med. nauk* (The impact of climate helio-geophysical factors on the spatio-temporal organization of vital functions and adaptive reactions of human organism. Extended abstract Doct. med. sci. thesis), Vladikavkaz, 2013, 44 p.
4. Breus T. K., Gurfinkel' Yu. I., Zenchenko T. A., Ozheredov V. A., *Sravnitel'nyi analiz chuvstvitel'nosti razlichnykh pokazatelei sosudistogo tonusa k meteorologicheskim i geomagnitnym faktoram* (Comparative analysis of the sensitivity of the various indicators of vascular tone to the meteorological and geomagnetic factors), *Geofizicheskie protsessy i biosfera*, 2010, Vol. 9, No. 2, pp. 23–36.

5. Vasil'eva G. S., Alekseev V. P., Krivoshapkin V. G., *Klimat i serdechno-sosudistaya patologiya na Krainem Severe* (Climate and cardiovascular pathology in the Far North), Yakutsk: Sakhapoligrafizdat, 2004, 114 p.
6. Vovk T. B., Gorgo Yu. P., Vliyanie meteorologicheskikh faktorov na vegetativnye pokazateli cheloveka (Effect of meteorological factors on the human vegetative indicators), *Biometeorologiya cheloveka* (Human Biometeorology), Proc. Conference, Saint Petersburg, 2000, p. 27.
7. Gavrilova M. N., Mateikovich G. S., Summarnaya radiatsiya na territorii Yakutskoi ASSR (Total radiation on the territory of the Yakut ASSR), *Voprosy geografii Yakutii. Meteorologicheskie i gidrogeologicheskie issledovaniya* (Geographical Issues of Yakutia. Meteorological and hydrogeological studies), Issue 6, Yakutsk: Yakutskoe knizhnoe izdatel'vo, 1973, p. 27–35.
8. Grigor'ev P. E., Poskotinova L. V., Individual'nye osobennosti svyazi dinamiki vegetativnykh regulyatornykh protsessov s geliometeofaktorami (Individual features of relationship dynamics of vegetative regulatory processes helio meteofactors), *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo, Ser. "Biologiya, khimiya"* (Scientific notes of the V.I. Vernadsky Tavrida National University. Series "Biology, Chemistry"), 2007, Vol. 20 (59), No. 1, pp. 47–57.
9. Gudkov A. B., Popova O. N., Efimova N. V., Sezonnnye izmeneniya bioelektricheskoi aktivnosti miokarda u urozhentsev Evropeiskogo Severa (Seasonal changes in the bioelectric activity of the myocardium from the natives of the European North), *Ekologiya cheloveka*, 2012, No. 9, pp. 32–37.
10. Deryapa N. R., Moshkin M. P., Postnyi V. S., *Problemy meditsinskoj bioritmologii* (Problems of medical biorhythmology), Moscow: Meditsina, 1985, 208 p.
11. Emelina S. V., Rubinshtein K. G., Gur'yanov V. V., Perevedentsev Yu. P., Ivanov A. V., Vliyanie kratkosrochnykh izmenenii pogody na lyudei s ishemicheskoi bolezn'yu serdtsa v gorode Naberezhnye Chelny (Effect of short-term weather changes on people with coronary heart disease in the city of Naberezhnye Chelny), *Meteorologiya i gidrologiya*, 2015, No. 12, pp. 86–94.
12. Zenchenko T. A., Varlamova N. G., Kharakteristiki pokazatelei gemodinamiki zdorovykh lyudei na izmeneniye meteorologicheskikh i geomagnitnykh faktorov v usloviyakh Severa (Features of hemodynamic parameters changes in healthy people on meteorological and geomagnetic factors in the North), *Geofizicheskie protsessy i biosfera*, 2015, Vol. 14, No. 2, pp. 50–66.
13. Zenchenko T. A., Skavulyak A. N., Khorseva N. I., Breus T. K., Kharakteristiki individual'nykh reaktsii serdechno-sosudistoi sistemy zdorovykh lyudei na izmeneniye meteorologicheskikh faktorov v shirokom diapazone temperatur (Characteristics of the individual reactions of cardiovascular system healthy meteorological factors change over a wide temperature range), *Geofizicheskie protsessy i biosfera*, 2013, Vol. 12, No. 1, pp. 22–43.
14. Katyukhin V. N., Karpin V. A., Sokolov S. V., Klimatoekologicheskaya kharakteristika gospitalizatsii bol'nykh s arterial'noi gipertenziei i ostrym narusheniem mozgovogo krovoobrashcheniya v klimaticheskikh usloviyakh Severa (Climatic and ecological characteristics of hospitalizations of patients with hypertension and acute stroke in the climatic conditions of the North), *Kardiologiya*, 2001, No. 6, pp. 47–48.
15. Ketkina O. A., *Sezonnaya dinamika pokazatelei funktsional'nogo sostoyaniya organizma podrostkov i yunoshchei evropeiskogo severa: avtoref. diss. kand. med. nauk* (Seasonal dynamics of the functional state of the organism of teenagers and young men of the European North. Extended abstract Cand. med. sci. thesis), Syktyvkar, 2015, 20 p.
16. Li V. A., *Fiziologicheskaya kharakteristika sezonnykh izmenenii adaptatsionnykh reaktsii organizma pri raznykh urovnyakh arterial'nogo davleniya: avtoref. diss. kand. med. nauk* (Physiological characteristics of seasonal changes in adaptive reactions at different blood pressure levels. Extended abstract Cand. med. sci. thesis), Moscow, 2009, 28 p.
17. Mineeva E. V., *Godichnye ritmy razvitiya oslozhnenii u bol'nykh ishemicheskoi bolezn'yu serdtsa: avtoref. diss. kand. med. nauk* (Annual rhythms of complications in patients with coronary heart disease. Extended abstract Cand. med. sci. thesis), Kemerovo, 2008, 24 p.
18. Panin L. E., Gomeostaz i problemy pripolyarnoi meditsiny (metodologicheskie aspekty adaptatsii) (Homeostasis and problems circumpolar medicine (methodological aspects of adaptation)), *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* (Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences.), 2010, No. 3, pp. 6–11.
19. Petri A., Sebin K., *Medical Statistics at a Glance, 3rd Edition*, Wiley-Blackwell, 2009, 180 p.
20. Roshchevskii M. P., Evdokimov V. G., Varlamova N. G., Rogachevskaya O. V., Sezonnnye i sotsial'nye vliyaniya na kardiorespiratornuyu sistemu zhitelei Severa (Seasonal and social impact on the people of the North cardiorespiratory system), *Fiziologiya cheloveka*, 1995, Vol. 21, No. 6, pp. 55–69.
21. Rusak S. N., Es'kov V. V., Molyagov D. I., Filatova O. E., Godovaya dinamika pogodno-klimaticheskikh faktorov i zdorov'e naseleniya Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga (Annual dynamics of climatic

- factors and the health of the population of the Khanty-Mansi Autonomous District), *Ekologiya cheloveka*, 2013, No. 11, pp. 1–6.
22. Tret'yakova N. N., *Epidemiologicheskie i etnicheskie osobennosti insul'ta v Respublike Sakha (Yakutiya): avtoref. diss. kand. med. nauk* (Epidemiological and ethnic features of the stroke and the Republic of Sakha (Yakutia). Cand. med. sci. thesis), Yakutsk, 2006, 25 p.
 23. Khasnulin V. I., Zdorov'e cheloveka i kosmogeofizicheskie faktory Severa (Health and Human Factors North cosmogeophysical), *Ekologiya cheloveka*, 2013, No. 12, pp. 3–13.
 24. Khasnulin V. I., Gafarov V. V., Mingazov I. F., Bol'shakova I. A., Posledstviya desinkhronoza dlya zdorov'ya naseleniya ot vvedeniya kruglogodichnogo "letnego" vremeni (The effects of DS to public health from the introduction of year-round "summer" time), *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2014, No. 11, pp. 295–300.
 25. Spenser F. A., Goldberg R. Y., Becker R. C., Does incidence of myocardial infarction vary by season, *J. Am. Coll. Cardiol.*, 1998, No. 31, pp. 1226–1233.