

## СОСТОЯНИЕ, ВАРИАТИВНОСТЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ КАРДИОГЕМОДИНАМИКИ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ ЮНИОРСКОГО СОСТАВА НА ЭТАПЕ «ВКАТЫВАНИЯ» В СРЕДНЕГОРЬЕ

**В.В. Эрлих, А.П. Исаев, А.А. Кравченко**  
ЮУрГУ, г. Челябинск

Исследование сердечно-сосудистой системы проведено в первой декаде ноября на лыжниках-гонщиках юниорской сборной РФ. Получены значения системы кровообращения через 10 дней пребывания на высоте 1200 м над уровнем моря в поселке Верхняя Тея Красноярского края. Информация получена в состоянии относительного покоя (лежа), в условиях активного ортостаза, после задержания дыхания на вдохе, после 20 приседаний за 30 с в течение 3 мин релаксации, после второй задержки дыхания на вдохе в течение 60 с.

*Ключевые слова:* лыжники-гонщики, «вкатывание», кардиогемодинамика.

Обследовалось 19 лыжников-гонщиков спортивной квалификации КМС, МС, МСМК на диагностирующей системе МРРГ 10-01 «Микролюкс», позволяющей проводить гемодинамический спектральный анализ кровообращения. Большие тренировочные нагрузки (БТН) специально-подготовительного этапа «вкатывания» включали выполнение двигательных действий (ДД) на лыжах от 30 до 50 км в день, занятия на тренажерах с акцентом развития силовой выносливости в аэробных режимах интервальной тренировки (24 часа за 21 день) (табл. 1). Интеграция данных базировалась на работах [1–3].

Необходимо отметить, что в условиях среднегорья наблюдались достоверно более высокие значения ЧСС в покое по сравнению с равниной ( $P < 0,05$ ), а также САД и ДАД ( $P < 0,05$ ). В положении лежа в горах индекс периферической гемодинамики (Афпг – наполнение пульса) превышал аналогичные значения на равнине ( $P < 0,01$ ). Столь высокие значения наполнения пульса связаны с тренировками, повышающими амплитуду револуны периферических сосудов. Индекс симпатической активности (S) был в нижних границах нормы (30–70 у.е.). На фоне референтных границ ДД (САД, ДАД, АД пв, УО, ФВ, МОК интегрального показателя ССС, НП, ОПСС, амплитуда револуны крупных сосудов (АПКС) была исключительно низка ( $10,09 \pm 0,41$  мом). При этом индекс доставки  $O_2$  был на высоком уровне. Стабильными значениями характеризовались следующие компоненты ССС: САД, ДАД, АД пв, ФВ. Средневариативными были: ЧСС, УО, Арео, амплитуда волны наполнения, индекс доставки  $O_2$  тканями ВН, ИДК, ОПС. Исключительную вариативность (CV, % более 20) имели значения Афпв, ЧД, Рео. Следовательно, система кровообращения в позе лежа у лыжников-гонщиков юниоров в 35,71 % звеньев была стабиль-

ной, в 41,18 % – средневариативной и в 23,11 % звеньев исключительно вариативной. Необходимо отметить достоверные сдвиги в звеньях системы кровообращения при активном ортостазе (см. табл. 1), показатели Афпг существенно снизились ( $P < 0,01$ ), ЧСС, S, ИДК, САД, ДАД повысились ( $P < 0,05$ ). Несмотря на уменьшение значений ДАД, снижение ОПС, УО, ФВ, ВН свидетельствуют об экономизации отдельных компонентов ССС. Индекс доставки кислорода тканям и МОК повысились значимо ( $P < 0,05$ ). При этом интегральный индекс ССС не изменялся под воздействием гравитационной нагрузки. Можно судить о наличии напряжения, пользуясь индикатором динамики ЧСС (разность лежа-стоя 20,91 уд./мин). Это верхняя граница референтных значений. Можно предположить, что это следствие нагрузок, гипоксии. Стабильные показатели стали 57,14 %, средневариативные – 21,43 %, исключительно вариативные – 21,43 %.

Минутная задержка дыхания ещё более снизила значения Афпг ( $P < 0,05$ ). Индекс симпатической активности, САД, ДАД незначительно повысились. Показатели УО, Арео, ФВ, ОПС, Арео, МОК, ИП последовательно снижались, амплитуда волны наполнения (ВН) повышалась, параметры ИДК остались неизменными. Стабильным оказались 50 % звеньев ССС, средневариативными – 35,71 %, исключительно вариативными – 14,29 %.

Физическая нагрузка произвела адаптивно-компенсаторные процессы в системе кровообращения. Произошло повышение Афпг ( $P < 0,01$ ), САД ( $P < 0,01$ ), ДАД, АДпв, УО, Арео, МОК, ИДК, ОПС, ФВ ( $P < 0,05$ ), ИП ( $P < 0,05$ ). Снизились показатели ЧСС, S, ВН. Стабильными были 67,29 % звеньев ССС, а исключительно вариативными 35,71 %. При второй задержке дыхания (60 с), по сравнению с первой, изменений не выявлялось

Таблица 1  
Состояния кровообращения при различных функциональных пробах лыжников-гонщиков на этапе «вкатывания» в среднегорье

|                                               | Афг,<br>МОм | ЧСС,<br>уд./мин | S,<br>у.е. | САД,<br>мм рт. ст. | ДАД,<br>мм рт. ст. | АДпв,<br>мм рт. ст. | УО,<br>мл | Арео,<br>МОм | ФВ, % | ВН, % | чДРЕО,<br>МОм | МОК,<br>л/мин | ИДК,<br>у.е. | ОПС,<br>днн/с/см <sup>-5</sup> | ИП,<br>у.е. |
|-----------------------------------------------|-------------|-----------------|------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------|--------------|-------|-------|---------------|---------------|--------------|--------------------------------|-------------|
| Лежа                                          |             |                 |            |                    |                    |                     |           |              |       |       |               |               |              |                                |             |
| M                                             | 172,91      | 62,27           | 37,18      | 118,18             | 72,73              | 45,45               | 67,45     | 10,09        | 60,73 | 31,09 | 4,09          | 4,15          | 428,73       | 1668,82                        | 40,09       |
| ± m                                           | 8,37        | 1,77            | 3,13       | 1,18               | 1,71               | 1,06                | 1,83      | 0,41         | 0,41  | 1,12  | 0,71          | 0,12          | 13,85        | 64,45                          | 0,35        |
| CV, %                                         | 20,53       | 12,04           | 35,64      | 4,23               | 9,97               | 9,90                | 11,49     | 17,34        | 2,88  | 15,28 | 73,33         | 11,88         | 13,70        | 16,37                          | 3,74        |
| Стоя                                          |             |                 |            |                    |                    |                     |           |              |       |       |               |               |              |                                |             |
| M                                             | 33,18       | 83,18           | 50,09      | 124,05             | 70,18              | 53,87               | 56,64     | 8,64         | 57,09 | 25,36 | 8,82          | 4,69          | 480,64       | 1603,91                        | 40,36       |
| ± m                                           | 3,12        | 2,00            | 3,77       | 1,29               | 1,09               | 1,05                | 1,36      | 0,24         | 0,29  | 1,30  | 0,71          | 0,12          | 14,27        | 42,75                          | 0,24        |
| CV, %                                         | 39,93       | 10,22           | 31,94      | 4,37               | 6,60               | 8,29                | 10,15     | 11,58        | 2,19  | 21,68 | 34,02         | 10,45         | 12,59        | 11,30                          | 2,48        |
| Первая задержка дыхания (1 мин)               |             |                 |            |                    |                    |                     |           |              |       |       |               |               |              |                                |             |
| M                                             | 15,70       | 90,80           | 57,40      | 128,18             | 73,46              | 54,72               | 52,50     | 7,60         | 55,40 | 27,50 | 6,00          | 4,74          | 479,50       | 1577,80                        | 37,80       |
| ± m                                           | 1,50        | 1,06            | 1,95       | 0,40               | 0,23               | 0,42                | 1,65      | 0,29         | 0,35  | 1,65  | 0,65          | 0,13          | 14,21        | 35,50                          | 0,47        |
| CV, %                                         | 35,03       | 4,96            | 14,37      | 1,32               | 1,33               | 3,27                | 13,33     | 16,45        | 2,71  | 25,45 | 45,83         | 11,51         | 12,57        | 9,54                           | 5,29        |
| После 20 приседаний (за 3 мин восстановления) |             |                 |            |                    |                    |                     |           |              |       |       |               |               |              |                                |             |
| M                                             | 35,64       | 79,09           | 53,45      | 133,04             | 75,86              | 57,18               | 64,64     | 10,45        | 58,64 | 25,55 | 10,64         | 5,02          | 497,09       | 1732,45                        | 41,27       |
| ± m                                           | 3,13        | 1,83            | 3,13       | 0,86               | 0,76               | 0,62                | 2,30      | 0,59         | 0,41  | 2,00  | 1,12          | 0,08          | 12,15        | 38,50                          | 0,47        |
| CV, %                                         | 37,18       | 9,80            | 24,79      | 2,74               | 3,46               | 5,95                | 15,08     | 23,91        | 2,98  | 33,27 | 44,66         | 6,55          | 10,36        | 9,42                           | 4,85        |
| 2-я задержка дыхания (1 мин)                  |             |                 |            |                    |                    |                     |           |              |       |       |               |               |              |                                |             |
| M                                             | 14,11       | 89,00           | 60,11      | 131,56             | 78,56              | 53,00               | 47,89     | 7,00         | 55,78 | 33,11 | 6,00          | 4,24          | 427,33       | 1860,78                        | 36,78       |
| ± m                                           | 1,24        | 1,26            | 2,06       | 1,00               | 1,42               | 0,94                | 1,00      | 0,29         | 0,29  | 3,36  | 0,71          | 0,07          | 7,49         | 23,58                          | 0,29        |
| CV, %                                         | 37,20       | 5,34            | 14,56      | 3,23               | 7,64               | 7,55                | 8,87      | 17,86        | 2,24  | 43,04 | 50,00         | 6,65          | 7,43         | 5,37                           | 3,40        |

в следующих звеньях ССС: АФпг, ЧСС, АДпв, Арео, ФВ, НП. Повысились значения S, САД, ДАД, ВН, ОПС. Снизились следующие параметры: УО, МОК, ИДК. Стабильными были 71,43 % звеньев ССС, средневариативными – 14,29 %, а исключительно вариативными – 14,28 %.

Таким образом, функциональное состояние ССС юниоров лыжников-гонщиков вариативно изменялось. Стабильное состояние звеньев ССС повышалось от положения лежа к активному ортостазу, затем снижалось при первой задержке дыхания, резко увеличилось при физической нагрузке (ФН) и ещё более после второй задержки дыхания. Следовательно, звенья ССС изменялись от пробы к пробе и полностью отсутствовали сдвиги вариативности после ФН. Почти аналогично изменялись исключительно вариативные компоненты кровообращения. Следовательно, система кровообращения характеризовалась преимущественно стабильными и средневариативными звеньями. В числе исключительно вариативных следует отметить: АФ пг, S (кроме 5-й пробы), ВН (кроме первой). Амплитуда револн частоты дыхания (ЧД) существенно возрастала при активном ортостазе по сравнению с положением лежа ( $P < 0,01$ ), затем заметно снижалась при задержке дыхания относительно вертикальной позы ( $P < 0,05$ ). В положении лежа наблюдались самые высокие значения амплитуды револн по сравнению с предыдущими показателями ( $P < 0,01-0,001$ ). При повторной задержке дыхания амплитуда револны ЧД снизилась относительно данных после ФН ( $P < 0,01$ ) и равнялась значениям при первой задержке дыхания.

Итак, в данной части работы показана вариативность внешних и внутренних взаимодействий, сопровождающих процесс подготовки на этапе восстановления в сочетании с нагрузками на силовую выносливость в условиях гипоксии. Резервы для развития силовой выносливости лыжников-гонщиков лежат, с одной стороны, в варьировании выносливости и силовых способностей, постепенно интерферирующих в специальную выносливость и адекватных вариативных изменениях системообразующих звеньев организма, лимитирующих спортивную результативность.

В настоящей работе интегрирующей системой организма являлась кардиогемодинамика, позволяющая рассмотреть механизмы многоуровневых регуляций функционального состояния, молекулярно-клеточных сдвигов, анализируемых путем спектрального анализа, под воздействием больших тренировочных нагрузок (БТН).

Результаты спектрального анализа ССС в положении лежа представлены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 позволил говорить о том, что позе лежа общая мощность спектра (ОМС) звеньев ССС центральных и периферических различна. Приоритетно выглядят периферические и

центральные звенья гемодинамики (ЧСС, АППК, АД, УО), являющиеся маркером количества регулирующих влияний и отражающих адаптивно-компенсаторные звенья этих функций кровообращения и механизмов их регуляции в условиях воздействия факторов экзогенного и эндогенного характера. Наибольшая ОМС проявлялась в звене периферической регуляции (АППК).

В порядке распределения звеньев центральной гемодинамики (ОМС) располагались значения ДВНС. Незначительное влияние в системообразующих факторах отводится ОМС крупных сосудов и совсем мало МОК. Очевидно, что в условиях среднегорья вклад малого круга кровообращения, венозного возврата, среднего выброса снижается и системообразование идет посредством доминирования ведущих составляющих центральной и периферической гемодинамики. Можно полагать, что такая архитектура ОМС кровообращения связана с перестроечными сдвигами, которые характеризуются нахождением в среднегорье и возникшим вследствие этого напряжением гемодинамики.

Середина спектра медленноволновых колебаний, характеризующая среднюю частоту вариативности показателей кровообращения, распределялась следующим образом: ритм сердца, МОК, АПКС, АППК, ДВНС, УО, АД. Явно усматривается доминирование значений центральной гемодинамики. Адаптивная регуляция осуществляется за счет нейрогенных механизмов, повышения симпатического тонуса и воздействия на сосудорасширяющие волокна.

Самые низкочастотные колебания, отражающие изменения нейрогенных механизмов, представлены в следующем порядке: АППК, АД, ЧСС, УО, ФВ, ДВНС. Следовательно, в условиях среднегорья выявляется следующая последовательность распределения СНЧ за счет увеличения количества метаболитов, растет парциальное значение углекислоты и снижается  $O_2$ , возрастает рабочая гиперемия мышц, происходит расширение сосудов активных скелетных мышц в связи с активацией холинэргических симпатических волокон. В отличие от условий равнины изменяется периферическая гемодинамика в связи с перераспределением кровотока. В то же время роль венозного возврата малого круга кровообращения и особенно сердечного выброса в горах снижается.

Очень низкочастотные колебания характеризуют действие гуморально-гормональных механизмов и периодичность проявления метаболизма. Порядок действия этих факторов, согласно вкладу в механизмы регуляции следующий: АППК, АД, УО, ЧСС, ФВ, ДВНС, АПКС, МОК. Наблюдается активация периферического кровотока на фоне кумуляции центральных и рефлекторных механизмов перераспределения объема кровотока и перфизирования мышечных капилляров в зависимости от нормирования БТН.

Таблица 2

Результаты спектрального анализа системы кровообращения  
у лыжников-гонщиков в горизонтальном положении в условиях среднегорья

|      |               | Лежа    |       |         |         |         |       |         |         |        |        |
|------|---------------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|---------|--------|--------|
|      |               | ОМС     | Fm    | СНЧ     | ОНЧ     | НЧ      | ВЧ    | СНЧ/ОМС | ОНЧ/ОМС | НЧ/ОМС | ВЧ/ОМС |
| АД   | Среднее, М    | 10,706  | 0,024 | 4,771   | 5,927   | 0,009   | 0,000 | 44,561  | 55,362  | 0,085  | 0,000  |
|      | Отклонение, г | 11,248  | 0,003 | 5,423   | 5,840   | 0,008   | 0,000 |         |         |        |        |
| РС   | Среднее, М    | 11,809  | 0,088 | 1,623   | 3,380   | 4,470   | 2,337 | 13,741  | 28,622  | 37,852 | 19,792 |
|      | Отклонение, г | 8,648   | 0,058 | 1,915   | 5,368   | 8,710   | 3,518 |         |         |        |        |
| УО   | Среднее, М    | 8,685   | 0,045 | 1,229   | 4,965   | 2,491   | 0,000 | 14,153  | 57,165  | 28,682 | 0,000  |
|      | Отклонение, г | 6,468   | 0,025 | 1,093   | 5,565   | 2,708   | 0,000 |         |         |        |        |
| МОК  | Среднее, М    | 0,047   | 0,075 | 0,004   | 0,011   | 0,015   | 0,016 | 7,692   | 23,077  | 32,692 | 34,615 |
|      | Отклонение, г | 0,025   | 0,048 | 0,005   | 0,005   | 0,023   | 0,025 |         |         |        |        |
| ФВ   | Среднее, М    | 2,694   | 0,057 | 0,152   | 1,103   | 1,437   | 0,000 | 5,636   | 40,938  | 53,358 | 0,000  |
|      | Отклонение, г | 1,865   | 0,018 | 0,208   | 1,323   | 0,738   | 0,000 |         |         |        |        |
| ДВНС | Среднее, М    | 0,649   | 0,046 | 0,144   | 0,258   | 0,238   | 0,008 | 22,129  | 39,776  | 36,695 | 1,261  |
|      | Отклонение, г | 0,275   | 0,020 | 0,183   | 0,158   | 0,185   | 0,015 |         |         |        |        |
| АПКС | Среднее, М    | 0,297   | 0,075 | 0,034   | 0,135   | 0,128   | 0,002 | 11,315  | 45,260  | 43,119 | 0,612  |
|      | Отклонение, г | 0,188   | 0,055 | 0,025   | 0,163   | 0,125   | 0,003 |         |         |        |        |
| АППК | Среднее, М    | 918,683 | 0,069 | 326,636 | 516,278 | 75,770  | 0,000 | 35,555  | 56,198  | 8,248  | 0,000  |
|      | Отклонение, г | 547,508 | 0,058 | 170,908 | 366,435 | 121,773 | 0,000 |         |         |        |        |

Низкочастотные колебания отражают S-PS влияния и барорефлекторные механизмы периферических отделов ВНС (сегментарный уровень). В порядке ранжирования они расположились: АППК, ЧСС, УО, ФВ, ДВНС, АПКС, МОК. Из механизмов регуляции по сравнению с предыдущими частотами исчез фактор АД, а в целом факторы барорефлекторного миогенного свойства ВНС сохранились. Высокочастотные колебания распределились в следующем порядке: ЧСС, МОК, ДВНС, АПКС. Отражено влияние автономных, миогенных механизмов, парасимпатических воздействий и дыхательных волн на адаптацию в среднегорье. Например, в порядке значимости механизмов регуляции ВЧ показатели занимают предпоследнее место. Это значит, что в условиях среднегорья доминирует S отдел ВНС и гуморально-гормональные факторы. Несколько снижена роль PS влияний и нейрогенных механизмов.

Отношение спектров колебаний ОМС показывает их роль в системе многогранных влияний на системорегулирующие процессы в организме. Явно усматривается доминирование отношений НЧ/ОМС, которые в порядке ранжирования распределились: УО, АППК, АД, АПКС, ФВ, ДВНС, ЧСС, МОК. Как видно из табл. 2, гуморально-гормональные воздействия касались прежде всего показателей центральных и периферических звеньев (УО, АППК, АД, АПКС, ФВ) и в меньшей степени значений венозного возврата, сердечного ритма и выброса. Роль надсегментарных уровней регуляции занимает второе место в отношениях СНЧ/ОМС. Показатели расположились: АД, АППК, ДВНС, УО, ЧСС, АПКС, МОК, ФВ. Итак, роль нейрогенных механизмов в вариативности регуляции колебаний активности имеет определенную направленность. Отношения НЧ/ОМС расположились: ФВ, АПКС, ЧСС, ДВНС, МОК, ЧО, АППК, АД. Следовательно, вклад барорефлекторных механизмов и S-PS влияний на низкочастотную вариативность ОМС адресуется к центральным механизмам вегетативной регуляции, в том числе сократимости, амплитуде реоволн, ритму сердца, венозному возврату, сердечному выбросу.

Отношение ВЧ/ОМС проявилось в значениях МОК, ЧСС, ДВНС и незначительно в АПКС. Из этих данных можно заключить, что вариативность ОМС зависела от вклада PS воздействий на сердечный выброс, ритм сердца и венозный возврат.

Таким образом, на вариативность ОМС АД соответственно влияют в порядке значимости: нейрогенные механизмы и ГГ; на ритм миокарда: симпатические и барорефлекторные механизмы, ГГ, PS, нейрогенные; УО: ГГ, S-PS, нейрогенные; МОК: PS, барорефлекторные, нейрогенные; ФВ: S-PS, ГГ, нейрогенные; ДВНС: ГГ, S-PS, нейрогенные; АПКС: ГГ, S-PS, нейрогенные; АППК: ГГ, нейрогенные, S-PS.

Можно полагать, что мозаика перераспределений вариативности ОМС в зависимости от зна-

чений медленноволновой активности характерна для условий среднегорья.

Заключая этот раздел исследования можно сказать, что интегративная деятельность системы кровообращения в её многогранных регуляциях дифференцировано проявляется на уровне её ключевых компонентов. Полифункциональная и метаболическая регуляции центральных и периферических звеньев ССС включают гуморально-гормональные S-PS отделы ВНС, нейрогенные и барорефлекторные.

В позе активного ортостаза существенно повысились ОМС, АД, ЧСС, УО, МОК ( $P < 0,05-0,01$ ) снизилась в значениях АППК ( $P < 0,05$ ), а у остальных показатели остались без существенных изменений (ДВНС, АПКС, ФВ;  $P > 0,05$ ). Значительные сдвиги наблюдались в показателях середины спектра ( $F_m$ ) ритма сердца, ФВ, АППК ( $P < 0,05$ ), а в остальных значениях существенных сдвигов не обнаружено. При воздействии ортопробы достоверно увеличились показатели СНЧ: АД, ЧСС, УО, ДВНС ( $P < 0,05$ ) и снизились АППК ( $P < 0,01$ ). Значения НЧ повысились в показателях АД, ЧСС, УО, ФВ ( $P < 0,05$ ) и снизились в АППК ( $P < 0,01$ ). В НЧ колебаниях выявлено при ортопробе увеличение: ЧСС, УО, АД ( $P < 0,05$ ). Существенно снизились НЧ колебания АППК, ДВНС, ФВ, а остальные параметры значимо не изменились (МОК, АПКС). В спектре ВЧ колебаний достоверное увеличение было в показателях УО и снижение – ЧСС ( $P < 0,001$ ). Остальные параметры значимо не изменились. Следовательно, PS воздействия вызвали повышение ОМС, УО и снижение ЧСС по сравнению с воздействием НЧ колебаний.

В отношениях СНЧ/ОМС наблюдалось увеличение показателей при ортопробе: ЧСС, УО, МОК, ФВ, ДВНС, АППК. Снижение произошло в величине АПКС. Следовательно, вклад нейрогенных механизмов в вариативность ОМС при активном ортостазе увеличился. Воздействие ГГ факторов на вариативность ОМС, АД, ЧСС, МОК, ФВ, ДВНС при ортопробе повысилось, а АПКС, МОК, АППК – снизилось. В значениях УО изменений не выявлено.

В отношениях НЧ/ОМС факторы АД, АПКС доминировали, а в остальных отмечалось снижение при ортопробе. Высокочастотные влияния на ОМС, АД, ФВ, АППК при активном ортостазе не вызвали изменений. Воздействие на ОМС ЧСС, ДВНС, МОК снизилось, а АПКС – повысилось. Из этого можно заключить, что PS воздействия снизились в вариативности ОМС ЧСС, МОК, ДВНС, повысились в крупных сосудах АПКС.

При первой задержке дыхания (табл. 3) показатели ОМС расположились в следующей последовательности в порядке значимости: АППК, ЧСС, УО, АД, ФВ, ДВНС, АПКС, МОК. Следовательно, регулирующие влияния шли от периферии к центру, включая объем кровотока, давления в сосудах,

Таблица 3

Спектральные значения кровообращения у лыжников-гонщиков при задержке дыхания на одну минуту

|      |               | ОМС     | Fm    | СНЧ    | ОНЧ    | НЧ    | ВЧ    | СНЧ/ОМС | ОНЧ/ОМС | НЧ/ОМС | ВЧ/ОМС |
|------|---------------|---------|-------|--------|--------|-------|-------|---------|---------|--------|--------|
| АД   | Среднее, М    | 6,771   | 0,039 | 0,816  | 4,543  | 1,414 | 0,000 | 12,055  | 67,085  | 20,879 | 0,000  |
|      | Отклонение, г | 4,328   | 0,005 | 0,505  | 3,091  | 0,845 | 0,000 |         |         |        |        |
| РС   | Среднее, М    | 20,335  | 0,049 | 1,292  | 11,416 | 7,625 | 0,001 | 6,354   | 56,140  | 37,497 | 0,005  |
|      | Отклонение, г | 11,455  | 0,013 | 1,498  | 10,915 | 3,453 | 0,003 |         |         |        |        |
| УО   | Среднее, М    | 13,700  | 0,054 | 0,675  | 7,075  | 5,796 | 0,152 | 4,927   | 51,642  | 42,307 | 1,109  |
|      | Отклонение, г | 12,413  | 0,018 | 0,833  | 9,818  | 5,345 | 0,375 |         |         |        |        |
| МОК  | Среднее, М    | 0,038   | 0,062 | 0,001  | 0,016  | 0,018 | 0,002 | 2,632   | 42,105  | 47,368 | 5,263  |
|      | Отклонение, г | 0,018   | 0,018 | 0,003  | 0,010  | 0,010 | 0,003 |         |         |        |        |
| ФВ   | Среднее, М    | 1,519   | 0,043 | 0,066  | 0,962  | 0,487 | 0,004 | 4,345   | 63,331  | 32,061 | 0,263  |
|      | Отклонение, г | 0,458   | 0,005 | 0,053  | 0,053  | 0,253 | 0,010 |         |         |        |        |
| ДВНС | Среднее, М    | 1,313   | 0,020 | 0,549  | 0,743  | 0,020 | 0,001 | 41,813  | 56,588  | 1,523  | 0,076  |
|      | Отклонение, г | 0,758   | 0,000 | 0,353  | 0,405  | 0,035 | 0,003 |         |         |        |        |
| АПКС | Среднее, М    | 0,261   | 0,081 | 0,028  | 0,104  | 0,091 | 0,038 | 10,728  | 39,847  | 34,866 | 14,559 |
|      | Отклонение, г | 0,203   | 0,055 | 0,058  | 0,128  | 0,103 | 0,085 |         |         |        |        |
| АПКС | Среднее, М    | 100,565 | 0,021 | 45,643 | 53,027 | 1,895 | 0,000 | 45,387  | 52,729  | 1,884  | 0,000  |
|      | Отклонение, г | 61,668  | 0,003 | 19,625 | 22,048 | 4,735 | 0,000 |         |         |        |        |

сократимость миокарда, венозный возврат. Незначительное регулирующее влияние оказывает амплитуда пульсации крупных сосудов и значения МОК. Значения FM (середина спектра медленно-волновых колебаний) также доминантно проявлялись в показателе АПКС, затем следовали величины МОК, ЧО, ЧСС, ФВ, АД, АППК, ДВНС.

Высшие центры системы регуляции представлены СНЧ колебаниями и расположились в следующей последовательности: АППК, ЧСС, АД, УО, ДВНС, ФВ, АПКС, МОК. В ОНЧ показатели расположились: АППК, ЧСС, УО, АД, ФВ, ДВНС, АПКС, МОК. В спектре НЧ колебаний звеньев ССС значения распределились: ЧСС, УО, АППК, АД, ФВ, АПКС, ДВНС, МОК. В высокочастотных колебаниях, имеющих наибольшее влияние на регуляцию кровотока, значения представлены в следующем порядке: УО, ФВ, АПКС, МОК, ДВНС, ЧСС. Итак, можно полагать, что гипоксия вызвала изменения регуляции как периферических, так и центральных звеньев.

Наибольшие проявления в спектре волн (СНЧ/ОМС) расположились последовательно АППК, ДВНС, АД, АПКС, УО, ФВ, МОК, ОНЧ/ОМС: АД, ФВ, ЧСС, ДВНС, АППК, УО, МОК, АПКС, НЧ/ОМС: МОК, ЧСС, АПКС, ФВ, АД, АППК, ДВНС, ВЧ/ОМС: АПКС, МОК, УО, ФВ, ДВНС, ЧСС. Следовательно, амплитуда револы мелких и крупных сосудов и объемных характеристик кровотока, ЧСС, сократимости миокарда определили регуляцию кровообращения.

После 20 приседаний значения ОМС распределили регулирующие влияния среди звеньев ССС. В порядке ранжирования показатели расположились: АППК, ЧСС, УО, АД, ФВ, ДВНС, АПКС, МОК. В середине спектра параметры расположились: АПКС, МОК, АД, ФВ, УО, ЧСС, ДВНС, АППК. Здесь явно усматривается доминирование ОМС периферической и центральной гемодинамики. При этом значения МОК занимают последние места. Спектральный анализ СНЧ позволил ранжировать звенья ССС: АППК, ЧСС, УО, АД, ФВ, ДВНС, АПКС, МОК. При этом значения ОНЧ ранжированы: АППК, ЧСС, УО, АД, ФВ, ДВНС, АПКС, МОК. В спектре НЧ колебаний распределение было следующее: УО, ЧСС, МОК, АД, АППК, АПКС, ДВНС, МОК.

Среди высокочастотных колебаний наблюдались незначительные проявления: УО, ФВ, АПКС, МОК, ДВНС. Самые низкочастотные отношения к ОМС расположились: АППК, ДВНС, АД, ЧСС, АПКС, УО, МОК; ОНЧ: АД, ЧСС, УО, ФВ, ДВНС, АПКС, МОК; НЧ/ОМС: МОК, АПКС, ФВ, УО, ДВНС, ЧСС, АД, АППК; ВЧ/ОМС: МОК, ФВ, АПКС, ДВНС.

Следовательно, наиболее ярко регуляция звеньев ССС проявилась в диапазоне ГГ, нейрогенных воздействий и менее значимо с позиции влияния периферического отдела ВНС. Вполне очевидно, что это факторы влияния среднегорья и

тестовой физической нагрузки, оказывающие влияние на регуляцию системной гемодинамики.

При повторной задержке дыхания по сравнению с первой, произошло значимое увеличение ОМС АД, ЧСС, ФВ, ДВНС. Не изменилась величина ОМС УО, МОК, АПКС и существенно снизились показатели ОМС АППК. Из этих данных можно заключить, что регулирующие влияния сместились к центру и достоверно снизилась регуляция мелких сосудов, вероятно, вследствие гипоксии.

Сравнение показателей Fm выявило увеличение значений при повторной пробе в АД, АПКС ( $P < 0,05$ ). Это характеризует увеличение частот variability крупных сосудов и миокарда.

Самые низкочастотные колебания отражают доминирование надсегментарных, нейрогенных уровней регуляции. Сравнение показало достоверное снижение при второй попытке в значениях УО, АПКС, АППК ( $P < 0,05$ ). Существенно не изменились значения ритма сердца, ФВ.

Повысились показатели ДВНС, следовательно, указанные выше показатели изменились достоверно, что свидетельствует о преобладающей мощности колебаний в диапазоне крупных и мелких сосудов.

Значения ОНЧ колебаний повысились в показателях АД, ЧСС, АППК, ФВ, ДВНС ( $P < 0,05$ ). Существенно не изменились параметры АПКС, МОК. Следовательно, доминирование мощностей колебаний коснулось преимущественно центральной и в меньшей степени периферической гемодинамики.

В НЧ колебаниях при повторной функциональной пробе произошло достоверное повышение значений АД, ФВ, ДВНС ( $P < 0,05$ ). Не изменились показатели ЧСС, УО, МОК, а АПКС и АППК – снизились ( $P < 0,05$ ). В спектре ВЧ колебаний повысились величины ДВНС, а остальные показатели снизились (АППК, АПКС, ФВ, МОК, УО, ЧСС, АД).

Важная информация в регуляции состояния принадлежит анализу отношений звеньев спектра частотных характеристик и ОМС гемодинамики. Следует отметить снижение отношений в следующих звеньях кровообращения: АД, ЧСС, УО, МОК, ФВ, АПКС. Остались без изменений показатели АППК и ДВНС. Эти данные позволяют говорить о том, что спектр регуляции кровообращения сместился в диапазон ОНЧ и НЧ колебаний.

Отношение ОНЧ/ОМС в показателях АД, УО, ДВНС, АПКВ снизились, а ЧСС, МОК, ФВ, АПКС, АППК повысились. В отношениях НЧ/ОМС снижение произошло во второй пробе в значениях ЧСС, МОК, ФВ, ДВНС, АППК и незначительные изменения произошли в показателях АПКС, УО (уменьшение). Лишь величина НЧ/ОМС АД повысилась. Можно полагать, что адаптивно-компенсаторные сдвиги в регуляторных отношениях связаны прежде всего с центральной гемодинамикой. В отношениях ВЧ/ОМС увеличился лишь показа-

тель ДВНС, а остальные снизились или не были зарегистрированы.

В заключении необходимо отметить, что интегративная системная функциональная и молекулярно-клеточная регуляция охватывает сегментарные и надсегментарные уровни, включая высший центр интеграции регуляторных функций ВНС – гипоталамус, детерминирующий сдвиги гомеостаза в связи с повышением активности организма при ФН и гипоксии. Влияние метасимпатической и психоэнергетической систем способствуют реализации механизмов адаптивной регуляции при аэробных и анаэробных воздействиях. Спектральный анализ кровообращения позволил рассмотреть механизмы регуляции как крупных, так и мелких сосудов, включая миогенную саморегуляцию, метаболическую, гуморальную. Это и регуляция тонуса, просвета и кровотока, а также через дилатацию гладких мышечных клеток сосудистого сопротивления кровотоку ключевых потребителей  $O_2$ . Необходимо сказать, что через 10 дней пребывания в среднегорье регуляторная, системообразующая

деятельность организма лыжников-гонщиков находилась в состоянии адаптивно-компенсаторных сдвигов, отличающихся от условий равнинных исследований.

### Литература

1. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр»): учеб. пособие для врачей-анестезиологов: в 2 т. / А.А. Астахов. – Челябинск: Микролюкс, 1996. – Т. 1. – 174 с.; Т. 2. – 162 с.
2. Исаев, А.П. Полифункциональная мобильность и вариабельность организма спортсменов олимпийского резерва в системе многолетней подготовки / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 502 с.
3. Колебательная активность показателей функциональных систем организма спортсменов и детей с различной двигательной активностью / под науч. ред. А.П. Исаева, Е.В. Быкова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 268 с.

Поступила в редакцию 31 июня 2010 г.