

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ, КОНЦЕНТРИРОВАННО РАЗВИВАЮЩИХ ЛОКАЛЬНО-РЕГИОНАЛЬНУЮ МЫШЕЧНУЮ ВЫНОСЛИВОСТЬ, СТАТОКИНЕТИЧЕСКУЮ И УСТОЙЧИВОСТЬ К ГИПОКСИИ

Д.О. Малеев<sup>1</sup>, А.П. Исаев<sup>2</sup>, Ю.А. Петрова<sup>3, 4</sup>, В.И. Заляпин<sup>2</sup>,  
А.В. Шевцов<sup>5</sup>, Ю.Б. Кораблева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия,

<sup>2</sup>Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

<sup>3</sup>Тюменский государственный медицинский университет, г. Тюмень, Россия,

<sup>4</sup>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия,

<sup>5</sup>Национальный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, г. Санкт-Петербург, Россия

**Цель исследования** – оценить резервы организма лыжников-гонщиков, концентрированно развивающих локально-региональную мышечную выносливость, статокINETическую и устойчивость к гипоксии. **Организация и методы исследования.** Обследовались юные (15–16 лет) лыжники-гонщики высокой спортивной квалификации (I, II разряд, КМС), спортивный стаж – 5–7 лет (n = 12). Для оценки состояния и спортивной результативности использовалась следующая аппаратура: тредмилл-система T 2100 GE, диагностический комплекс CardioSoft (США), гипоксикатор HIPOXICO Everest Summit II (США), датчик пульсоксиметра «Ангио Скан – 01 П» (Россия). Статистический анализ проводился с помощью пакета обработки информации SPSS. **Результаты.** Установлено влияние использования методик развития ЛРМВ и формирование устойчивости к гипоксии на спортивную успешность. Построен обобщенный рейтинг соревновательной результативности и исследована регрессионная модель, описывающая зависимость спортивной успешности от основных параметров морфофункционального и метаболического состояний. Проведено сравнение ключевых показателей морфофункционального и метаболического состояний у спортсменов, в тренировочном процессе которых использовались методики концентрированного развития ЛРМВ и формирования устойчивости к гипоксии. Установлены критерии успешной результативности в системе подготовки спортивного резерва сборных, выявления перспективных лыжников-гонщиков, моделирования индикаторов состояния в условиях апробированных технологий подготовки, при сохранности функционального и метаболического потенциала, уровня здоровья. **Заключение.** Результаты исследования показали эффективность применения совокупных технологий в системе спортивной подготовки, выявили маркеры функционального и метаболического состояний. Использование предлагаемых нами технологий позволило усилить эффективную адаптацию и выявить маркеры состояний. Это, в свою очередь, позволило повысить успешную результативность и биологическую надежность в условиях построения целесообразной ЛРМВ, статокINETической и устойчивости к гипоксии. А прогнозирование спортивных достижений позволяет регулировать состояние спортсменов и вносить своевременную коррекцию в обеспечение успешной спортивной результативности.

**Ключевые слова:** локально-региональная мышечная выносливость, устойчивость к гипоксии, функциональный и метаболический потенциал.

**Введение.** Прогресс спорта высоких достижений обуславливает применение прорывных технологий в системе подготовки спортивного резерва, создающих условия для проявления эффективной адаптации и успешной спортивной результативности. Согласно существующим тенденциям и ведущим направлениям относятся факторы развития локаль-

но-региональной мышечной выносливости (ЛРМВ), статокINETической и гипоксической устойчивости, обеспечивающие высокую спортивную работоспособность, оптимальное соотношение аэробных и анаэробных процессов. На современном этапе развития лыжных гонок исчерпаны возможности околопредельных объемных и высоко интенсивных трени-

рочных нагрузок. Предполагаются варианты поиска новых технологий в условиях научного обоснования основных эргогенических средств подготовки.

**Организация и методы.** Обследовались юные (15–16 лет) лыжники-гонщики высокой спортивной квалификации (I, II разряд и КМС), спортивный стаж – 5–7 лет. Группы обследования (экспериментальная) и сравнения (контрольная) состояли соответственно из 12 спортсменов каждая. В начале исследования группы были достоверно идентичными по возрасту, квалификации и физической подготовленности. Различие между экспериментальной и контрольной группами заключалось в ЛРМВ и устойчивой адаптации к гипоксическим воздействиям в базовом периоде подготовки. Контрольная группа работала по общепринятым методикам.

Базой исследования были научно-исследовательские Центры спортивной науки Тюменского государственного университета и Южно-Уральского государственного университета (НИУ).

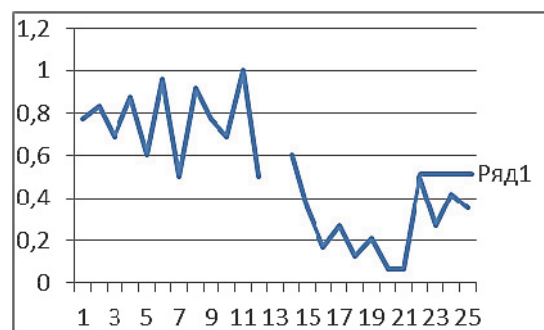
Использовалась следующая аппаратура: тредмилл-система модели T 2100 GE, диагностический комплекс CardioSoft (США), гипоксикатор HIPOXICO Everest Summit II (США), датчик пульсоксиметра фирмы «Ангио Скан – 01 П» (Россия). Статистический анализ экспериментальных данных проводился с помощью пакета обработки информации SPSS [3].

Контролировались следующие показатели полиметрического и метаболического состояния испытуемых: NUR – гипоксический индекс (у. е.); AeP – аэробный порог (уд./мин); PANO – порог анаэробного обмена (уд./мин); TAeP – время достижения аэробного порога (мин); TPANO – время достижения порога анаэробного обмена (мин); Lactat – концентрация лактата в крови при «отказе» от работы (ммоль/л); ChSSm – максимальная частота сердечных сокращений при «отказе» от работы (уд./мин); ChSSv – время восстановления (мин); Tг – время работы в тесте до «отказа» (мин).

Значения перечисленных выше показателей были получены в результате контрольного тестирования перед основными соревнованиями текущего зимнего сезона (февраль) (в предсоревновательный период подготовки), восстановление и коррекция спортсменов проводились по методике А.В. Шевцова [4]. Спортивная результативность оценивалась по

результатам пробных стартов в предсоревновательный период ранжированием всех участвовавших в обследовании спортсменов от 1 до 24. В качестве переменной, описывающей спортивную результативность, был взят интегральный рейтинговый показатель (IRP), полученный равномерным ранжированием целочисленного рейтинга и приведением его значений в диапазон от 0 до 1 (рис. 1: по оси абсцисс – номер спортсмена в списке, по оси ординат – приведенный рейтинг).

Основным вопросом, подлежащим исследованию в данной работе, был вопрос о степени влияния перечисленных выше показателей полиметрического и метаболического состояния на спортивную успешность.



**Рис. 1.** Слева – распределение приведенного рейтинга для экспериментальной группы спортсменов, справа – для контрольной  
**Fig. 1.** Left – distribution of ranking for the experimental group, right – for the control group

Концентрированное развитие ЛРМВ составляло 40 % в июне–августе и 30 % – в сентябре–октябре. Остальное время наполнялось кроссами, лыжероллерной подготовкой, имитацией лыжных ходов с подъемом 6–10 градусов, плаванием. Контрольная группа, как и экспериментальная, практиковала традиционные нагрузки: ОФП силовой направленности, спортивные игры, плавание, кроссовый бег, шаговая и прыжковая имитация ходов в подъеме. В экспериментальной группе в первой части блока базовой подготовки 3 раза в неделю применялась через день тестирующая тренировка, во 2-м блоке – 2 тренировки в неделю (2-й и 5-й день). При этом в экспериментальной группе в базовом блоке концентрированно в 40 % от общего объема нагрузок развивалась ЛРМВ, которая включала гравитационные, баллистические ДД, совокупные упражнения следующего порядка: прыжки, многоскоки, подскоки, прыжковая имитация, имитация лыжных ходов с приспособлением,

метания, игры, эстафеты, кратковременные силовые ДД, упражнения на подвижность позвоночника, суставов.

Весь совокупный комплекс двигательных действий (ДД) проводился кратковременно в течение 25 с с паузами до 60 с и повторами. Специализированные ДД составляли половину объема нагрузок. Система подготовки спортивного резерва включала аэробные ДД. Более подробно и концептуально заявленные направления исследования представлены в наших монографиях [4, 10].

**Результаты.** Эффективность технологий в первой части базового цикла подготовки и специально-подготовительного этапа составляла 40 %, а в соревновательном – 30 % ДД этой направленности с учетом индивидуальных и персонифицированных особенностей. Применялись методы интервальной тренировки с ЧСС в аэробном режиме энергообеспечения и паузами после повторов с ЧСС 120–130 уд./мин. Аэробные ДД, стретчинг, релаксационные упражнения, формирование устойчивости к гипоксии позволяли сохранить энергообеспечивающие системы организма в рабочем состоянии в предсоревновательном блоке подготовки. Обе группы соответственно в базовом и предсоревновательном блоках подготовки практиковали плавание брассом (2 раза в неделю) и кролем (1 в неделю).

Индекс массы тела спортсменов по нашим данным равнялся  $22,00 \pm 0,26$  кг/м<sup>2</sup>, жировой компонент у лыжников-гонщиков у 5 КМС 15–16 лет составил  $10,12 \pm 1,27$  %. При этом у членов юношеской сборной РФ он равнялся

$9,00 \pm 0,58$  %. Жировой компонент обусловлен содержанием общей воды и на завершающих этапах подготовки к соревнованиям становится маловариативной суммарной величиной, уменьшение жировой ткани в связи с интенсивными ДД приводит к увеличению активной мышечной массы.

На тредмилл-системе спортсмены выполняли предельную мышечную работу (бег) ступенчато-возрастающего характера «до отказа». Начальная скорость передвижения в течение первых 2 мин (разминка) составляла 5 км/ч при горизонтальном положении дорожки. Увеличение нагрузки осуществлялось через каждые 2 мин за счет повышения скорости на 1 км/ч и увеличения угла подъема беговой дорожки на 1,0 %. Критерием прекращения работы являлся отказ испытуемых от ее дальнейшего выполнения. Независимо от того, на какой ступени спортсмен заканчивал выполнение тестирующей нагрузки, в течение дальнейших 5 мин (фаза восстановления) он продолжал бег со скоростью 4 км/ч и углом наклона дорожки 0 %.

В процессе выполнения испытуемыми заданной нагрузки при помощи диагностического комплекса CardioSoft (США) в автоматическом режиме рассчитывался и регистрировался объем выполненной работы в метаболических единицах (метаболический эквивалент – METS), который косвенно отражает активность метаболических процессов в организме путём расчета уровня метаболизма (потребление O<sub>2</sub>) при заданной нагрузке.

Значение METS для каждой ступени на-

Таблица 1  
Table 1

Протокол тестирования  
Testing protocol

Фаза, степень нагрузки Phase, load stage	Время, мин Time, min	Скорость, км/ч Speed, km/h	Угол подъема, градус Elevation angle, degree
Разминка / Warm-up	02:00	5,0	0,0
Нагрузка / Load			
Ступень 1 / Stage 1	02:00	9,0	2,0
Ступень 2 / Stage 2	02:00	10,0	3,0
Ступень 3 / Stage 3	02:00	11,0	4,0
Ступень 4 / Stage 4	02:00	12,0	5,0
Ступень 5 / Stage 5	02:00	13,0	6,0
Ступень 6 / Stage 6	02:00	14,0	7,0
Ступень 7 / Stage 7	02:00	15,0	8,0
Ступень 8 / Stage 8	02:00	16,0	9,0
Ступень 9 / Stage 9	02:00	17,0	10,0
Ступень 10 / Stage 10	02:00	18,0	11,0
Восстановление / Recovery	05:00	4,0	0,0

грузочного теста помогает определять переносимость физической нагрузки с учётом таких факторов, как масса тела, степень тренированности и возраст. В целом оценка уровня общей физической работоспособности в лабораторных условиях осуществлялась на основе анализа следующих показателей: количество пройденных ступеней, скорость бега, достигнутая при «отказе» от работы (км/ч), общее время пройденных ступеней (табл. 1).

Гипоксический тест (I-Нур) проводили с масочной системой на аппарате гипоксикатора модели HIPOXICO Everest Summit II (США), предназначенном для получения гипоксических газовых смесей из окружающего

5 мин отмечалось увеличение скорости бега и углов подъема от 2 до 11°. Возникают формализованные характеристики вработывания (до 30 с), вариативного состояния по ступеням, утомления, восстановления. Интенсивность воспринимаемой нагрузки коррелирует с показателями интенсивности метаболизма и прежде всего с потреблением  $O_2$  [9], лактата в крови, ростом вентиляции [7].

Результаты корреляционного анализа продемонстрировали высокую степень коррелированности (т. е. линейной связи) как выбранных для анализа показателей друг с другом, так и этих показателей с результирующей переменной (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

Ранговые корреляции (Спирмен) между показателями и результирующей переменной  
Rank correlations (Spearman) between indicators and the resulting variable

NUR II	АеР II	ТАеР II	PANO II	TPANO II	Tr II	Laktat II	ChSSm II	ChSSv II
,835	,838	,844	,751	,898	,930	,810	,434	-,584

воздуха методом мембранного разъединения находящихся в воздухе молекул кислорода и азота, снабженном электронной системой программирования и проведения сеансов дыхания.

На протяжении всего теста определяли величину  $SpO_2$ . Спортсмен в расслабленном состоянии удобно располагался в кресле, на палец руки надевался датчик пульсоксиметра фирмы «Ангио Скан – 01 П» (Россия). На табло гипоксикатора выставлялась высота, соответствующая концентрации кислорода 10 % (6400 м над уровнем моря). Спортсмен дышал указанной гипоксической смесью через маску, плотно прилегающую к лицу. Регистрировалось в секундах время снижения  $SpO_2$  от исходного уровня (96–98 %) при вдыхании газовой смеси 10 %  $O_2$  до 80 %  $SpO_2$ . Отсчет времени производился по секундомеру. Этот показатель свидетельствует о степени устойчивости организма к гипоксии и обозначается как Тс (время снижения).

При снижении  $SpO_2$  до 80 % испытуемый снимал маску и дышал атмосферным воздухом. С помощью секундомера определялось время восстановления  $SpO_2$  до 95 %. Этот показатель обозначается как Тв (время восстановления / с). По полученным данным вычисляется индекс гипоксии – I-Нур = Тс / Тв.

В процессе тестирования беговых двигательных действий на тредмиле по 10 ступеням нагрузки со временем 2 мин и восстановления

Данные табл. 2 позволяют ранжировать маркеры, обуславливающие спортивную успешность: время работы до отказа, характеризующее специальную выносливость, время достижения порога анаэробного и аэробного обменов по критерию ЧСС, гипоксический индекс, концентрацию лактата в крови при работе до «отказа».

Усматриваются факторы, доминантно развивающие ЛРМВ и воздействующие на анаэробные и аэробные процессы: устойчивость к гипоксии, концентрация лактата, время восстановления в течение 5 мин, ЧСС при «отказе» от дальнейшего восполнения нагрузки.

Наши данные созвучны с исследованиями Е. Andersson [6] метаболических процессов, времени достижения порогов энергообеспечения, напряжения ЧСС и времени отказа и восстановления после нагрузки. Уровень результативности в лыжных гонках хорошо коррелирует с вышеуказанными показателями, в частности с гипоксическим индексом на субмаксимальных скоростях.

В табл. 3 представлены корреляции показателей по Спирмену.

Отметим, что характер корреляционных связей между показателями таков, что рост любого из показателей (кроме ChSSv) обуславливает рост прочих, в то же время рост ChSSv вызывает снижение других показателей. Увеличение каждого из показателей, за

Таблица 3  
Table 3Ранговые корреляции (Спирмен) между показателями  
Rank correlations (Spearman) between indicators

NUR II	АеР II	ТАеР II	PANO II	TPANO II	Tr II	Laktat II	ChSSm II	ChSSv II
1,000	,756**	,659**	,645**	,786**	,726**	,702**	,223	-,460*
,756**	1,000	,840**	,759**	,788**	,755**	,627**	,275	-,609**
,659**	,840**	1,000	,692**	,811**	,766**	,650**	,383	-,574**
,645**	,759**	,692**	1,000	,664**	,733**	,780**	,426*	-,600**
,786**	,788**	,811**	,664**	1,000	,809**	,743**	,251	-,539**
,726**	,755**	,766**	,733**	,809**	1,000	,840**	,512*	-,459*
,702**	,627**	,650**	,780**	,743**	,840**	1,000	,242	-,532**
,223	,275	,383	,426*	,251	,512*	,242	1,000	,037
-,460*	-,609**	-,574**	-,600**	-,539**	-,459*	-,532**	,037	1,000

исключением ChSSv, влечет рост спортивной успешности. Рост показателя ChSSv снижает приведенный рейтинг спортсмена. Из табл. 3 видно, что анализируемые показатели значимо коррелируют друг с другом и характер корреляционных связей между ними такой же, как было отмечено выше (т. е. рост любого из показателей (кроме ChSSv) обуславливает увеличение прочих, в то время как рост ChSSv вызывает снижение других показателей).

Значительный интерес для спортивной науки представляет переход от описания зависимостей между показателями метаболического состояния и спортивной успешностью в качественной форме к описанию количественному. Отмеченные выше корреляционные закономерности дают основание для построения количественного описания влияния основных показателей на спортивную результативность. При этом одновременно решается вопрос о том, какой (или какие) из включенных в анализ показателей оказывают наиболее значительное влияние на результирующую переменную.

Одним из способов, которым можно построить количественное описание (линию регрессии) и одновременно получить ответ на вопрос о значимости предикторов, является построение регрессионной модели методом исключения [8]. Этот метод предполагает на начальном этапе включение в модель всех имеющихся в распоряжении исследователя переменных с последующим пошаговым исключением переменных, являющихся в соответствии с критерием отбора лишними.

Критерием отбора служит скорректированный коэффициент детерминации (adjusted R<sup>2</sup>).

Наши расчеты выявили, что этот показатель растет (что является свидетельством улучшения качеств модели) с изъятием из модели лишних переменных в соответствии с диаграммой:

91,2% → 91,4% (искл. ТАеР) →

91,7% (искл. АеР) → 91,8% (искл. PANO) → (1)

91,6% (искл. TPANO).

Из диаграммы заключаем, что исключению подлежат переменные ТАеР, АеР и PANO.

Следовательно, остановиться нужно на модели, базирующейся на показателях NUR, Tr и TPANO. Эта модель задается уравнением:

$$R = -2,6 + 0,0196 \cdot TPANO + 0,0346 \cdot Nur + 0,16 \cdot Tr \quad (2)$$

и характеризуется следующими свойствами: связь между результирующей переменной и показателями NUR, Tr и TPANO статистически значима ( $p < 0,05$ ); модель аккумулирует 92,8 % экспериментальной информации; коэффициент детерминации – 91,8 %. Статистика Дарбина-Уотсона 1,43 ( $P > 0,05$ ) говорит об отсутствии автокорреляций остатков.

Следует вспомнить о значительных корреляционных связях между показателями NUR, Tr и TPANO. Поэтому, несмотря на незначительное ухудшение модели, переменную TPANO из модели можно удалить. Таким образом, приходим к модели:

$$R_{adj} = -2,78 + 0,0445 \cdot Nur + 0,18 \cdot Tr \quad (3)$$

Эта модель отвечает коэффициенту детерминации 91,6 % и аккумулирует 92,4 % экспериментальной информации.

Влияние предикторов (NUR, Tr) на спортивную успешность показано на рис. 2.

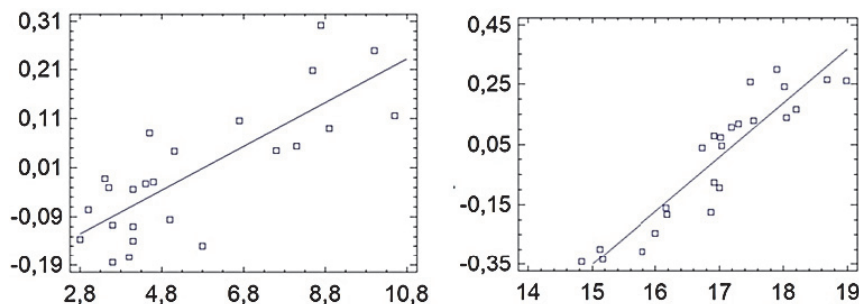


Рис. 2. Влияние показателей NUR (слева) и Tr (справа) на спортивную успешность  
 Fig. 2. The effect of NUR (left) and Tr (right) indicators on sports performance

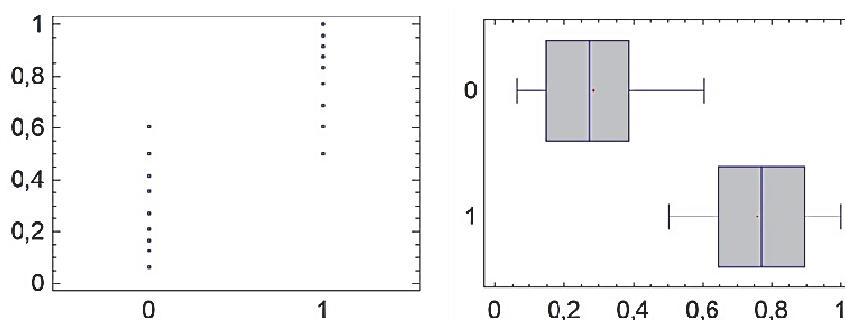


Рис. 3. Сравнение спортивной успешности контрольной и экспериментальной групп  
 Fig. 3. Comparison of sports performance of the control and experimental groups

Уравнение (3) и зависимости, представленные на рис. 2, дают возможность организаторам соревнований и тренерам строить надежные относительные прогнозы – рейтинги спортивной успешности участвующих в соревнованиях спортсменов.

Помимо этого, анализ уравнения (3) показывает, что методики, использующие развитие ЛРМВ и формирования устойчивости к гипоксии, способствуют значительному повышению спортивной успешности.

На рис. 3 (слева) приведено распределение индекса спортивной успешности (IRP) среди спортсменов контрольной (помечена 0) и экспериментальной (помечена 1) групп. Там же (справа) результаты сравнения средних значений IRP в этих группах.

**Заключение.** В первую очередь следует отметить, что при создании гипоксии в скелетных мышцах в условиях работы до отказа идет процесс активации анаэробного гликолиза, ресинтеза АТФ и изменяется гомеостаз организма юных спортсменов. Развитие лактацидоза в условиях гипоксии нагрузки обуславливает увеличение концентрации ионов водорода, являющихся маркерами системообразующих функций интегративной деятельно-

сти организма в сочетанных реакциях, энергообразованиях в аэробном и анаэробном режимах [9, 11–13]. Интеграция аэробной и увеличение анаэробной энергетических систем обуславливает успешность спортивной результативности в лыжных гонках [2, 5, 10].

Совокупное воздействие нагрузки тестирующих тренировок посредством концентрированного развития ЛРМВ, повышения СКУ и устойчивости к гипоксии вызывает интегративные проявления системообразующих резервных возможностей организма спортсмена. Оценка метаболического, функционального состояния и здоровья занимающихся спортсменов, выявление позитивных тенденций и негативных последствий развития спорта, познание методологий, моделей психофизиологического потенциала, установление лимитирующих факторов системы спортивной подготовки, биоритмов организма, критериев интегральной оценки физической работоспособности и здоровья в целом очень важны [1].

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011.

**Литература**

1. Гайнуллин, Р.А. *Интегративная оценка функционального состояния и здоровья студентов, проблемы и пути их решения* / Р.А. Гайнуллин. – Уфа: Издат. центр БГМУ, 2017. – 268 с.
2. Грушин, А.А. *Функциональные показатели работоспособности и спортивный результат у элитных лыжниц-гонщиц* / А.А. Грушин, А.Г. Баталов, В.Д. Сонькин // *Вестник спортивной науки*. – 2013. – № 3. – С. 3–9.
3. Наследов, А.Д. *SPSS 15: Профессиональный статистический анализ данных* / А.Д. Наследов. – СПб.: Питер, 2008. – 416 с.
4. Система подготовки спортивного резерва: возрастные особенности эффективной адаптации и сохранности здоровья подростков / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, А.В. Шевцов, Д.О. Малеев. – СПб.: Политех-Пресс, 2018. – 579 с.
5. Системно-структурный анализ си-нергетической интерпретации в саморегуляции гомеостаза и физической работоспособности лыжников-гонщиков высокой квалификации в годовом цикле подготовки / А.А. Кравченко, А.С. Бахарева, А.П. Исаев, Ю.Б. Хусаинова // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура»*. – 2013. – Т. 13, № 2. – С. 63–69.
6. Andersson, E. *Physiological and biomechanical factors determining cross-country skiing performance* / E. Andersson. – 2016. – 86 p.
7. Donatelli, R. *Sports – specific rehabilitation* / R. Donatelli. – USA, 2007. – 336 p.
8. Draper, N.R. *Applied regression analysis* / N.R. Draper, H. Smith. – New York: John Wiley and sons, 1998. – 736 p.
9. Gollhofer, A., *Importance of core muscle strength for lower limb stabilization* / A. Gollhofer // *6 International Congress on Science and Skiing*. – 2013. – P. 11–13.
10. Isaev, A.P. *Sport, Training Individualization: State, Problems and Advanced Solutions* / A.P. Isaev, V.V. Erlikh, V.V. Rybakov. – Germany: Nomos Publishing, 2017. – 278 p.
11. Paillard, T. *Effects of general and local fatigue on postural control: a review* / T. Paillard // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2012. – Vol. 36 – P. 309–310.
12. Saltin, B. *Success in CC skiing: no longer just a question of a high aerobic capacity* / B. Saltin // *6 International Congress on Science and Skiing 2013, St. Christoph a. Arlberg, Austria*. – St. Christoph a. Arlberg. – 2013. – P. 14.
13. Sperlick, B. *The impact of hyperoxia on human performance and recovery* / B. Sperlick, C. Zinner // *Sport Medicine*. – 2017. – Vol. 47, No. 3. – P. 429–438.

**Малеев Дмитрий Олегович**, кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой лыжного спорта, Тюменский государственный университет. 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, 6. E-mail: massport@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4254-1705.

**Исаев Александр Петрович**, заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: isaevap@susu.ru, ORCID: 0000-0003-2640-0240.

**Петрова Юлианна Алексеевна**, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры физического воспитания, Тюменский индустриальный университет, 625013, г. Тюмень, ул. Володарского, 38; доцент кафедры пропедевтической и факультетской терапии, Тюменский государственный медицинский университет, 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54. E-mail: general@tyuiu.ru, ORCID: 0000-0002-7380-091X.

**Заляпин Владимир Ильич**, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа и методики преподавания математики, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: zaliapinvi@susu.ru, ORCID: 0000-0001-6981-6305.

**Шевцов Анатолий Владимирович**, доктор биологических наук, заведующий кафедрой физической реабилитации, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. E-mail: sportmedi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9878-3378.

**Кораблева Юлия Борисовна**, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра спортивной науки Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: julya-74@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2337-3531.

*Поступила в редакцию 5 декабря 2019 г.*



## INTEGRAL ASSESSMENT OF BODY RESERVES IN SKI RACERS DEVELOPING LOCAL REGIONAL MUSCLE ENDURANCE, STATOKINETIC AND HYPOXIA RESISTANCE

**D.O. Maleev**<sup>1</sup>, *massport@mail.ru*, ORCID: 0000-0003-4254-1705,  
**A.P. Isaev**<sup>2</sup>, *isaevap@susu.ru*, ORCID: 0000-0003-2640-0240,  
**Ju.A. Petrova**<sup>3,4</sup>, *general@tyuiu.ru*, ORCID: 0000-0002-7380-091X,  
**V.I. Zalyapin**<sup>2</sup>, *zaliapinvi@susu.ru*, ORCID: 0000-0001-6981-6305,  
**A.V. Shevtsov**<sup>5</sup>, *sportmedi@mail.ru*, ORCID: 0000-0002-9878-3378,  
**Yu.B. Korableva**<sup>2</sup>, *julya-74@yandex.ru*, ORCID: 0000-0003-2337-3531

<sup>1</sup>University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation,

<sup>2</sup>South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

<sup>3</sup>Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation,

<sup>4</sup>Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation,

<sup>5</sup>National State University of Physical Culture, Sport and Health named after P.F. Lesgafta, St. Petersburg, Russian Federation

**Aim.** The article aims to assess the body reserves of ski racers who develop local-regional muscle endurance (LRME), statokinetic and hypoxia resistance. **Materials and methods.** 15–16-year-old highly skilled ski-racers (I, II category, candidates for master of sports) with sports experience of 5–7 years (n = 12) were examined. The following equipment was used to assess athletic fitness and sports performance: T 2100 GE treadmill system, CardioSoft diagnostic system (USA), HYPOXICO Everest Summit II altitude generator (USA), Angio Scan-01 P pulse oximeter sensor (Russia). Statistical analysis was performed using the SPSS information processing package. **Results.** The effect of techniques for developing LRME and hypoxia resistance on sports performance has been established. A generalized ranking of competitive performance is constructed and a regression model is described that establishes the dependence of sports performance on morphofunctional and metabolic statuses. The key indicators of morphofunctional and metabolic statuses were compared in athletes who used the methods for developing LRME and hypoxia resistance. Criteria are established for successful performance in sports reserve training, promising cross-country skiers, the modeling of status indicators with well-established technologies while maintaining the functional and metabolic potential and the level of health. **Conclusion.** The results of the study showed the effectiveness of combined technologies in sports training and allowed to identify markers of functional and metabolic statuses. The proposed technologies allowed to enhance adaptation and identify status markers. This made it possible to improve performance in the conditions of LRME and statokinetic and hypoxia resistance. Forecasting sports results allows regulating athletic fitness and making timely corrections to ensure successful sports performance.

**Keywords:** local regional muscle endurance, hypoxia resistance, functional and metabolic potential.

### References

1. Gaynullin R.A. *Integrativnaya otsenka funktsional'nogo sostoyaniya i zdorov'ya studentov, problemy i puti ikh resheniya* [Integrative Assessment of Students' Functional State and Health, Problems and Solutions]. Ufa, BGMU Publ., 2017. 268 p.
2. Grushin A.A., Batalov A.G., Son'kin V.D. [Functional Performance Indicators and Athletic Performance in Elite Skiers-Racer]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Herald of Sports Science], 2013, no. 3, pp. 3–9. (in Russ.)
3. Nasledov A.D. *SPSS 15: Professional'nyy statisticheskiy analiz dannykhv* [SPSS 15. Professional Statistical Analysis of Data]. St. Peterburg, Peter Publ., 2008. 416 p.



4. Isaev A.P., Erlikh V.V., Shevtsov A.V., Maleev D.O. *Sistema podgotovki sportivnogo rezerva: vozrastnye osobennosti effektivnoj adaptacii i sohrannosti zdorov'ya podrostkov* [Sports Reserve Training System. Age-Related Features of Effective Adaptation and Preservation of Adolescent Health]. St. Petersburg, Polytechnic University Publ., 2018. 579 p.
5. Kravchenko A.A., Bahareva A.S., Isaev A.P., Khusainova Yu.B. Systemic-Structural Analysis of the Synergetic Interpretation of the Self-Regulation of Homeostasis and Physical Performance Skiers High Qualification of the Annual Cycle of Training. *Bulletin of South Ural State University. Ser. Education, Healthcare, Physical Education*, 2013, vol. 13, no. 2, pp. 63–69. (in Russ.)
6. Andersson E. *Physiological and Biomechanical Factors Determining Cross-Country Skiing Performance*, 2016. 86 p.
7. Donatelli R. *Sports – Specific Rehabilitation*. USA, 2007. 336 p.
8. Draper N.R., Smith H. *Applied Regression Analysis*. N.Y. John Wiley and sons, 1998, 736 p. DOI: 10.1002/9781118625590
9. Gollhofer A. Importance of Core Muscle Strength for Lower Limb Stabilization. *6 International Congress on Science and Skiing*, 2013, p. 11–13.
10. Isaev A.P., Erlikh V.V., Rybakov V.V. *Sport, Training Individualization: State, Problems and Advanced Solutions*. Germany, Nomos Publishing, 2017. 278 p.
11. Paillard T. Effects of General and Local Fatigue on Postural Control: a Review. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2012, vol. 36, pp. 309–310. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2011.05.009
12. Saltin B. Success in CC Skiing: No Longer Just a Question of a High Aerobic Capacity. *6 International Congress on Science and Skiing*, 2013. St. Christoph a. Arlberg, Austria, 2013. 14 p.
13. Sperlick B., Zinner C. The Impact of Hyperoxia on Human Performance and Recovery. *Sport Medicine*, 2017, vol. 47, no. 3, pp. 429–438. DOI: 10.1007/s40279-016-0590-1

**Received 5 December 2019**

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Интегральная оценка резервов организма лыжников-гонщиков, концентрированно развивающих локально-региональную мышечную выносливость, статокINETическую и устойчивость к гипоксии / Д.О. Малеев, А.П. Исаев, Ю.А. Петрова и др. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 43–51. DOI: 10.14529/hsm200106

#### FOR CITATION

Maleev D.O., Isaev A.P., Petrova Ju.A., Zalyapin V.I., Shevtsov A.V., Korableva Yu.B. Integral Assessment of Body Reserves in Ski Racers Developing Local Regional Muscle Endurance, Statokinetic and Hypoxia Resistance. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 43–51. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200106