

УДК [612.1:612.2]:613.13(1-17)

## СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У ЮНОШЕЙ В УСЛОВИЯХ ЦИРКУМПОЛЯРНОГО РЕГИОНА

© 2012 г. <sup>1,2</sup>В. Н. Пушкина, <sup>1</sup>А. В. Грибанов<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,<sup>2</sup>Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

В статье представлены результаты исследования показателей кардиореспираторной системы и их динамика в процессе сезонной акклиматизации. Выявлено, что сезонные флуктуации в циркумполярном регионе вызывают внутрискруктурные изменения. В осенний период отмечается оптимальная организация кардиореспираторной системы, которая характеризуется ведущей ролью центральной гемодинамики. Во время напряжения адаптивных механизмов организма, что наблюдается в зимне-весенний период, происходит усиление роли вегетативной нервной системы в управлении сердечным ритмом и функциональными системами в целом. Причем в зимний сезон усиливается влияние респираторного блока, а в весенний – гемодинамического. В летний период наиболее характерными являются негативные сдвиги мозгового кровотока.

**Ключевые слова:** Север, юноши, кардиореспираторная система, внутрисистемные связи, сезоны года.

Климатические условия полярных и приполярных регионов, где дискомфортность проживания определяется холодом, резкими колебаниями атмосферного давления и температурного спектра, повышенной влажностью, высокой активностью гелиокосмических факторов, резким нарушением фотопериодичности, частыми значительными возмущениями в ионосфере, возрастающей к северу напряженности и изменчивости магнитного поля Земли, оказывают свое негативное влияние на состояние физиологических систем организма и способствуют их перестройке [1–3, 8, 10, 14–18]. Очевидно, дополнительным фактором, вызывающим определенные изменения в компенсаторно-приспособительной деятельности кардиореспираторной системы человека, являются циклы естественной сезонной акклиматизации, которые человек проходит на протяжении года. Однако до сих пор остается практически неосвещенным вопрос о сезонных изменениях показателей функционального состояния системы потребления и транспорта кислорода, об особенностях их взаимоотношений.

Исходя из этого целью исследования было изучение взаимоотношений показателей кардиореспираторной системы и их изменение в различные сезоны года в условиях приполярного региона.

### Методы

Исследование функционального состояния кардиореспираторной системы было проведено у практически здоровых молодых людей ( $19,26 \pm 0,18$ ) года, родившихся и проживающих в условиях северного региона (г. Архангельск, Архангельская область) и являющихся студентами высшего учебного заведения, в первой половине дня, через 1,5–2 часа после приема пищи, 15-минутного отдыха в условиях относительного покоя в осенний (октябрь), зимний (декабрь), весенний (апрель) и летний (июнь) сезоны года. Вариабельность сердечного ритма изучали с использованием программно-аппаратного диагностического комплекса «Варикард-1.0». Оценивались параметры ритма сердца: RMSSD, мс – квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов; SDNN, мс – среднее квадратичное отклонение динамического ряда R–R-интервалов; AMo, % – амплитуда моды, число значений интервалов, равных Mo в процентах к общему числу зарегистрированных кардиоциклов; MxDMn, мс – разница наибольшего и наименьшего значений динамического ряда R–R-интервалов, вариационный размах;  $pNN_{50}$ , % – число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс к общему числу кардиоинтервалов в массиве; CV, % – коэффициент вариации; SI, усл. ед. – индекс напряжения регуляторных систем (Stress index); TP,  $c^2 \times 1000$  – суммарная мощности спектра на всех частотных диапазонах. Функцию внешнего дыхания исследовали на автоматическом спирометре «СпироС-100» в положении сидя. Регистрировали показатели: ЖЕЛ, л – жизненная емкость легких; ОФВ<sub>0,5</sub>, л – объем форсированного выдоха за первые

0,5 секунды;  $ОФВ_{1,}$  л — объем форсированного выдоха за первую секунду; ПОС, л/с — пиковая объемная скорость выдоха;  $МОС_{25}, МОС_{50}, МОС_{75},$  л/с — мгновенная объемная скорость на 25, 50 и 75 % от ФЖЕЛ;  $СОС_{25-75},$  л/с — средняя объемная скорость в диапазоне 25–75 %;  $ОФВ_{1,}/ФЖЕЛ,$  % — индекс Генслера (ИГ). С помощью медицинского диагностического автоматизированного комбинированного комплекса «Сфера-4» определяли гемодинамические показатели. Синхронно с реографией проводилась регистрация электрокардиограммы во II стандартном отведении. На основании интегральной реограммы по методике М. И. Тищенко [13] у молодых людей были исследованы характеристики центральной гемодинамики: ОПСС,  $дин*с^{-1}см^{-5}$  — общее периферическое сопротивление сосудов; УОК, мл — ударный объем крови; УИ, мл/мин — ударный индекс; СИ, л/мин\* $м^2$  — сердечный индекс; МЛЖ, Вт — мощность левого желудочка; ИМРС,  $кг*м/мин/м^2$  — индекс минутной работы сердца; ИУРС,  $кг*м/м/м^2$  — индекс ударной работы сердца; ОСИ, мл/с — общая скорость изгнания. Реоэнцефалограмму регистрировали в бассейне внутренней сонной артерии во фронтостоматальном отведении с правой (п) и левой (л) сторон: Т, сек. — время распространения пульсовой волны от сердца до исследуемого участка; ТИ, сек. — период изгнания; РИ, 1/Ом — соотношение амплитуды реографической волны в мм с калибровочным сигналом (К) в мм; АЧП, усл. ед. — амплитудно-частотный показатель (вычисляли как  $РИ/Т$ ); А/С, % — показатель тонуса артерий всех калибров;  $A_2/С,$  % — показатель тонуса артерий среднего и мелкого калибра; Vs, мл — систолический объем кровотока; Vm, мл — минутный объем кровотока; Vmax, Ом/сек. — максимальная скорость быстрого кровенаполнения; Vmin, Ом/сек. — средняя скорость медленного кровенаполнения.

Математическая обработка результатов исследования проводилась с помощью статистического пакета SPSS 15.0. Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась по критерию Shapiro-Wilk. В случае нормального распределения переменных применялись параметрические методы (Т-Стьюдента) для зависимых выборок, при ненормальном распределении — непараметрические (Вилкоксона). Корреляционный анализ выполнен с использованием ранговой корреляции по Spearman ( $r_s$ ). Учитывали только значимые коэффициенты корреляции. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимался за 0,05. Факторный анализ проводили в среде программы SPSS. Использовался метод главных компонент с вращением Varimax с нормализацией Кайзера. Для интерпретации брались только информативные (кумулятивный процент от общей дисперсии выборки 70 и выше) и адекватные модели для данных выборок с мерой выборочной адекватности Кайзера — Мейера — Олкина более 0,5. С целью повышения информативности в факторных моделях использовались показатели, участвующие в статистически значимых корреляциях в конкретных выборках ( $p < 0,050-0,001$ ) [9].

## Результаты

Анализ взаимоотношений показателей кардиореспираторной системы у юношей свидетельствует, что в разные сезоны года ее функциональная организация имеет свои особенности. Факторный анализ выявил в осенний период наличие 5 генеральных совокупностей с суммарным весом 77,5 % дисперсии (табл. 1). К 1-му фактору отнесены 8 показателей, которые можно обозначить как «центральная гемодинамика» с общей долей в суммарной дисперсии 21,34 %. Вторую матрицу, включающую 8 показателей (17,94 %), возможно интерпретировать как «интенсивность мозгового кровотока». Третий фактор определяем как «респираторный блок». В данную матрицу с суммарным весом 14,99 % вошли 7 показателей, отражающих, в первую очередь, бронхиальную проводимость в системе мелких, средних и крупных бронхов и скоростные величины, характеризующие выдох. В 4-й фактор «вариабельность» были включены значения, отражающие парасимпатическую активность в управлении сердечным ритмом. Суммарный вклад

Таблица 1  
Межсистемные связи функциональных систем у юношей  
в осенний период года n=170

| Показатель                    | 1-й фактор | 2-й фактор | 3-й фактор | 4-й фактор | 5-й фактор |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| СИ, л/мин* $м^2$              | 0,919      |            |            |            |            |
| УИ, мл/мин                    | 0,914      |            |            |            |            |
| ОСИ, мл/с                     | 0,909      |            |            |            |            |
| ИУРС, $кг*м/мин/м^2$          | 0,895      |            |            |            |            |
| ИМРС, $кг*м/мин/м^2$          | 0,893      |            |            |            |            |
| УОК, мл                       | 0,890      |            |            |            |            |
| МЛЖ, Вт                       | 0,879      |            |            |            |            |
| ОПСС, $дин*с^{-1}см^{-5}$     | -0,817     |            |            |            |            |
| Vmax (л), Ом/сек.             |            | 0,906      |            |            |            |
| РИ (л), 1/Ом                  |            | 0,885      |            |            |            |
| АЧП (л), усл. ед.             |            | 0,873      |            |            |            |
| Vmax (п), Ом/сек.             |            | 0,859      |            |            |            |
| Vmin (п), Ом/сек.             |            | 0,857      |            |            |            |
| Vmin (л), Ом/сек.             |            | 0,842      |            |            |            |
| РИ (п), 1/Ом                  |            | 0,821      |            |            |            |
| АЧП (п), усл. ед.             |            | 0,796      |            |            |            |
| $СОС_{25-75},$ л/с            |            |            | 0,936      |            |            |
| $МОС_{50},$ л/с               |            |            | 0,889      |            |            |
| $МОС_{25},$ л/с               |            |            | 0,889      |            |            |
| $ОФВ_{1,}$ л                  |            |            | 0,825      |            |            |
| ПОС, л/с                      |            |            | 0,814      |            |            |
| $ОФВ_{0,5},$ л                |            |            | 0,795      |            |            |
| $МОС_{75},$ л/с               |            |            | 0,714      |            |            |
| CV, %                         |            |            |            | 0,970      |            |
| SDNN, мс                      |            |            |            | 0,956      |            |
| RMSSD, мс                     |            |            |            | 0,936      |            |
| MxDMn, мс                     |            |            |            | 0,926      |            |
| Vs (л), мл                    |            |            |            |            | 0,846      |
| Vs (п), мл                    |            |            |            |            | 0,820      |
| Vm (л), мл                    |            |            |            |            | 0,776      |
| Vm (п), мл                    |            |            |            |            | 0,718      |
| Кумулятивный %                | 21,3       | 17,9       | 14,9       | 12,6       | 10,6       |
| Σ квадратов нагрузок вращения | 77,5%      |            |            |            |            |

4 показателей в общую матрицу составил 12,59 %. К 5-му блоку, определяемому как «объемный мозговой кровоток», были отнесены 4 показателя с общей суммой 10,64 %.

К зимнему периоду года происходит «сжатие» матрицы с 5 до 4 факторов (табл. 2) с уменьшением относительно осени ее кумулятивного веса до 63,07 % и изменением общей структуры. Блок «вариабельность» с 8 показателями переходит из 4-го фактора (4-го показателя) в 1-й с суммарным весом 17,08 %. Расширение матрицы произошло за счет величин, отражающих симпатическую активность вегетативной нервной системы (ВНС) в управлении сердечным ритмом и имеющих отрицательную зависимость. Зимой увеличивается важность респираторного блока, который определяет 2-й фактор (15,53 %). Респираторный блок поднимается во 2-й фактор, а также наблюдается рост показателей с 7 до 9 относительно осеннего сезона. К 3-му фактору был отнесен блок «интенсивность мозгового кровотока». Вес 8 показателей, вошедших в данный фактор, практически соответствует вкладу,

который вносит в общую сумму 2-й блок — 15,36 %. Причем в зимний период большее значение приобретает кровенаполнение крупных артерий слева. Блок «системная гемодинамика», находившийся в 1-м факторе осенью, зимой сместился в заключительный 4-й фактор с суммарным весом 15,10 %.

Весной внутренняя организация кардиореспираторной системы вновь меняется, расширяясь до 5 факторов с кумулятивной суммой 72,30 % (табл. 3). Тем не менее важность контроля за ее состоянием со стороны ВНС остается высокой. Как и в зимний сезон, в 1-м факторе остается блок «вариабельность» с вкладом в общую дисперсию 16,13 %. Во 2-й фактор вошел блок «мозговой кровоток» с суммарным вкладом 15,55 %. Можно отметить активацию мозгового кровотока с правой стороны и его зависимость от эластических свойств сосудов. После зимы нарастает напряжение в системной гемодинамике — ее блок переходит из 4-го в

Таблица 2  
Межсистемные связи функциональных систем у юношей  
в зимний период года n=170

| Показатель                    | 1-й фактор | 2-й фактор | 3-й фактор | 4-й фактор |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| SDNN, мс                      | 0,939      |            |            |            |
| CV, %                         | 0,923      |            |            |            |
| RMSSD, мл                     | 0,879      |            |            |            |
| АМо, %                        | -0,872     |            |            |            |
| TP, мс <sup>2</sup> х1000     | 0,857      |            |            |            |
| pNN50, %                      | 0,835      |            |            |            |
| SI, усл. ед.                  | -0,789     |            |            |            |
| МхДМп, мс                     | 0,703      |            |            |            |
| СОС <sub>25-75</sub> , л/с    |            | 0,933      |            |            |
| МОС <sub>50</sub> , л/с       |            | 0,889      |            |            |
| МОС <sub>25</sub> , л/с       |            | 0,864      |            |            |
| ПОС, л/с                      |            | 0,848      |            |            |
| ОФВ <sub>1</sub> , л          |            | 0,807      |            |            |
| ОФВ <sub>0.5</sub> , л        |            | 0,786      |            |            |
| ИГ, усл. ед.                  |            | 0,732      |            |            |
| МОС <sub>75</sub> , л/с       |            | 0,729      |            |            |
| АЧП (л), усл. ед.             |            |            | 0,852      |            |
| Vmax (л), Ом/сек.             |            |            | 0,849      |            |
| АЧП (п), усл. ед.             |            |            | 0,825      |            |
| Vmin (л), Ом/сек.             |            |            | 0,823      |            |
| Vmax (п), Ом/сек.             |            |            | 0,822      |            |
| Vmin (п), Ом/сек.             |            |            | 0,819      |            |
| РИ (л), 1/Ом                  |            |            | 0,779      |            |
| РИ (п), 1/Ом                  |            |            | 0,760      |            |
| ИУРС, кг*м/мин/м <sup>2</sup> |            |            |            | 0,889      |
| УОК, мл                       |            |            |            | 0,884      |
| УИ, мл/мин                    |            |            |            | 0,880      |
| ИМРС, кг*м/мин/м <sup>2</sup> |            |            |            | 0,767      |
| ОСИ, мл/с                     |            |            |            | 0,767      |
| СИ, л/мин*м <sup>2</sup>      |            |            |            | 0,765      |
| МЛЖ, Вт                       |            |            |            | 0,755      |
| Кумулятивный %                | 17,1       | 15,5       | 15,3       | 15,1       |
| Σ квадратов нагрузок вращения | 63,1 %     |            |            |            |

Таблица 3  
Межсистемные связи функциональных систем у юношей  
в весенний период года n=170

| Показатель                                 | 1-й фактор | 2-й фактор | 3-й фактор | 4-й фактор | 5-й фактор |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| SDNN, мс                                   | 0,964      |            |            |            |            |
| RMSSD, мс                                  | 0,918      |            |            |            |            |
| TP, мс <sup>2</sup> х1000                  | 0,897      |            |            |            |            |
| CV, %                                      | 0,876      |            |            |            |            |
| АМо, %                                     | -0,858     |            |            |            |            |
| pNN50, %                                   | 0,812      |            |            |            |            |
| SI, усл. ед.                               | -0,731     |            |            |            |            |
| ТИ (п), сек.                               |            | 0,856      |            |            |            |
| A <sub>2</sub> /C (п), %                   |            | 0,805      |            |            |            |
| A/C (п), %                                 |            | 0,799      |            |            |            |
| A <sub>2</sub> /C (л), %                   |            | 0,799      |            |            |            |
| A/C (л), %                                 |            | 0,798      |            |            |            |
| Vs (п), мл                                 |            | 0,790      |            |            |            |
| Vm (п), мл                                 |            | 0,781      |            |            |            |
| ТИ (л), сек.                               |            | 0,723      |            |            |            |
| СИ, л/мин*м <sup>2</sup>                   |            |            | 0,926      |            |            |
| ИУРС, кг*м/мин/м <sup>2</sup>              |            |            | 0,889      |            |            |
| ИМРС, кг*м/мин/м <sup>2</sup>              |            |            | 0,885      |            |            |
| ОСИ, мл/с                                  |            |            | 0,879      |            |            |
| УОК, мл                                    |            |            | 0,863      |            |            |
| УИ, мл/мин                                 |            |            | 0,840      |            |            |
| ОПСС, дин*с <sup>-1</sup> см <sup>-5</sup> |            |            | -0,839     |            |            |
| МЛЖ, Вт                                    |            |            | 0,826      |            |            |
| РИ (п), 1/Ом                               |            |            |            | 0,907      |            |
| Vmax (п), Ом/сек.                          |            |            |            | 0,893      |            |
| Vmax (л), Ом/сек.                          |            |            |            | 0,883      |            |
| АЧП (л), усл. ед.                          |            |            |            | 0,867      |            |
| РИ (л), 1/с                                |            |            |            | 0,854      |            |
| АЧП (п), усл. ед.                          |            |            |            | 0,814      |            |
| ОФВ <sub>0.5</sub> , л                     |            |            |            |            | 0,816      |
| ОФВ <sub>1</sub> , л                       |            |            |            |            | 0,813      |
| ЖЕЛ, л                                     |            |            |            |            | 0,805      |
| ПОС, л/с                                   |            |            |            |            | 0,783      |
| МОС <sub>25</sub> , л/с                    |            |            |            |            | 0,719      |
| Кумулятивный %                             | 16,1       | 15,6       | 15,1       | 13,1       | 12,4       |
| Σ квадратов нагрузок вращения              | 72,3 %     |            |            |            |            |

3-й фактор с вкладом в общую дисперсию 15,10 %. В 4-й фактор вошел блок «мозговой кровотока» с суммой 13,13 %. Респираторный блок весной перемещается из 2-й матрицы в 5-й фактор с суммой в 12,38 %.

Летом значительно усиливается нагрузка на мозговую гемодинамику (табл. 4). На фоне уменьшения общей кумулятивной суммы до 67,77 % относительно весны, а также снижения факторов до 4 наблюдается увеличение вклада 1-й матрицы (20,60 %), куда вошел блок «мозговой кровотока». Отметим, что в этот фактор вошли 10 показателей, характеризующих как интенсивность кровотока, так и его скоростные и объемные функции. Отмечается более значительное напряжение кровотока с правой стороны. Во 2-й фактор вошел блок «вариабельность» (18,23 %). Респираторный блок смещается в 3-й фактор, что указывает на более значительное напряжение адаптивных механизмов респираторной системы летом по сравнению с весной. Суммарный вклад 3-го фактора составил 14,50 %. В 4-й фактор вошел блок «центральная гемодинамика» с суммарным вкладом 14,44 %.

Таблица 4  
Межсистемные связи функциональных систем у юношей  
в летний период года n=170

| Показатель                                 | 1-й фактор | 2-й фактор | 3-й фактор | 4-й фактор |
|--|------------|------------|------------|------------|
| V <sub>max</sub> (п), Ом/сек.              | 0,943      |            |            |            |
| PI (п), 1/Ом                               | 0,935      |            |            |            |
| V <sub>max</sub> (л), Ом/сек.              | 0,891      |            |            |            |
| PI (л), 1/Ом                               | 0,886      |            |            |            |
| АЧП (п), усл. ед.                          | 0,877      |            |            |            |
| АЧП (л), усл. ед.                          | 0,871      |            |            |            |
| V <sub>s</sub> (л), мл                     | 0,748      |            |            |            |
| V <sub>min</sub> (п), Ом/сек.              | 0,744      |            |            |            |
| V <sub>m</sub> (л), мл                     | 0,739      |            |            |            |
| V <sub>min</sub> (л), Ом/сек.              | 0,707      |            |            |            |
| SDNN, мл                                   |            | 0,965      |            |            |
| RMSSD, мл                                  |            | 0,954      |            |            |
| CV, %                                      |            | 0,909      |            |            |
| TP, мс <sup>2</sup> х1000                  |            | 0,852      |            |            |
| pNN <sub>50</sub> , %                      |            | 0,850      |            |            |
| АМо, %                                     |            | -0,838     |            |            |
| МхДМп, мс                                  |            | 0,820      |            |            |
| SI, усл. ед.                               |            | -0,793     |            |            |
| ОФВ <sub>1</sub> , л                       |            |            | 0,936      |            |
| МОС <sub>25</sub> , л/с                    |            |            | 0,928      |            |
| ПОС, л/с                                   |            |            | 0,900      |            |
| СОС <sub>25-75</sub> , л/с                 |            |            | 0,846      |            |
| ОФВ <sub>0,5</sub> , л                     |            |            | 0,800      |            |
| МОС <sub>50</sub> , л/с                    |            |            | 0,785      |            |
| УИ, мл/мин                                 |            |            |            | 0,929      |
| ИУРС, кг*м/мин/м <sup>2</sup>              |            |            |            | 0,927      |
| УО, мл                                     |            |            |            | 0,915      |
| СИ, л/мин*м <sup>2</sup>                   |            |            |            | 0,823      |
| ИМРС, кг*м/мин/м <sup>2</sup>              |            |            |            | 0,805      |
| МЛЖ, Вт                                    |            |            |            | 0,758      |
| ОПСС, дин*с <sup>-1</sup> см <sup>-5</sup> |            |            |            | -0,733     |
| Кумулятивный %                             | 20,6       | 18,2       | 14,5       | 14,4       |
| Σ квадратов нагрузок вращения              | 67,8%      |            |            |            |

### Обсуждение результатов

Изучение системных взаимосвязей дает возможность оценить степень сформированности функциональных отношений [4], раскрыть организацию биоэнергетического состояния организма и ее изменение в зависимости от уровня стрессовых воздействий [7], получить информацию об алгоритмах перестройки сердечно-сосудистой системы [6, 11, 12]. Владение данной информацией позволяет управлять адаптационным потенциалом организма, а следовательно, и сохранять здоровье человека.

Анализ сезонных адаптационных изменений в межсистемных отношениях в проведенном исследовании указывает, что в осенний период года функциональное состояние у здоровых молодых людей связано прежде всего с потенциальными возможностями сердечно-сосудистой системы в целом с преобладанием ее центрального компонента. Наиболее значимую роль играют показатели контрактильности и сократимости миокарда. Дыхательный паттерн обуславливает адаптивные возможности организма в первую очередь за счет бронхиальной проводимости крупных и средних бронхов. Возможно, данный факт указывает на начальный этап акклиматизации к холодному времени года.

Отнесение блока «вариабельность» к 4-му фактору осенью может информировать об оптимально-стабильном функциональном состоянии молодых людей относительно других сезонов года, так как наблюдается снижение контроля со стороны ВНС. Кроме того, ни один показатель, отражающий симпатическую активность ВНС, не вошел в эту матрицу осенью. Отнесенный к 5-му фактору блок «мозговая гемодинамика» косвенно подтверждает факт стабильного функционального состояния своими низкими связями с центральным кровотоком.

Увеличение напряжения адаптивных резервов организма наблюдается в зимний период, что приводит к переходу в 1-й фактор блока «вариабельность» и усилению его показателями, отвечающими за симпатическую активность ВНС. Эти изменения указывают на расширение контроля мозга за функциональным состоянием организма со стороны высших отделов. Холодовой стресс и нарастающее функциональное напряжение вызывают активизацию респираторного блока — он переходит во 2-й фактор, увеличивается количество показателей, значимость которых не меняется — нагрузка приходится в первую очередь на бронхи крупного и среднего калибра. Данный факт подтверждает приведенную выше информацию о том, что адаптивные изменения в респираторной системе, связанные с первыми холодовыми стрессами в осенний сезон, прежде всего происходят в бронхах данного калибра. Блок «мозговая гемодинамика», смещаясь в 3-й фактор, свою внутреннюю структуру не меняет — зимой остается высоким контроль за интенсивностью кровотока и его скоростным потенциалом. Блок «центральная гемодинамика» переходит в 4-й фактор, показывая тем самым, что высшие отделы головного мозга при дестабилизированной среде, характерной для приполярного региона в это время года (перепады температур, снижение солнечной инсоляции,



изменение влажности), отчего страдает мозговой кровоток, при конкурентных запросах выбирают зону, в большей степени подвергающуюся нагрузке. Вклад в кумулятивную сумму всех блоков при незначительном лидерстве 1-го фактора практически равнозначен. Это еще раз указывает на значительное напряжение адаптивных резервов организма в зимний период года и на тот факт, что, согласно принципу самоорганизации, система защищает тот блок, который может пострадать в первую очередь, несмотря на важность для нее каждого.

В весенний сезон адаптивное напряжение в функциональных системах сохраняется. Блок «вариабельность» остается в 1-м факторе, усиливается роль симпатической компоненты (величина SI становится более значимой). Значительные колебания метеорологических факторов в северном регионе вызывают напряжение мозгового кровотока. Наблюдается смещение блока «мозговой кровоток» во 2-й фактор на фоне увеличения показателей, вошедших в него, и изменения структуры самой матрицы. Если зимой в этот блок входили величины, отражающие активность мозгового кровотока, то в весенний период года — данные, указывающие на его зависимость от объемных параметров и эластических свойств сосудов. Весной усиливается зависимость церебрального кровотока от центрального, что указывает на рост напряжения в сердечно-сосудистой системе. Это подтверждается и переходом блока «центральная гемодинамика» в 3-й фактор, и делением блока «мозговая гемодинамика» на две составляющие. Одна — объемный кровоток — формирует 2-й фактор, а другая — интенсивность кровотока — 4-й. Смещение респираторного блока в 5-й фактор, скорее всего, указывает не на снижение функциональной нагрузки на респираторную систему, а на усиление напряжения в системе гемодинамики. Вошедшие в респираторную матрицу показатели свидетельствуют о том, что для весны не характерна зависимость от состояния бронхиальной проводимости на различных уровнях бронхиального дерева — важность приобретают проходимость воздухоносных путей в целом и механические свойства дыхательной системы. Данный факт как раз и может информировать об имеющемся функциональном напряжении в системе внешнего дыхания, где в первую очередь могут страдать функциональные возможности и способности респираторной системы в целом.

Структура матрицы в летний сезон указывает: нагрузка падает на мозговой кровоток. Блок «мозговой кровоток» не только смещается в 1-й фактор, но и вновь объединяется в одну матрицу. Данные изменения указывают на важность всей спектральной составляющей кровотока для сохранения адаптивных резервов в системе. Происходящие во внутрисистемных связях изменения свидетельствуют о том, что в летний период года в приполярном регионе наибольшая функциональная нагрузка падает на систему мозгового кровотока, и в первую очередь это может быть связано с повышением температуры воздуха, снижением влажности и активизацией солнечной инсоляции [5]. Блок «вариабельность» смещается во 2-й фактор, что говорит о сохраняющемся в сердечно-сосудистой

системе напряжении, требующем контроля со стороны ВНС. Переход блока «центральная гемодинамика» в 4-й фактор, а респираторного блока — в 3-й с изменением внутрисистемного распределения показателей внешнего дыхания вновь информирует об усилении нагрузки на газотранспортную систему. Возможно, данная реорганизация связана с адаптацией к теплоте времени года, что проявляется увеличением нагрузки на бронхи всех калибров, зависимостью общего функционального состояния от скоростных показателей выдоха.

Таким образом, сезонные флуктуации в условиях приполярного региона, характеризующиеся высоким уровнем стохастичности, вызывают внутрисистемную перестройку кардиореспираторной системы. Наибольшей внутренней структурно-функциональной вариабельностью обладают системы мозгового кровотока и внешнего дыхания. В системе управления сердечным ритмом при напряжении адаптивных механизмов организма происходит увеличение доли симпатического спектра в факторной матрице. Усиление давления со стороны внешней среды, что отмечено в зимне-весенний период, способствует ужесточению контроля за функциональными системами организма молодых людей со стороны вегетативной нервной системы.

#### Список литературы

1. Грибанов А. В., Данилова Р. И. Общая характеристика климатогеографических условий Русского Севера и адаптивные реакции человека в холодной климатической зоне // Север. Дети. Школа. Архангельск, 1994. С. 4–27.
2. Гришин О. В., Устюжанинова Н. В. Особенности энергетического обмена у северян // Дыхание на Севере. Функция. Структура. Резервы. Патология. Новосибирск, 2006. С. 98–104.
3. Гудков А. Б., Кубушка О. Н. Проходимость воздухоносных путей у детей старшего школьного возраста — жителей Европейского Севера // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 3. С. 84–91.
4. Евдокимов В. Г., Рогачевская О. В. Анализ межсистемных взаимосвязей функциональных систем у детей на Севере // Биологические аспекты экологии человека: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. 2004. Т. 1. С. 81–82.
5. Кадырмаева Д. Р., Долгов А. М. Влияние антропогенных факторов окружающей среды на возникновение острых нарушений мозгового кровообращения у населения промышленного города // III конференция молодых ученых России с международным участием «Фундаментальные науки и прогресс клинической медицины». Москва, 2004. С. 177–178.
6. Колесникова Л. И., Долгих В. В., Полякова В. М. и др. Психофункциональные взаимоотношения при артериальной гипертензии // Бюллетень СО АМН. 2009. № 5 (139). С. 72–78.
7. Криволапчук И. А. Функциональное состояние детей 9–10 лет при напряженной информационной нагрузке и физическая работоспособность // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 6. С. 111–121.
8. Кривошеков С. Г., Охотников С. В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Новосибирск, 2000. 118 с.
9. Наследов А. Д. SPSS 15: профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Питер, 2008. 416 с.
10. Поскотинова Л. В., Кривоногова Е. В., Туписова Е. В. Эндокринное обеспечение вегетативной регуляции ритма сердца у подростков на Севере // Экология человека. 2006. № 7. С. 14–19.

11. Психофизиологический анализ индивидов с различными стратегиями неосознаваемого восприятия социальных сигналов угрозы / С. В. Павлов, П. В. Мирошникова, Н. В. Рева и др. // Бюллетень СО РАМН. 2009. № 5 (139). С. 72–85.

12. Системно-динамический подход к анализу адаптивных реакций человека / Т. И. Баранова, Д. Н. Берлов, Р. И. Коваленко и др. // Биологические аспекты экологии человека : материалы Всерос. конф. с междунар. участием. 2004. Т. 1. С. 31–34.

13. Тищенко И. И. Измерение ударного объема крови по интегральной реограмме тела человека // Физиологический журнал СССР. 1973. Т. 59, № 8. С. 1216–1219.

14. Circadian disruption induced by light-at-night accelerates aging and promotes tumorigenesis in rats / I. A. Vinogradova, V. N. Anisimov, A. V. Bukalev, A. V. Semenchenko, M. A. Zabezhinski // AGING. 2009. Vol. 1, N 10. P. 855–865.

15. Evdokimov V. G., Rogachevskaya O. V. Influence of severe climatic living conditions on the state of cardiorespiratory systems of schoolchildren in European North // Environment and Human Health: The complete Works of International Ecologic Forum. St. Petersburg, Russia, 2003. P. 724–726.

16. Kaiser M. Cold Weather Effects on Heart and Circulatory System. 2008. [Электронный ресурс]: URL: <http://knol.google.com/k/manfred-kaiser/cold-weather-effects-on-heart-and/1fjq2rnnw6qc6/3> (дата обращения 12.01.12).

17. Seasonal Affective Disorder / S. J. Lurie, B. Gawinski, D. Pierce, S. J. Rousseau // American Family Physician. 2006. Vol. 74, N 9. P. 1521–1524.

18. Wing M., Wing A. Control Weight Gain in a Cold Climate. 2010. [Электронный ресурс]: URL: <http://ezinearticles.com/?Control-Weight-Gain-in-a-Cold-limate&id=3508417>. (дата обращения 22.02.12)

## References

1. Gribov A. V., Danilova R. I. Sever. Deti. Shkola [North. Children. School]. Arkhangelsk, 1994, pp. 4–27. [in Russian]

2. Grishin O. V., Ustyuzhaninova N. V. Dykhanie na Severe. Funktsiya. Struktura. Rezervy. Patologiya [Respiration in the North. Function. Structure. Reserves. Pathology]. Novosibirsk, 2006, pp. 98–104. [in Russian]

3. Gudkov A. B., Kubushka O. N. Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. 2006, vol. 32, no. 3, pp. 84–91. [in Russian]

4. Evdokimov V. G., Rogachevskaya O. V. Biologicheskie aspekty ekologii cheloveka : materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem [Biological aspects of human ecology. Proceedings of All-Rus. Conf. with Intern. Part.]. 2004, vol. 1, pp. 81–82. [in Russian]

5. Kadyrmaeva D. R., Dolgov A. M. III konferentsiya molodykh uchenykh Rossii s mezhdunarodnym uchastiem «Fundamental'nye nauki i progress klinicheskoi meditsiny». Moskva, 2004 [III Conference of Young Researchers of Russia with International Participation «Fundamental Sciences and Progress of Clinical Medicine». Moscow, 2004], pp. 177–178. [in Russian]

6. Kolesnikova L. I., Dolgikh V. V., Polyakova V. M. i dr. Byulleten' SO AMN [Bulletin of Siberian Branch RAMS]. 2009, no. 5(139), pp. 72–78. [in Russian]

7. Krivolapchuk I. A. Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. 2009, vol. 35, no. 6, pp. 111–121. [in Russian]

8. Krivoshchekov S. G., Okhotnikov S. V. Proizvodstvennyye migratsii i zdorov'e cheloveka na Severe [Production migrations and human health in the North]. Novosibirsk, 2000, 118 p. [in Russian]

9. Nasledov A. D. SPSS 15: professional'nyi statisticheskii analiz dannykh [SPSS 15: professional statistical data analysis]. Saint Petersburg, 2008, 416 p. [in Russian]

10. Poskotinova L. V., Krivonogova E. V., Tipisova E. V. Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. 2006, no. 7, pp. 14–19. [in Russian]

11. Pavlov S. V., Miroshnikova P. V., Reva N. V. i dr. Byulleten' SO RAMN [Bulletin of Siberian Branch RAMS]. 2009, no. 5(139), pp. 72–85. [in Russian]

12. Baranova T. I., Berlov D. N., Kovalenko R. I. i dr. Biologicheskie aspekty ekologii cheloveka : materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem [Biological aspects of human ecology. Proceedings of All-Rus. Conf. with Intern. Part.], vol. 1, pp. 31–34. [in Russian]

13. Tishchenko I. I. Fiziologicheskii zhurnal SSSR [USSR Physiological Journal]. 1973, vol. 59, no. 8, pp. 1216–1219. [in Russian]

14. Vinogradova I. A., Anisimov V. N., Bukalev A. V., Semenchenko A. V., Zabezhinski M. A. AGING. 2009, vol. 1, no. 10, pp. 855–865.

15. Evdokimov V. G., Rogachevskaya O. V. Environment and Human Health: The complete Works of International Ecologic Forum. St. Petersburg, Russia, 2003, pp. 724–726.

16. Kaiser M. Cold Weather Effects on Heart and Circulatory System. 2008. URL: <http://knol.google.com/k/manfred-kaiser/cold-weather-effects-on-heart-and/1fjq2rnnw6qc6/3> (Jan. 12, 2012).

17. Lurie S. J., Gawinski B., Pierce D., Rousseau S. J. American Family Physician. 2006, vol. 74, no. 9, pp. 1521–1524.

18. Wing M., Wing A. Control Weight Gain in a Cold Climate. 2010. URL: <http://ezinearticles.com/?Control-Weight-Gain-in-a-Cold-limate&id=3508417>. (Feb. 22, 2012)

## SEASONAL CHANGES OF INTERRELATIONS BETWEEN CARDIORESPIRATORY SYSTEM CHARACTERISTICS OF YOUTHS IN CONDITIONS OF CIRCUMPOLAR REGION

V. N. Pushkina, A. V. Gribov

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The results of the cardiorespiratory system characteristics research and their changes during seasonal acclimatization have been represented in the article. It has been shown that seasonal fluctuations in the circumpolar region induce intrastructural changes. The optimal organization of the cardiorespiratory system, which is characterized by the leading role of the central hemodynamics, is typical for the autumn season. During the winter/spring season, which is the period of tension of the body adaptive mechanism, the increasing role of the vegetative nervous system in the control of the cardiac rhythm and the functional systems on the whole was observed. Besides, the winter season is characterized by the increasing impact of the respiratory block, while the influence of the hemodynamic block increased during the spring season. The summer season was mostly featured by the negative changes in the cerebral blood flow.

**Keywords:** the North, youth, cardiorespiratory system, intrasystemic relations, seasons of year

## Контактная информация:

Пушкина Валентина Николаевна — кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой физической культуры ФГОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова», и.о. зав. кафедрой физической культуры и оздоровительных технологий ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет»  
Адрес: 163002, г. Архангельск, Наб. Сев. Двины, д. 17  
E-mail: kfk@narfu.ru; kfk@agtu.ru; taiss43@yandex.ru