

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЭНДОКРИННОЙ РЕГУЛЯЦИИ СКОРОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ, ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОРОДТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КРОВИ И ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В ЦИКЛИЧЕСКИХ ЗИМНИХ ВИДАХ СПОРТА

А.В. Рутковский¹, Ан.П. Койносов², А.Е. Губина²

¹Югорский колледж-интернат олимпийского резерва, г. Ханты-Мансийск, Россия,

²Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск, Россия

Цель. Изучить сезонную динамику состояния эндокринной регуляции скорости обмена веществ, показателей кислородтранспортной системы крови и физической работоспособности у спортсменов циклических зимних видов спорта в условиях Среднего Приобья. **Организация и методы исследования.** В периоды года с контрастно различающейся продолжительностью светового дня проведено комплексное, двухэтапное исследование показателей эндокринной системы, кислородтранспортной системы крови и физической работоспособности у спортсменов высокого уровня по лыжным гонкам и биатлону в возрасте от 15 до 18 лет. Методы исследования включали: иммуноферментный анализ крови с оценкой общего трийодтиронина, общего тироксина, ТТГ, общего тестостерона и СТГ; анализ периферической крови с оценкой количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и эритроцитарных индексов; кардиопульмональное нагрузочное тестирование с проведением эргоспирометрии и оценкой показателей максимального потребления кислорода, мощности физической работы, кислородного пульса и анаэробного порога. **Результаты.** Статистический анализ полученных данных выявил значимые ($p < 0,05$) сезонные изменения показателей эндокринной системы, кислородтранспортной системы крови и физической работоспособности у спортсменов в условиях Среднего Приобья: в период короткого светового дня наблюдаются значимое повышение уровня общего Т3, кортизола и снижение общего тестостерона, снижение количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и среднего объема эритроцитов, повышение абсолютных и относительных значений МПК, кислородного пульса, мощности физической работы и снижение анаэробного порога. **Заключение.** Результаты исследования характеризуют особенности физиологических процессов адаптации организма спортсменов к специфическим природно-климатическим факторам Северного региона на фоне интенсивных физических нагрузок.

Ключевые слова: спортсмен, адаптация, кислородтранспортная система крови, эндокринная регуляция, эритроциты, физическая работоспособность, максимальное потребление кислорода.

Введение. Основным фактором эффективной подготовки высококвалифицированных спортсменов является рационально организованный тренировочный процесс, который обеспечивает необходимый баланс между уровнем здоровья спортсмена и физиологической адаптацией организма к физическим нагрузкам. Сохранение этого баланса является значимой проблемой, что связано с многообразием факторов, влияющих на организм в период спортивной подготовки. Одним из таких факторов являются неблагоприятные природно-климатические условия Северного региона, которые могут существенно влиять

на течение физиологических процессов и способствуют формированию неспецифических отклонений в состоянии здоровья и развитию заболеваний [1, 11].

Организация и методы. Для проведения исследования были сформированы 2 группы спортсменов, юноши и девушки, численностью 32 и 25 человек, в возрасте от 15 до 18 лет. Спортсмены специализировались в циклических зимних видах спорта по лыжным гонкам и биатлону, все обследованные имели высокий уровень спортивной квалификации, включая 1 взрослый разряд, разряды кандидата в мастера спорта и мастера спорта; спортивный

стаж составлял от 5 до 8 лет. Все спортсмены осуществляли спортивную подготовку с объемом физической нагрузки в недельном цикле от 18 до 22 часов. Обследование спортсменов проводилось в периоды года с различной продолжительностью светового дня: первое исследование в длинный (16–19 часов, май – июнь) световой день, второе исследование в короткий (6–9 часов, октябрь – ноябрь) световой день.

Методы исследования включали лабораторную диагностику с проведением иммуноферментного анализа крови на автоматическом анализаторе ChemWell Combo с определением показателей: общего трийодтиронина (Т3), общего тироксина (Т4), тиреотропного гормона (ТТГ), кортизола, общего тестостерона и соматотропного гормона (СТГ). Лабораторная диагностика также включала проведение общего анализа состава крови на автоматическом гематологическом анализаторе Abacus junior 30 с оценкой показателей кислородтранспортной системы крови: количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, среднего объема эритроцитов, среднего содержания гемоглобина в эритроците и уровня насыщения эритроцитов гемоглобином. Функциональная диагностика включала проведение нагрузочного тестирования на велоэргометре с непрерывно возрастающей нагрузкой и проведением газоанализа прямым методом на аппарате для эргоспирометрии Oxycon Mobile Jaeger. По результатам тестирования оценивались показатели, характеризующие физическую работоспособность спортсменов: максимальное потребление кислорода (МПК) в абсолютных (мл/мин) и относительных значениях (мл/мин/кг), достигнутая мощность физической работы (Вт), кислородный пульс (отношение абсолютных значений МПК на достигнутую ЧСС в мин), (мл) и анаэробный порог относительно ЧСС. Нагрузочное тестирование спортсменов проводилось после отдыха от физических нагрузок не менее суток.

Анализ полученных данных проводился с использованием специализированной программы IBM SPSS Statistics 26. Для оценки значимости различий между двумя связанными выборками применяли критерий знаковых рангов Вилкоксона. За критический уровень значимости принимали значение $p < 0,05$. Данные представлены в виде Me (Q_1 – Q_3) (медиана, первый и третий квартиль).

Результаты. Анализ полученных данных выявил статистически значимые ($p < 0,05$) сезонные изменения ряда исследованных показателей спортсменов. В период короткого светового дня наблюдается значимое повышение уровня общего Т3 в обеих группах исследования: до 1,20 (0,77–1,50) нг/мл в группе юношей и до 0,80 (0,50–1,35) нг/мл в группе девушек. Уровень ТТГ значимо снизился только в группе девушек в период короткого светового дня: до 0,90 (0,65–1,30) мкМЕ/мл. Однако в группе юношей наблюдается схожая тенденция на уровне статистической значимости ($p = 0,074$) к снижению ТТГ в период короткого светового дня. В обеих группах исследования в период короткого светового дня выявлено значимое повышение уровня кортизола: до 267,00 (206,75–311,75) нг/мл в группе юношей и до 311,00 (311,00–353,00) нг/мл в группе девушек. Также наблюдалось значимое снижение уровня общего тестостерона в период короткого светового дня в группе юношей: до 10,00 (7,00–12,00) нг/мл (табл. 1).

У спортсменов в период короткого светового дня наблюдаются значимое повышение уровня общего Т3 и кортизола в группе юношей и девушек, снижение ТТГ в группе девушек и снижение общего тестостерона в группе юношей. Изменения показателей эндокринной системы человека на Севере зарегистрированы исследованиями ряда авторов, которые преимущественно связывают наблюдаемые процессы с адаптацией организма к изменению освещенности и низкой температурой окружающей среды [1, 7, 9]. Мы предполагаем, что выявленные в нашем исследовании сезонные изменения эндокринной регуляции скорости обменных процессов происходят в рамках адаптивных биологических ритмов, сформировавшихся в ответ на воздействие комплекса природно-климатических факторов Северного региона на фоне интенсивных физических нагрузок.

В группе юношей в период короткого светового дня выявлено значимое снижение количества эритроцитов до 5,22 (5,03–5,69) $\times 10^{12}/л$ и гемоглобина до 145,00 (138,25–150,00) г/л. В группе девушек также наблюдается значимое снижения количества эритроцитов до 4,69 (4,55–5,03) $\times 10^{12}/л$ и гемоглобина до 133,00 (127,50–139,50) г/л в период короткого светового дня. Показатель гематокрита значимо снизился в период короткого светового дня в обеих группах исследования: до 44,62

Таблица 1
Table 1

Динамика показателей эндокринной системы в группе юношей- и девушек-спортсменов в периоды года с различной продолжительностью светового дня Me (Q₁–Q₃)
The dynamics of indicators of the endocrine system in male and female athletes during the periods with different daylight hours Me (Q₁–Q₃)

Показатель Indicator	Длинный световой день Long daylight period	Короткий световой день Short daylight period	P3
Группа юношей-спортсменов (n = 30) Young male athletes (n = 30)			
T3 общий (нг/мл) Total triiodothyronine (ng/mL)	0,60 (0,60–0,90)	1,20 (0,77–1,50)	0,0001*
T4 общий (мг/дл) Total thyroxine (mg/dL)	11,75 (10,25–13,45)	12,50 (10,92–13,22)	0,510
ТТГ (мкМЕ/мл) TSH (μIU/mL)	1,25 (0,77–1,70)	0,90 (0,77–1,30)	0,074
Кортизол (нг/мл) Cortisol (ng/mL)	175,50 (131,25–193,75)	267,00 (206,75–311,75)	0,0001*
Тестостерон общий (нг/мл) Total testosterone (ng/mL)	11,00 (9,00–14,00)	10,00 (7,00–12,00)	0,016*
СТГ (нг/мл) Growth hormone (ng/mL)	0,20 (0,10–0,62)	0,15 (0,10–0,72)	0,353
Группа девушек-спортсменов (n = 17) Young female athletes (n = 17)			
T3 общий (нг/мл) Total triiodothyronine (ng/mL)	0,60 (0,30–0,70)	0,80 (0,50–1,35)	0,012*
T4 общий (мг/дл) Total thyroxine (mg/dL)	10,90 (10,65–12,65)	10,50 (9,40–12,60)	0,270
ТТГ (мкМЕ/мл) TSH (μIU/mL)	1,40 (0,85–1,60)	0,90 (0,65–1,30)	0,013*
Кортизол (нг/мл) Cortisol (ng/mL)	253,00 (192,50–342,50)	311,00 (311,00–353,00)	0,039*
СТГ (нг/мл) Growth hormone (ng/mL)	2,30 (0,50–3,10)	2,40 (1,20–4,40)	0,130

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 сравнение связанных выборок осуществлялось непараметрическим критерием Вилкоксона; различия значимы при $p < 0,05^*$.

Note. Here and in table 2, 3 comparison of related samples was carried out by the nonparametric Wilcoxon test; the differences are significant at $p < 0.05^*$.

(41,78–46,45) % в группе юношей и до 40,62 (38,61–43,02) % в группе девушек. В период короткого светового дня показатель среднего объема эритроцитов статистически значимо снизился в обеих группах исследования: до 84,00 (81,00–86,00) фл в группе юношей и до 85,00 (80,50–88,00) фл в группе девушек. Только в группе юношей выявлено значимое повышение уровня насыщения эритроцитов гемоглобином до 326,50 (319,50–332,75) г/л в период короткого светового дня. В обеих группах исследования отмечается тенденция на уровне статистической значимости (юноши $p = 0,083$, девушки $p = 0,095$) к снижению среднего содержания гемоглобина в эритроците в период короткого светового дня (табл. 2).

У обследованных нами юношей- и девушек-спортсменов в период короткого светового дня наблюдалось значимое снижение количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и среднего объема эритроцитов, повышение уровня насыщения эритроцитов гемоглобином только у юношей. Исследования некоторых авторов описывают повышение процессов эритропоэза у человека на Севере за счет увеличения напряжения респираторной функции и гипоксии при воздействии низких температур [4, 5, 10]. Мы предполагаем, что наблюдаемая динамика показателей кислородтранспортной системы крови в нашем исследовании характеризует специфику сезонных изменений эритропоэза у спортсменов на Севере в рамках адаптации к воз-

Динамика показателей кислородтранспортной системы крови в группе юношей-и девушек-спортсменов в периоды года с различной продолжительностью светового дня Me (Q₁–Q₃)
The dynamics of the oxygen blood transport system in male and female athletes during the periods with different daylight hours Me (Q₁–Q₃)

Показатель Indicator	Длинный световой день Long daylight period	Короткий световой день Short daylight period	p
Группа юношей-спортсменов (n = 32) Young male athletes (n = 32)			
Эритроциты (10 ¹² /л) Red blood cells (10 ¹² /l)	5,48 (5,09–5,70)	5,22 (5,03–5,69)	0,003*
Гемоглобин (г/л) Hemoglobin (g/l)	150,00 (144,50–157,00)	145,00 (138,25–150,00)	0,0002*
Гематокрит (%) Hematocrit (%)	47,41 (44,91–49,57)	44,62 (41,78–46,45)	0,0000*
Средний объем эритроцита (фл) MCV (fl)	88,00 (84,00–90,00)	84,00 (81,00–86,00)	0,0000*
Среднее содержание гемоглобина в эритроците (пг) MCH (pg)	27,60 (26,80–28,65)	27,30 (26,57–28,40)	0,083
Уровень насыщения эритроцитов гемоглобином (г/л) / MCHC (g/l)	316,00 (310,25–323,00)	326,50 (319,50–332,75)	0,0001*
Группа девушек-спортсменов (n = 32) Young female athletes (n = 32)			
Эритроциты (10 ¹² /л) Red blood cells (10 ¹² /l)	4,93 (4,83–5,13)	4,69 (4,55–5,03)	0,009*
Гемоглобин (г/л) Hemoglobin (g/l)	139,00 (135,00–142,00)	133,00 (127,50–139,50)	0,0001*
Гематокрит (%) Hematocrit (%)	43,33 (41,13–44,85)	40,62 (38,61–43,02)	0,0011*
Средний объем эритроцита (фл) MCV (fl)	87,00 (84,00–89,50)	85,00 (80,50–88,00)	0,006*
Среднее содержание гемоглобина в эритроците (пг) MCH (pg)	27,80 (26,75–29,25)	27,70 (26,40–28,85)	0,095
Уровень насыщения эритроцитов гемоглобином (г/л) / MCHC (g/l)	319,00 (315,00–330,00)	324,00 (320,50–330,00)	0,429

действию специфических природно-климатических факторов и интенсивных физических нагрузок.

В обеих группах исследования в период короткого светового дня выявлено значимое повышение абсолютных значений МПК: до 2996,00 (2725,50–3311,00) мл/мин в группе юношей и до 2454,00 (2287,00–2596,00) мл/мин в группе девушек. Относительные значения МПК значимо увеличились только в группе юношей: до 46,05 (42,52–47,20) мл/мин/кг. Показатель кислородного пульса также значимо вырос в период короткого светового дня в обеих группах исследования: до 15,50 (14,22–17,97) мл в группе юношей и до 13,30 (12,30–14,20) в группе девушек. В обеих группах исследования наблюдается повышение показателя достигнутой мощности физической работы в период короткого светового

дня: до 294,00 (269,00–317,00) Вт в группе юношей и до 220,00 (213,00–235,00) Вт в группе девушек. Показатель анаэробного порога значимо снизился только в группе юношей в период короткого светового дня: до 154,50 (142,25–161,50) уд./мин (табл. 3).

В период короткого светового дня в условиях Среднего Приобья наблюдаются статистически значимое повышение абсолютных значений МПК, кислородного пульса и мощности физической работы в группе как юношей, так и девушек, повышение относительных значений МПК и снижение анаэробного порога только у юношей. Мы предполагаем, что наблюдаемые изменения показателей физической работоспособности связаны с физиологическими процессами адаптации организма в ответ на воздействие регулярных, тренирующих физических нагрузок в при-

Таблица 3
Table 3

Динамика показателей физической работоспособности в группе юношей-и девушек-спортсменов в периоды года с различной продолжительностью светового дня Me (Q₁–Q₃)
The dynamics of physical performance in male and female athletes during the periods with different daylight hours Me (Q₁–Q₃)

Показатель Indicator	Длинный световой день Long daylight period	Короткий световой день Short daylight period	p
Группа юношей-спортсменов (n = 32) Young male athletes (n = 32)			
МПК (мл/мин/кг) Maximum oxygen consumption (ml/min/kg)	44,30 (41,27–46,10)	46,05 (42,52–47,20)	0,004*
МПК (мл/мин) Maximum oxygen consumption (ml/min)	2893,50 (2645,50–2992,75)	2996,00 (2725,50–3311,00)	0,0002*
Мощность физической работы (Вт) Physical work capacity (W)	283,00 (246,00–297,00)	294,00 (269,00–317,00)	0,0000*
Кислородный пульс (мл) Oxygen pulse (ml)	15,10 (13,75–16,20)	15,50 (14,22–17,97)	0,0002*
Анаэробный порог по ЧСС (уд./мин) Anaerobic threshold (bpm)	160,50 (150,25–165,50)	154,50 (142,25–161,50)	0,039*
Группа девушек-спортсменов (n = 32) Young female athletes (n = 32)			
МПК (мл/мин/кг) Maximum oxygen consumption (ml/min/kg)	41,60 (37,65–46,15)	41,50 (38,35–44,80)	0,76
МПК (мл/мин) Maximum oxygen consumption (ml/min)	2342,00 (2169,00–2615,00)	2454,00 (2287,00–2596,00)	0,016*
Мощность физической работы (Вт) Physical work capacity (W)	214,00 (203,00–226,50)	220,00 (213,00–235,00)	0,001*
Кислородный пульс (мл) Oxygen pulse (ml)	12,50 (11,60–14,35)	13,30 (12,30–14,20)	0,028*
Анаэробный порог по ЧСС (уд./мин) Anaerobic threshold (bpm)	162,00 (152,50–171,00)	159,00 (159,00–165,00)	0,117

родно-климатических условиях Северного региона.

Обсуждение. Наблюдаемые сезонные изменения не покидающих пределы нормы физиологических показателей связаны с воздействием на организм внешних факторов, которые характеризуются стрессовым или экстремальным влиянием и стимулируют адаптационные процессы организма. В нашем исследовании можно выделить 2 основные группы факторов, способных выступать в роли «синхронизаторов» наблюдаемых изменений. Первая группа факторов связана с воздействием природно-климатических условий Среднего Приобья, которые относятся к Северным и характеризуются экстремальным воздействием на организм. Вторая группа факторов связана с воздействием регулярных, интенсивных физических нагрузок в рамках спортивной подготовки по лыжным гонкам и биатлону.

Результаты исследования показали повышение функциональной активности гипофизарно-тиреоидного звена эндокринной системы в период короткого светового дня. По имеющимся литературным данным показатели ТТГ и Т3 чувствительны к изменению температуры окружающей среды и длины светового дня. У жителей Севера максимально высокие показатели ТТГ и Т3 наблюдаются в период наиболее низкой температуры окружающей среды и в период минимальной длины светового дня [3, 7, 9]. Мы предполагаем, что повышение уровня общего Т3 в обеих группах в период короткого светового дня в нашем исследовании синхронизировано с изменением фотопериодичности и снижением температуры окружающей среды, наблюдаемая тенденция к снижению уровня ТТГ вероятно связана с физиологической регуляцией по механизму отрицательной обратной связи.

Увеличение уровня кортизола в обеих группах исследования в период короткого светового дня характеризует повышение активности системы гипофиз – кора надпочечников, которая по литературным данным чувствительна к воздействию факторов Северного региона и интенсивным физическим нагрузкам, направленным на развитие выносливости [8, 9, 19]. В нашем исследовании период короткого светового дня совпал с периодом базовой подготовки спортсменов, который характеризуется физическими нагрузками высокой интенсивности, что, по нашему мнению, могло быть важным фактором значимого повышения уровня кортизола. Литературные данные о характере сезонных изменений тестостерона неоднозначны, однако некоторые исследования показывают повышение уровня тестостерона в летний период и снижение в зимний в зависимости от инсоляции и длины светового дня [2, 7, 16]. Мы предполагаем, что значимое снижение уровня общего тестостерона в группе юношей в период короткого светового дня в нашем исследовании связано с сезонными биологическими ритмами в ответ на изменение длины светового дня.

Результаты исследования выявили значимые сезонные изменения показателей кислородтранспортной системы крови в обеих исследованных группах. Литературные данные описывают усиление процессов эритропоэза у северян в зависимости от интенсивности воздействия неблагоприятных факторов внешней среды и северного стажа, что сопровождается более высокими показателями эритроцитов, гемоглобина и среднего объема эритроцитов в сравнении с жителями южных широт, но отмечается снижение продолжительности жизни эритроцитов [4, 5, 10]. В условиях Среднего Приобья максимальная интенсивность воздействия неблагоприятных природно-климатических факторов наблюдается в период с декабря по февраль, что, по нашему мнению, способствует усилению процессов эритропоэза и повышению показателей кислородтранспортной системы крови в этот период. Однако в период с мая по сентябрь интенсивность воздействия природно-климатических факторов снижается, что, вероятно, привело к снижению активности эритропоэза и наблюдаемому снижению количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и среднего объема эритроцитов к периоду короткого светового дня (октябрь – ноябрь) в нашем исследовании.

Спортсмены, принимавшие участие в научно-исследовательской работе, имели высокий уровень спортивного мастерства по лыжным гонкам и биатлону относительно своей возрастной группы (15–18 лет). Однако достигнутый уровень функциональных возможностей организма в этот возрастной период не является предельным. Литературные данные показывают постепенное увеличение показателей МПК в процессе спортивной подготовки у спортсменов, специализирующихся в циклических зимних видах спорта, в среднем до возраста 20 лет [13, 15, 18]. У спортсменов высокого уровня старше 20 лет показатели МПК выходят на относительное плато с небольшими колебаниями в спортивном сезоне в зависимости от периода спортивной подготовки в годичном цикле [14, 18, 20]. По нашему мнению, наблюдаемая динамика значимого повышения абсолютных значений МПК, кислородного пульса и мощности физической работы в обеих группах исследования отражает общую тенденцию повышения функциональных возможностей организма за счет процессов физиологической адаптации к интенсивным физическим нагрузкам. Однако изменения относительных значений МПК не показали согласованной динамики и значительно увеличились только в группе юношей, что, по нашему мнению, могло быть связано с колебаниями массы тела спортсменов в течение спортивного сезона за счет естественных процессов роста и развития организма в этот возрастной период.

В нашем исследовании фактор интенсивных физических нагрузок в сравнении с факторами Северного региона существенно доминирует по степени влияния на показатели физической работоспособности. Сезонные колебания физиологических показателей связаны с изменением величины показателя в пределах нормальных физиологических значений с динамикой к нижней или верхней границе нормы. Однако показатели физической работоспособности имеют очень широкий диапазон нормальных значений в зависимости от функционального состояния организма [6, 12, 20]. Мы предполагаем, что специфика сезонных изменений показателей физической работоспособности обследованных связана с величиной прироста значений в разные фотопериоды года ввиду существования положительной возрастной динамики. Однако мы предполагаем, что значимое снижение ана-

эробного порога в период короткого светового дня в группе юношей имеет сезонный характер. Показатель анаэробного порога существенно зависит от уровня тренированности спортсмена и чувствителен к изменениям физиологических показателей, связанных с транспортом и утилизацией кислорода. По нашему мнению, снижение анаэробного порога в период короткого светового дня связано с наблюдаемым снижением показателей кислородтранспортной системы крови в этот период.

Результаты проведенной научной работы показывают особенности физиологических процессов адаптации к факторам Северного региона на фоне интенсивных физических нагрузок, что имеет важное теоретическое и практическое значение для формирования научно обоснованного подхода в планировании тренировочного процесса, организации медико-биологического обеспечения спортсменов в условиях Севера, с целью сохранения здоровья и достижения высших спортивных результатов.

Выводы

1. Показатели гормональной регуляции спортсменов, тренирующихся в природно-климатических условиях Среднего Приобья, характеризуются сезонными изменениями концентраций трийодтиронина, ТТГ, кортизола и тестостерона.

2. Показатели кислородтранспортной системы крови обследованных спортсменов характеризуются сезонными изменениями количества эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и эритроцитарных индексов.

3. В природно-климатических условиях Среднего Приобья показатели физической работоспособности спортсменов характеризуются сезонными колебаниями абсолютных и относительных значений МПК, кислородного пульса, мощности физической работы и анаэробного порога.

Литература

1. Агаджанян, Н.А. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: эколого-физиологические механизмы / Н.А. Агаджанян, Н.Ф. Жвавый, В.Н. Ананьев. – М.: Крук, 1998. – 240 с.

2. Антипина, Ю.В. Особенности гормональных взаимодействий системы гипофиз-гонады у мужчин на Севере / Ю.В. Антипина // Физиологические закономерности гормональных, метаболических, иммунологических из-

менений в организме человека на Европейском Севере. – Сыктывкар, 1997. – С. 18–33.

3. Бойко, Е.Р. Система гипофиз – щитовидная железа у человека в условиях хронического воздействия холода / Е.Р. Бойко, Н.Н. Потолицына, А.М. Канева // Доклады академии наук. – 2007. – № 1. – С. 130–132.

4. Дегтева, Г.Н. Состояние эритронов у жителей Северных территорий / Г.Н. Дегтева // Экология человека. – 2006. – № 4. – С. 53–57.

5. Ким, Л.Б. Влияние полярного стажа на кислородтранспортную функцию крови у северян различного возраста / Л.Б. Ким // Арктика и север. – 2014. – № 17. – С. 150–162.

6. Колупаев, В.А. Динамика состояния систем транспорта кислорода у спортсменов по сезонам года под влиянием физической нагрузки анаэробной или аэробной направленности / В.А. Колупаев, В.Л. Сашенко, И.И. Долгушин // Физиология человека. – 2008. – Т. 34. – № 2. – С. 139–142.

7. Кубасов, Р.В. Цирканнуальная биоритмика гормональных показателей щитовидной и половых желез / Р.В. Кубасов // Экология человека. – 2008. – № 2. – С. 26–29.

8. Типисова, Е.В. Реактивность коры надпочечников у жителей Европейского Севера в динамике АКГТ-теста в различные световые периоды года / Е.В. Типисова // Вестник Поморского ун-та. Серия: Физиол. и психол.-пед. науки. – 2006. – № 2. – С. 32–38.

9. Ткачев, А.В. Эколого-физиологические особенности системы гипофиз – кора надпочечников – щитовидная железа / А.В. Ткачев, Е.Б. Раменская // Эндокринная система и обмен веществ у человека на Севере. – Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 1992. – С. 15–41.

10. Фролова, О.В. Влияние продолжительности проживания в условиях Крайнего Севера на состояние гематологических параметров у мужчин и женщин разных возрастов / О.В. Фролова, О.Н. Лепунова // Материалы конференции «Успехи современного естествознания», 2004. – № 3. – С. 40–41.

11. Хаснулин, В.И. Здоровье человека и космогеофизические факторы Севера / В.И. Хаснулин // Экология человека. – 2013. – № 12. – С. 3–13.

12. Эберт, Л.Я. Динамика показателей систем внешнего дыхания и кровообращения у спортсменов с анаэробной и аэробной направленностью тренировочного процесса по

сезонам года / Л.Я. Эберт, С.Л. Сащенко, В.А. Колупаев // Известия Челяб. науч. центра УрО РАН. – 2005. – № 2. – С. 139–144.

13. Ingjer, F. Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers / F. Ingjer // *Scand. J. Med Sci Sports*. – 1991. – No. 1. – P. 25–30. DOI: 10.1111/j.1600-0838.1991.tb00267.x

14. Mahood, N. Physiological determinants of cross-country ski racing performance / N. Mahood, R. Kenefick, R. Kertzer and T. Quinn // *Med Sci Sports Exerc*. – 2001. – No. 33. – P. 1379–1384. DOI: 10.1097/00005768-200108000-00020

15. Rusko, H. The effect of training on aerobic power characteristics of young cross-country skiers / H. Rusko // *J. Sports Sci*. – 1987. – No. 5. – P. 273–286. DOI: 10.1080/02640418708729782

16. Snell, P.G. The role of maximal oxygen uptake in exercise performance / P.G. Snell, J.H. Mitchell // *Clin. Chest Med*. – 1984. – No. 5. – P. 51–62.

17. Svartberg, J. Seasonal variation of tes-

tosterone and waist to hip ratio in men / J. Svartberg, R. Jorde, J. Sundsfjord // *J. Clin. Endocrinol. Metab*. – 2003. – Vol. 88. – No. 7. – P. 3099–3104. DOI: 10.1210/jc.2002-021878

18. Thomas, L. Seasonal Variations in VO_2 max, O_2 -Cost, O_2 -Deficit, and Performance in Elite Cross-Country skiers / L. Thomas, M. Harvard, S. Matt, H. Jostein // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2013. – Vol. 27. – P. 1780–1790. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31827368f6

19. Walker, B.R. Seasonal Variation in Glucocorticoid Activity in Healthy Men / B.R. Walker, B. Ruth, P. Joseph // *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. – 2007. – Vol. 82, iss. 12. – P. 4015–4024. DOI: 10.1210/jcem.82.12.4430

20. Warburton, D.E. Blood volume, aerobic power, and endurance performance: potential ergogenic effect of volume loading / D.E. Warburton, N. Gledhill, H.A. Quinney // *Clinical Journal of Sport Medicine*. – 2000. – Vol. 10. – pp. 59–66. DOI: 10.1097/00042752-200001000-00011

Рутковский Алексей Владимирович, врач спортивной медицины, Югорский колледж-интернат олимпийского резерва. 628011, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Студенческая, 31. E-mail: dralexgrey@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9966-1217.

Койносов Андрей Петрович, доктор медицинских наук, профессор кафедры физического воспитания, ЛФК, восстановительной и спортивной медицины, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск. 628011, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40. E-mail: ar.koynosov@hmgma.ru, ORCID: 0000-0003-4917-4194.

Губина Анастасия Евгеньевна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры пропедевтики внутренних болезней и факультетской терапии, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск. 628011, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40. E-mail: ae.gubina@hmgma.ru, ORCID: 0000-0001-7730-0077.

Поступила в редакцию 6 июня 2020 г.

SEASONAL DYNAMICS OF ENDOCRINE REGULATION OF METABOLIC RATE, BLOOD OXYGEN TRANSPORT SYSTEM AND PHYSICAL PERFORMANCE OF MIDDLE OB REGION ATHLETES FROM CYCLIC WINTER SPORTS

A.V. Rutkovskiy¹, dralexgrey@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9966-1217,
An.P. Koynosov², ap.koynosov@hmgma.ru, ORCID: 0000-0003-4917-4194,
A.E. Gubina², ae.gubina@hmgma.ru, ORCID: 0000-0001-7730-0077

¹Yugra Boarding School of the Olympic Reserve, Khanty-Mansiysk city, Russian Federation,

²Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk city, Russian Federation

Aim. The paper aims to study the seasonal dynamics of endocrine regulation of metabolic rate, blood oxygen transport system and physical performance of Middle Ob region athletes from cyclic winter sports. **Materials and methods.** A comprehensive two-stage study of the endocrine system, blood oxygen transport system and physical performance was carried out among elite cross country skiers and biathletes aged from 15 to 18 years during the periods of the year with pronounced daylight variability. The research methods included enzyme-linked immunoassay (ELISA) with the measurements of total triiodothyronine, total thyroxine, thyroid-stimulating hormone, total testosterone and growth hormone; analysis of peripheral blood with the measurements of red blood cells, hemoglobin, hematocrit and red blood cell indices; cardiopulmonary exercise testing with ergospirometry and assessment of maximum oxygen consumption, physical work capacity, oxygen pulse and anaerobic threshold. **Results.** Statistical analysis revealed significant ($p < 0.05$) seasonal changes in the endocrine system, blood oxygen transport system and physical performance of Middle Ob region athletes. Namely, during the short daylight period there was a significant increase in total triiodothyronine and cortisol, a decrease in total testosterone, red blood cells, hemoglobin, hematocrit and the average volume of red blood cells, an increase in absolute and relative values of maximum oxygen consumption, oxygen pulse, physical work capacity and a decrease in anaerobic threshold. **Conclusion.** The results of the research characterize the features of athletes' adaptation to specific climatic factors of the Northern region against the background of intense physical exertion.

Keywords: athlete, adaptation, blood oxygen transport system, endocrine regulation, red blood cells, physical performance, maximum oxygen consumption.

References

1. Agadzhanyan N.A., Zhvaviy N.F., Ananyev V.N. *Adaptatsiya cheloveka k usloviyam Kraynego Severa: ekologo-fiziologicheskkiye mekhanizmy* [Human Adaptation to the Conditions of the Far North. Environmental and Physiological Mechanisms]. Moscow, Kruk Publ., 1998. 240 p.
2. Antipina U.V. [Features of Hormonal Interactions of the Pituitary-Gonadal System in Men in the North]. *Phiziologicheskije zakonomernosti gormonalnyh, metabolicheskikh, immunologicheskikh izmeneniy v organizme cheloveka na Evropeiskom Severe* [Physiological Patterns of Hormonal, Metabolic, Immunological Changes in the Human Body in the European North], 1997, pp. 18–33. (in Russ.)
3. Boyko E.R., Potolicina N.N., Kaneva A.M. [The Pituitary System – the Thyroid Gland in Humans under Conditions of Chronic Exposure to Cold]. *Doklady akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2007, no. 1, pp. 130–132. (in Russ.)
4. Degteva G.N. [The State of Erythron in the Inhabitants of the Northern Territories]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2006, vol. 4, pp. 53–57. (in Russ.)
5. Kim L.B. [The Effect of Polar Experience on the Oxygen Transport Function of Blood in Northerners of Various Ages]. *Arktika i sever* [Arctic and North], 2014, vol. 17, pp. 150–162. (in Russ.)
6. Kolupaev V.A., Sashenko V.L., Dolgushin I.I. [Dynamics of the State of Oxygen Transport Systems in Athletes by Seasons of the Year under the Influence of Physical Activity of Anaerobic or Aerobic Orientation]. *Phiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2008, vol. 34, no. 2, pp. 139–142. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119708020205

7. Kubasov R.V. [Circannual Biorhythm of Hormonal Indicators of the Thyroid and Genital Glands]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2008, vol. 2, pp. 26–29. (in Russ.)
8. Tipisova E.V. [The Reactivity of the Adrenal Cortex in the Inhabitants of the European North in the Dynamics of the ACTH-Test in Different Light Periods of the Year]. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Seriya: Fiziologicheskiye i psikhologo-pedagogicheskiye nauki* [Bulletin of the University of Pomerania. Series. Physiological and Psychological-Pedagogical Sciences], 2006, vol. 2, pp. 32–38. (in Russ.)
9. Tkachev A.V., Ramenskaya E.B. [Ecological and Physiological Features of the Pituitary Gland – Adrenal Cortex – Thyroid Gland]. *Endocrinnaya sistema i obmen veshestv u cheloveka na Severe* [Endocrine System and Metabolism in Humans in the North, Syktyvkar, Komi Science Center Ural Branch of the Russian Academy of Sciences], 1992, pp. 15–41. (in Russ.)
10. Frolova O.V., Lepunova O.N. [The Influence of Length of Stay in the Far North on the State of Hematological Parameters in Men and Women of Different Ages]. *Materialy konferentsii "Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya"* [Materials of the Conference Successes in Modern Science], 2004, no. 3, pp. 40–41. (in Russ.)
11. Khasnulin V.I. [Human Health and Cosmogeophysical Factors of the North]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2013, vol. 12, pp. 3–13. (in Russ.)
12. Ebert L.Ya., Saschenkov C.L., Kolupaev V.A. [Dynamics of Indicators of External Respiration and Blood Circulation Systems in Athletes with Anaerobic and Aerobic Orientation of the Training Process by the Seasons]. *Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo centra UrO RAN* [Bulletin of the Chelyabinsk Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Science], 2005, no. 2, pp. 139–144. (in Russ.)
13. Ingjer F. Maximal Oxygen Uptake as a Predictor of Performance Ability in Women and Men Elite Cross-Country Skiers. *Scand. J. Med Sci Sports*, 1991, no. 1, pp. 25–30. DOI: 10.1111/j.1600-0838.1991.tb00267.x
14. Mahood N., Kenefick R., Kertzer R., Quinn T. Physiological Determinants of Cross-Country Ski Racing Performance. *Med Sci Sports Exerc*, 2001, no. 33, pp. 1379–1384. DOI: 10.1097/00005768-200108000-00020
15. Rusko H. The Effect of Training on Aerobic Power Characteristics of Young Cross-Country Skiers. *J. Sports Sci.*, 1987, no. 5, pp. 273–286. DOI: 10.1080/02640418708729782
16. Snell P.G., Mitchell J.H. The Role of Maximal Oxygen Uptake in Exercise Performance. *Clin. Chest Med.*, 1984, no. 5, pp. 51–62.
17. Svartberg J., Jorde R., Sundsfjord J. Seasonal Variation of Testosterone and Waist to Hip Ratio in Men. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2003, vol. 88, no. 7, pp. 3099–3104. DOI: 10.1210/jc.2002-021878
18. Thomas L., Havard M., Matt S., Jostein H. Seasonal Variations in VO₂ max, O₂-Cost, O₂-Deficit, and Performance in Elite Cross-Country Skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2013, vol. 27, pp. 1780–1790. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31827368f6
19. Walker B.R., Ruth B., Joseph P. Seasonal Variation in Glucocorticoid Activity in Healthy Men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2007, vol. 82, iss. 12, pp. 4015–4024. DOI: 10.1210/jcem.82.12.4430
20. Warburton D.E., Gledhill N., Quinney H.A. Blood Volume, Aerobic Power, and Endurance Performance: Potential Ergogenic Effect of Volume Loading. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2000, vol. 10, pp. 59–66. DOI: 10.1097/00042752-200001000-00011

Received 6 June 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Рутковский, А.В. Сезонная динамика эндокринной регуляции скорости обмена веществ, показателей кислородтранспортной системы крови и физической работоспособности у спортсменов Среднего Приобья, специализирующихся в циклических зимних видах спорта / А.В. Рутковский, Ан.П. Койносов, А.Е. Губина // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 41–50. DOI: 10.14529/hsm200305

FOR CITATION

Rutkovskiy A.V., Koynosov An.P., Gubina A.E. Seasonal Dynamics of Endocrine Regulation of Metabolic Rate, Blood Oxygen Transport System and Physical Performance of Middle Ob Region Athletes from Cyclic Winter Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 3, pp. 41–50. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200305