

Бекембетова Р.А., Конакбаев Б.М.^а,  Маженов С.Т.

Казахская академия спорта и туризма, г. Алматы, Казахстан

ДИНАМИКА МАКСИМАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ПРИ ПРЕДЕЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ

Бекембетова Раиса Абдрахмановна, Конакбаев Бакытбек Мухаметханович, Маженов Серикказы Турсынбаевич

Динамика максимального потребления кислорода при предельной физической нагрузке у лыжников-гонщиков

Аннотация. В статье анализируются результаты исследования максимального потребления кислорода (МПК) как интегрального показателя эффективности тренировочного процесса у спортсменов сборной Республики Казахстан по лыжным гонкам в течение трёх годовых макроциклов. Проведенное углубленное комплексное обследование в лабораторных условиях выявило недостаточный уровень развития дыхательной системы (ЖЕЛ, ЖИ, МВЛ), предельной физической работоспособности, а также аэробных и анаэробных возможностей спортсменов. На основе полученных данных было предположено, что причиной таких результатов является недостаточное внимание к базовой подготовке и тренировкам малой аэробной мощности в структуре годового макроцикла. Установлено, что при длительной аэробной работе развивается функция дыхательной системы, увеличивается жизненная емкость легких (ЖЕЛ), альвеолярная поверхность и сеть капилляров, а также выносливость дыхательных мышц. Аэробные тренировки приводят к росту размеров и числа митохондрий, что играет ключевую роль в поддержании кислородного гомеостаза на клеточном и системном уровне.

Ключевые слова: лыжные гонки, максимальное потребление кислорода (МПК), функции дыхательной системы, физическая работоспособность, углубленное комплексное обследование.

Bekembetova Raisa, Konakbayev Bakytbek, Mazhenov Serikkazy.

Dynamics of maximum oxygen consumption under extreme physical exertion in ski racers

Abstract. The article analyzes the results of a study of maximum oxygen consumption (VO_{2max}) as an integral indicator of the effectiveness of the training process in athletes of the Republic of Kazakhstan national cross-country skiing team during three annual macrocycles. An in-depth comprehensive examination in laboratory conditions revealed an insufficient level of development of the respiratory system (VC, FI, MVL), maximum physical performance, as well as aerobic and anaerobic capabilities of athletes. Based on the data obtained, it was assumed that the reason for such results is insufficient attention to basic training and low-power aerobic training in the structure of the annual macrocycle. It was found that with long-term aerobic work, the function of the respiratory system develops, the vital capacity of the lungs (VC), the alveolar surface and the capillary network, as well as the endurance of the respiratory muscles increase. Aerobic training leads to an increase in the size and number of mitochondria, which plays a key role in maintaining oxygen homeostasis at the cellular and systemic levels.

Key words: cross-country skiing, maximum oxygen consumption, respiratory system functions, physical performance, in-depth comprehensive examination.

Бекембетова Райса Абдрахмановна, Конакбаев Бакытбек Мухаметханович, Маженов Серикказы Турсынбаевич

Шаңғышы-жарысушылардың шекті дене жүктемесі кезінде оттегінің максималды тұтыну динамикасы

Аңдатпа. Мақалада Қазақстан Республикасының шаңғы жарысы бойынша ұлттық құрамасының спортшылары арасындағы үш жылдық макроцикл бойынша оқу-жаттығу процесінің тиімділігінің интегралды көрсеткіштерінің бірі – оттегінің максималды шығыны (ОМТ) нәтижелері берілген. Зертханада тереңдетілген кешенді тексеру негізінде алынған мәліметтер тыныс алу жүйесінің жеткіліксіз даму деңгейін (ӨТС, ӨИ, ӨМВ), максималды физикалық көрсеткіштердің төмен деңгейін, сондай-ақ спортшылардың аэробты және анаэробты мүмкіндіктерін көрсетеді. Алынған деректерді талдау нәтижелеріне сүйене отырып, себептердің бірі жыл сайынғы макроцикл алгоритмінде, базальды даярлық немесе төмен аэробты қуатты жаттығуларына аз көңіл бөлінуі болып табылады. Орташа, бірақ ұзақ мерзімді жұмыс кезінде тыныс алу жүйесінің қайта құрылымдалуымен қамтамасыз етілетіні белгілі, ол өкпе көлемінің өсуімен (ӨТС), альвеолалар және сәйкесінше желінің ұлғаюымен, өкпедегі

капиллярлардың және тыныс алу бұлшықеттерінің төзімділігінің жоғарылауымен көрінеді. Ұзақ мерзімді аэробты жаттығулар жасушалық және жүйелік деңгейде оттегі гомеостазын реттеуде жетекші рөл атқаратын митохондриялардың көлемінің де, саның да ұлғаюына әкелетіні белгілі.

Түйін сөздер: шаңғы жарысы, оттегіні максималды тұтыну, тыныс алу жүйесінің функциясы, дененің жұмысқа қабілеттілігі, тереңдетілген кешенді зерттеу.

Основные положения. В исследовании проводится оценка динамики максимального потребления кислорода (МПК) у лыжников-гонщиков при предельной физической нагрузке. На основании полученных данных разрабатываются рекомендации по повышению аэробной работоспособности спортсменов сборной команды Республики Казахстан по лыжным гонкам.

Введение. Изучение динамики максимального потребления кислорода у спортсменов по лыжным-гонкам необходимо для оптимизации тренировочных программ и повышения спортивного результата. Информация о потреблении кислорода во время предельной физической нагрузки может помочь тренерам и спортсменам разработать более эффективные методики подготовки, адаптированные к особенностям спортсменов. Изучение данного аспекта подготовки имеет практическое значение для улучшения результатов в соревновательной деятельности.

Проблема тренировочных нагрузок в системе спортивных достижений занимает одно из центральных мест, так как именно нагрузки связывают в единое целое средства и методы тренировки с теми реакциями организма, которые они вызывают [1].

Одним из интегральных показателей эффективности тренировочного процесса является максимальное потребление кислорода (МПК), который определяется при выполнении физических нагрузок предельной мощности [2, 3]. Проведение мониторинга МПК во время углубленного комплексного обследования в процессе подготовки спортсменов является одной из необходимых процедур медико-биологического сопровождения в видах спорта для более эффективного планирования и управления, коррекции тренировочного процесса, а также с целью отбора спортсменов для участия в соревновательной деятельности.

Цель исследования: на основании углубленного комплексного обследования спортсменов сборной команды Республики Казахстан (РК) по лыжным гонкам дать оценку максимальному потреблению кислорода (МПК), развитию дыхательной системы и физической работоспособности.

Задачи исследования:

- проведение анализа динамики показателей МПК лыжников при выполнении предельной физической нагрузки;

- оценка результатов исследования;
- разработка практических рекомендаций для повышения уровня аэробной работоспособности спортсменов РК по лыжным гонкам.

Методы и организация исследования. Тестирование проводилось в НИИ спорта Казахской академии спорта и туризма на весеннем (апрель-май) и осеннем (сентябрь-октябрь) этапах подготовительного периода в течение трех макроциклов. Следует отметить, что динамика тренировочных нагрузок в годовом макроцикле проходила при чередовании условий равнинной и горной местностей. В углубленном комплексном обследовании участвовали 12 спортсменов по лыжным гонкам сборной команды РК (МС, МСМК), возраст которых составлял $23,2 \pm 1$ г., масса тела – $75,58 \pm 0,41$, рост – $178,6 \pm 1,1$ см. Процедура тестирования спортсменов проводилась по общепринятой методике (спортивный анамнез, антропометрические измерения, функциональные и биохимические обследования). Частоту сердечных сокращений (ЧСС) в состоянии покоя и во время лабораторных нагрузочных тестов определяли с помощью электрокардиографа ЭК1Т-03М по электрокардиограмме (ЭКГ). Жизненную емкость легких измеряли с помощью волномоспиromетра ВСВ-02. Определение минутного объема дыхания (МОД) и газового обмена в состоянии покоя, а также во время функциональных нагрузок осуществляли путем сбора выдыхаемого воздуха в мешки Дугласа (газонепроницаемые), объем которых определяли с помощью газового счетчика типа ГСБ-400.

Максимальное потребление кислорода (МПК) в соответствии с общепринятыми методиками определяли при выполнении ступенчато-возрастающей нагрузки до максимальной мощности [4] с помощью велоэргометра «Эргорейсер» фирмы Kettler (ФРГ). Содержание лактата в крови определяли лактометром Roche Diagnostics (ФРГ).

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 1 представлена динамика антропометрических данных, а также показатели дыхательной системы лыжников-гонщиков за период исследования. Масса-ростовые параметры (МРИ) находились в пределах 411-419 г/см и в целом отличались от модельных показателей (400 г/см), что свидетель-

ствуется об избыточной массе тела у спортсменов. Данные результаты являются поводом для более тщательного подхода и контроля тренировочных нагрузок, особенно во второй половине подготовительного периода. Известно, что изучаемый показатель не только широко используется в спорте для оценки физических характеристик, но и является важной составляющей для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем у квалифицированных спортсменов [5], является показателем адаптационных изменений, характеризующих специальную физическую работоспособность [6, 7].

Важным разделом функционального состояния и физической работоспособности организма спортсмена является система внешнего дыхания, значимость которой возрастает особенно при мышечной деятельности [8]. Функция дыхания характеризуется несколькими параметрами: жизненная емкость легких (ЖЕЛ), ее отношение к массе тела, жизненный индекс (ЖИ), минутный объем дыхания (МОД), МВЛ (максимальная вентиляция легких) и динамика их цифровых показателей, которые отражают влияние различных факторов на организм спортсменов [9].

Таблица 1 – Динамика показателей физического развития и функции респираторного аппарата лыжников-гонщиков на протяжении 3-х годовых макроциклов

Этапы исследования	МРИ, г/см	ЖЕЛ, мл	ЖИ, мл/кг	Режим МВЛ	
				МОД, л	Лактат, ммоль/л
Первый год					
весенний	411±5,66	5629±139	74,0±2,5	200,4±3,7	3,84±0,25
осенний	415±5,38	5450±140	73,3±1,6	206±6,4	3,85±0,25
Второй год					
весенний	419±6,57	6000±196	79,7±2,4	201,7±4,8	4,12±0,25
осенний	415±12,59	5945±210	77,5±2,1	214,3±6,3	4,43±0,81
Третий год					
весенний	-	-	-	-	-
осенний	419,8±4,2	5825±172	77,1±2,4	201,7±4,9	4,43±0,25

Исходя из представленных данных (Таблица 1), показатели дыхательной системы (ЖЕЛ, ЖИ, МОД) несколько ниже должного уровня, а функциональные возможности (МВЛ) на весеннем и осеннем этапах во всех исследуемых макроциклах, исходя из представленной таблицы, в целом существенно ниже (на 20-26%), чем у лыжников международного класса (280-320 мл).

Более того, произвольная максимальная вентиляция легких (МВЛ) сопровождается накоплением лактата крови от 3,84 до 4,43 ммоль/л, что свидетельствует об усилении анаэробного процесса в дыхательных мышцах.

Из изложенного следует, что недостаточное внимание было уделено тренировкам малой аэробной мощности, также известной как базовая тренировка. Этот вид тренировок способствует перестройке всех систем организма, включая дыхательную систему. Базовая тренировка при на-

грузках малой аэробной мощности, когда частота сердечных сокращений (ЧСС) составляет 60% от максимума, а уровень лактата в крови не превышает 3 ммоль/л, способствует росту легочных объемов (ЖЕЛ), увеличению альвеолярной поверхности и капиллярной сети, что улучшает доставку кислорода и повышает выносливость дыхательных мышц. Это также ведет к нормализации весовых параметров [10].

Более того, такая тренировка направлена на развитие выносливости сердечно-сосудистой системы. Систолический объем сердца при этом достигает 90% от максимума, что способствует развитию новых кровеносных сосудов сердца (васкуляризации), улучшая транспорт кислорода и питание миокарда. Такая нагрузка может выполняться на протяжении нескольких минут до нескольких часов [11]. Адаптация к умеренным физическим нагрузкам увеличивает насосную функцию сердечно-со-

судистой системы, что подтверждается данными других исследований [12], [13].

Максимальное потребление кислорода (МПК) является ключевым показателем, который отражает аэробные возможности спортсменов. Оценка динамики МПК лыжников-гонщиков в ходе выполнения ступенчато-возрастающей велоэргометрической нагрузки на этапах подготовки весной и осенью стала одной из задач исследования.

Согласно данным таблицы 2, средние показатели МПК спортсменов на начальном этапе подготовки составляли 62,71-63,71 мл/мин/кг, а на осеннем этапе достигали 67,15-69,14 мл/мин/кг. Если сравнить эти результаты с оценочной табли-

цей, предложенной А.Г. Зимой и А.С. Ивановым [14], где показатели МПК на уровне 60-70 мл/мин/кг оцениваются как «отличные» или «высокие», можно сделать вывод, что спортсмены обладают хорошими аэробными возможностями. Однако при сравнении с результатами призеров Олимпийских игр, чьи показатели МПК превышают 80 мл/мин/кг [15, 16], становится очевидным, что аэробные возможности обследуемых спортсменов уступают на 15-20%.

Это разница в аэробных показателях подчеркивает необходимость повышения уровня тренированности, особенно в аспекте развития максимальных аэробных возможностей, чтобы достигнуть уровня мировых лидеров.

Таблица 2 – Динамика показателей МПК и кардиореспираторной системы спортсменов по лыжным гонкам сборной команды РК при выполнении нагрузки максимальной аэробной мощности

Этапы исследования	Мощность, кгм		ЧСС, мин	МОД, л	VO ₂ мл		Лактат, ммоль/л
	мин	кг			мин	кг	
Первый год							
весенний	2201±202	32,6±0,44	194±2	171,1±5	4668±48	63,71±1,4	13,6±0,4
осенний	2515±480	33,9±0,44	187±3	176,8±5,9	4661±90	67,15±1,7	12,5±0,5
Второй год							
весенний	2414±60	32,10±0,9	195±3	167,6±6,5	4761±106	62,80±1,9	12,8±0,9
осенний	2529±368	33,13±0,48	187±3	180,5±8,6	5131±134	67,17±1,4	11,9±0,7
Третий год							
весенний	-	-	-	-	-	-	-
осенний	2586±54,7	34,29±0,53	186±2	179,0±7,8	5214±1,7	69,14±1,3	12,9±0,6

Показатели работоспособности максимальной мощности за период трех макроциклов колебались от 32,10 до 34,29 кгм/мин/кг при средней массе тела 75,58±0,41 кг. Причем только на осеннем этапе третьего макроцикла изучаемый показатель достиг 34,29 кгм/мин/кг, что, по мнению А.С. Иванова, Д.Б. Турлыханова [17], относится к модельным показателям, но при массе тела 70 кг. Если исходить из данного расчета, то при массе тела 75,58 показатель максимальной мощности должен соответствовать 36,71 кгм/мин/кг. Следовательно, на протяжении трех макроциклов, несмотря на некоторые положительные сдвиги на осеннем этапе, когда учебно-тренировочные сборы проводились в условиях среднегорья, нельзя утверждать, что максимальная физическая

работоспособность, а также аэробные возможности (МПК), как-то приблизились к показателям спортсменов по лыжным гонкам международного уровня. Естественно, с такими показателями казахстанские спортсмены по лыжным гонкам не могут претендовать на призовые места на Олимпийских играх.

Ретроспективный анализ проведения зимних Олимпийских игр показал, что из казахстанских лыжников лишь В. Смирнов был победителем в 1994 году на дистанции 50 км, а также серебряным призером при беге на 15 и 10 км в Норвегии, в 1998 году в Японии он был бронзовым призером (Рисунок 1). В дальнейшем казахстанскими лыжниками не было завоевано ни одной медали на Олимпийских играх.

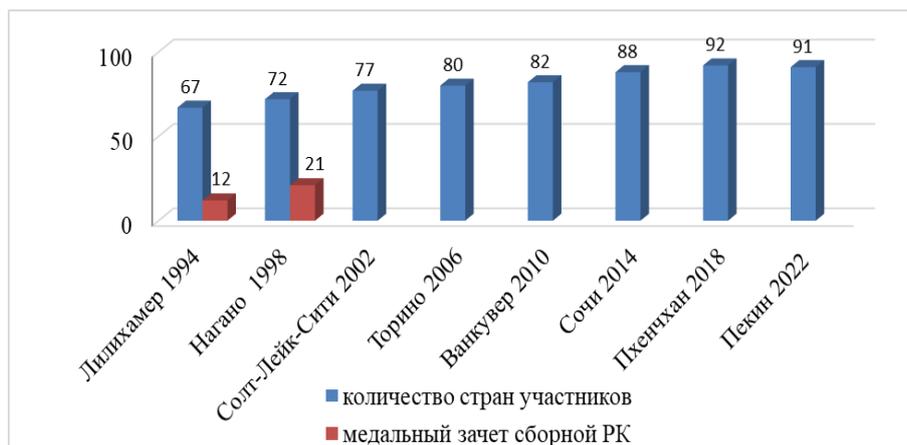


Рисунок 1- Результаты выступления национальной сборной команды РК на зимних Олимпийских играх с 1994 по 2022 год

По нашему мнению, одной из причин низкого уровня соревновательной деятельности лыжников-гонщиков РК является недостаточное внимание тренировкам базового режима, которому отводится до 25-30% годового макроцикла. Исходя из общепринятой классификации, нагрузка малой аэробной мощности занимает одно из важных мест в практике спортивной подготовки даже у спортсменов высокого класса [3, с. 97-102]. Столь значимая доля в годовом макроцикле имеет важное научное обоснование. При данном режиме систолический объем сердца составляет почти 90% от максимального уровня, что существенно увеличивает сократительную способность сердечной мышцы и сосудистой системы в целом, при этом очень важно, что не происходит гипертрофии сердечной мышцы сердца [12, с. 55-57], что способствует развитию новых кровеносных сосудов сердца (васкулиризация) [11, с. 185-194], усиливая тем самым транспорт кислорода и питание миокарда сердца [12, с. 793-795]. Также следует отметить доминирование окислительных процессов в красных мышечных волокнах, где хорошо развита капиллярная сеть и большое количество митохондрий [18], в которых активность и соотношение различных ферментов под воздействием данного режима нагрузки изменяются, что способствуют увеличению как размеров, так и количества митохондрий [19]. Функциональная значимость митохондрий заключается в генерировании до 80-90% АТФ с потреблением при этом до 98% кислорода, что играет главенствующую роль в регуляции кислородного гомеостаза как на клеточном, так системном уровне [20]. Тренировки малой аэробной мощности активируют липидный обмен, обладающий адаптационной функцией и являющийся центральным механизмом всех видов

адаптации [21, 22], в том числе скоростных качеств (восприятие, реакция, выполнение, восстановление) [23], чему способствует также увеличение активности ферментов гликолиза. Существует предположение, что скорость образования лактата в гликолитических мышцах соответствует скорости использования его в красных мышечных волокнах [24, 25]. Специальные белки-транспортёры способствуют окислению лактата в митохондриях с образованием дополнительных 18 молекул АТФ [26].

Следовательно, суммарный эффект связан с одновременной или параллельной работой двух типов мышечных волокон, что является очень важным выводом с точки зрения функционального обеспечения не только тренировочного процесса, но и соревновательной деятельности лыжников. Известно, что гоночная трасса состоит из определенных пропорций равнины, подъемов, спусков, виражей, поворотов. В связи с этим очень важным является свойство, приобретенное в результате тренировки малой аэробной мощности, – способность к эффективному переходу с одного источника энергообеспечения к другому [25, с. 83-92; 27], что обеспечивает высокую функциональность исполнительных систем в процессе соревновательной гонки.

Более того, адаптация к длительной аэробной работе сопровождается существенным увеличением запасов как липидов, так гликогена в различных мышцах, особенно в красных волокнах [19, с. 273-291]. При этом во всех мышечных волокнах (красные, промежуточные, белые) аэробная тренировка приводит к увеличению активности ферментов гликолиза, в частности гексокиназы, причем в промежуточных волокнах вдвое, а в красных – в полтора раза, благодаря чему происходит постоянный приток глюкозы в клетки различных органов и тканей

[28, 29]. Предполагается, что эти изменения служат отправной точкой для дальнейших адаптационных модификаций функциональных систем, клеток и всего организма, направленных на улучшение и оптимизацию специального тренировочного процесса, поскольку механизмы и закономерности адаптации универсальны [30]. Изложенные выше результаты исследования свидетельствуют о необходимости строгого соблюдения общепринятого алгоритма и объема тренировочных нагрузок с обязательным контролем их режимов.

Выводы:

1. Массо-ростовой индекс: на протяжении трех макроциклов тренировки массо-ростовой индекс лыжников-гонщиков находился в пределах 411-419 г/см, что указывает на избыточную массу тела спортсменов. Это требует внимательного контроля массы тела и корректировки тренировочных программ.

2. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) и жизненный индекс (ЖИ): средние значения ЖЕЛ и ЖИ сборной команды лыжников оказались ниже модельных показателей. Это свидетельствует о

недостаточном развитии дыхательной системы спортсменов, что может быть связано с несоблюдением рекомендуемых режимов тренировочного процесса.

3. Максимальная вентиляция легких (МВЛ): показатели МВЛ (произвольная – 200-214 л, при максимальной нагрузке – 171-180 л) ниже модельных норм (280-320 л). Это подтверждает недостаточный уровень развития дыхательной системы и необходимость повышения интенсивности тренировок, направленных на развитие вентиляции легких.

4. Максимальное потребление кислорода (МПК): интегральный показатель МПК сборной команды лыжников-гонщиков РК на 14-21% ниже модельных значений. Это может быть следствием недостаточного объема тренировок малой аэробной мощности в годовых макроциклах и требует пересмотра подходов к тренировочному процессу с акцентом на базовые аэробные тренировки.

Эти выводы подчеркивают необходимость оптимизации тренировочного процесса для улучшения физиологических показателей и достижения более высоких результатов в спортивной деятельности.

Литература:

- 1 Харитонов Л.Г., Шкляев Ю.В., Шемердяк А.В. Адаптация к физическим нагрузкам спортсменов игровых видов спорта на этапе спортивного совершенствования (на примере футбола, хоккея, бадминтона). – Омск: «СибГУФК», 2005. – 126 с.
- 2 Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник для тренеров (В 2 кн.). – Киев: Олимпийская литература, 2015. – 752 с.
- 3 Платонов В.Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов – М.: Спорт, 2019. – 656 с.
- 4 Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спорте. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
- 5 Арганеева Н.П., Таминова И.Ф., Калюжин В.В., Калюжина Е.В., Смирнова И.Н., Сарычева Т.В. Антропометрические особенности и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у квалифицированных спортсменов разных видов спорта // Российский кардиологический журнал. – 2023. – № 11. – Т. 28. – С. 89-99.
- 6 Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Чочеткова Н.И. Морфологические критерии – показатели пригодности, общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам. – М.: ТВ Дивизион, 2010. – 104 с.
- 7 Мартиросов, Д.В. Николаев, С.Г. Руднев. – М.: Наука, 2006. – 248 с.
- 8 Бреслав И.С., Волков Н.И., Тамбовцева Р.В. Дыхание и мышечная активность человека в спорте. – М.: Советский спорт, 2013. – 336 с.
- 9 Бекембетова Р.А., Конакбаев Б.М. Значение тренировочной нагрузки малой аэробной мощности в единоборствах // Теория и методика физической культуры. – 2022. – № 1 (67). – С. 166-173. – DOI 10.48114/2306-5540_2022_1_166.
- 10 Озолин П.П. Адаптация сосудистой системы к спортивным нагрузкам. – Рига: «ЗИНАТНЕ», 1984. – 134 с.
- 11 Crisman R., Rittman B., Tomanek R. Exercise-induced myocardial capillary growth in spontaneously hypertensive rat // *Micvasc. Res.* – 1985. – Vol. 30. – № 2. – P. 185-194.
- 12 Меерсон Ф.З., Капелько В.И., Пфайфер К. Сокращение и расслабление сердечной мышцы при адаптации к физическим нагрузкам // *Физиологический журнал СССР.* – 1976. – № 5. – С. 793-795.
- 13 Меерсон Ф.З., Пшениникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
- 14 Зима А.Г., Иванов А.С. Система комплексной энергетической оценки тренированности спортсменов // *Актуальные проблемы высшего спортивного мастерства.* – Алма-Ата, 1979. – С. 26-31.
- 15 Таймазов В.А., Марьянович А.Т. Биоэнергетика спорта. – СПб.: «Шатон», 2002. – 122 с.
- 16 Сейлер С. Физиология лыжных гонок / Сейлер Стефен. – Текст: электронный // XCSPORT: [сайт]. – URL: https://www.xcspport.ru/articles/articles_1535.html (дата обращения: 18.07.2024).

- 17 Иванов А.С., Турлыханов Д.Б. Научные и методические основы отбора и контроля в системе подготовки спортивного резерва и спортсменов высокой квалификации. – Алматы: «Алишер», 2009. – 242 с.
- 18 Хочачка П., Дж. Сомеро Биохимическая адаптация: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 568 с.
- 19 Holloszy J.O., Booth F.W. Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. // *Ann.Rev. Physiol.* – 1976. – 38. – P. 273-291. DOI: 10.1146/annurev.ph.38.030176.001421.
- 20 Лукьянова Л.Д. Сигнальная роль митохондрий при адаптации к гипоксии // *Фізіологічний журнал.* – 2013. – Т. 59. – № 6. – С. 141-152.
- 21 Крепс Е.М. Липиды клеточных мембран. – Л.: Наука, 1981. – 339 с.
- 22 Яковлев В.М., Вишневецкий А.А. Молекулярные основы адаптации. – Бишкек: Илим, 2003. – 203 с.
- 23 Мовсесян Ш.Е. Увеличение скоростных качеств у спортсменов // Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция «Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура. Сочи 2012». г. Сочи, 20-23 июня 2012 г. – 2-е издание, дополненное. – С. 50-55.
- 24 Hultman E. Regulation of carbohydrate metabolism in liver during rest and exercise with special reference to diet / ed. F. Landry and W.A.R.Orban. – In: 3 rd Intl. Sym. on Biochemistry of Exercise – 1978. – P. 99-126. Miami, Symposia Specialists.
- 25 Donovan C.M., Brooks G.A. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. // *Amer. J. Physiol.* – 1983. – 244. – P. 83-92.
- 26 Poole R. C., Halestrap A. P. Transport of lactate and other monocarboxylates across mammalian plasma membranes. // *Amer. J. of Physiology.* – 1993. – 264. – P. 761-782.
- 27 Hashimoto T., Brooks G.A. Mitochondrial lactate oxidation complex and an adaptive role for lactate production. *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2008. – Mar. – 40(3):486–494.
- 28 Кондрашова М.Н. Переменное использование углеводов и липидов как форма регуляции физиологического состояния. Регуляция энергетического обмена и физиологическое состояние организма. – М.: «Наука», 1978. – С. 5-14.
- 29 Marsh R.L. Catabolic enzyme activities in relation to preigratory fattening and muscle hypertrophy in the gray catbird (*Dumetella carolinensis*) // *J. Comp. Physiol.* – 1981. – 141. – P. 417-423.
- 30 Wilmore J.H., Costill.D.L. Physiology of sport and exercise. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2004. – 726 p.

References

- 1 Haritonova L.G., Shkljaev Ju.V., Shemerdjak A.V. Adaptacija k fizicheskim nagruzkam sportsmenov igrovih vidov sporta na jetape sportivnogo sovershenstvovanija (na primere futbola, hokkeja, badmintona). – Omsk: «SibGUFK», 2005. -126 s.
- 2 Platonov V.N. Sistema podgotovki sportsmenov v olimpijskom sporte. Obshhaja teorija i ee prakticheskie prilozhenija: uchebnik dlja trenerov (V 2 kn.). – Kiev: Olimpijskaja literatura, 2015. – 752 s.
- 3 Platonov V.N. Dvigatel'nye kachestva i fizicheskaja podgotovka sportsmenov – М.: Sport, 2019. – 656 s.
- 4 Karpman V.L., Belocerkovskij Z.B., Gudkov I.A. Testirovanie v sporte. М.: Fizkul'tura i sport, 1988. – 208 s.
- 5 Arganeeva N.P., Taminova I.F., Kaljuzhin V.V., Kaljuzhina E.V., Smirnova I.N., Sarycheva T.V. Antropometricheskie osobennosti i funkcional'noe sostojanie serdechno-sosudistoj sistemy u kvalificirovannyh sportsmenov raznyh vidov sporta // *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal.* – 2023. – № 11. – Т. 28. – S. 89-99.
- 6 Abramova T.F., Nikitina T.M., Kochetkova N.I. Morfologicheskie kriterii - pokazateli prigodnosti, obshhej fizicheskoj podgotovlennosti i kontrolja tekushhej i dolgovremennoj adaptacii k trnirovochnym nagruzkam. – М.: TV Divizion, 2010. – 104 s.
- 7 Martirosov, D.V. Nikolaev, S.G. Rudnev. – М.: Nauka, 2006. – 248 с.
- 8 Breslav I.S., Volkov N.I., Tambovceva R.V. Dyhanie i myshechnaja aktivnost' cheloveka v sporte. – М.: Sovetskij sport, 2013. – 336 s.
- 9 Bekembetova R.A., Konakbaev B.M. Znachenie trenirovochnoj nagruzki maloj ajerobnoj moshhnosti v edinoborstvah // *Teorija i metodika fizicheskoj kul'tury.* – 2022. – № 1 (67). – S. 166-173. – DOI 10.48114/2306-5540_2022_1_166.
- 10 Ozolin' P.P. Adaptacija sosudistoj sistemy k sportivnym nagruzkam. – Riga: «ZINATNE», 1984. – 134 s.
- 11 Srisman R., Rittman B., Tomanek R. Exercise-induced myocardial capillary growth in spontaneously hypertensive rat // *Micvasc. Res.* – 1985. – Vol. 30. – № 2. – P. 185-194.
- 12 Meerson F.Z., Kapel'ko V.I., Pfajfer K. Sokrashhenie i rasslablenie serdechnoj myshcy pri adaptacii k fizicheskim nagruzkam // *Fiziologicheskij zhurnal SSSR.* – 1976. – № 5. – S. 793-795.
- 13 Meerson F.Z., Pshennikova M.G. Adaptacija k stressornym situacijam i fizicheskim nagruzkam. – М.: Medicina, 1988. - 256 s.
- 14 Zima A.G., Ivanov A.S. Sistema kompleksnoj jenergeticheskoj ocenki trenirovannosti sportsmenov // *Aktual'nye problemy vysshego sportivnogo masterstva.* – Alma-Ata, 1979. – S. 26-31.
- 15 Tajmazov V.A., Mar'janovich A.T. Biojenergetika sporta. – SPb: «Shaton», 2002. – 122 s.
- 16 Sejler S. Fiziologija lyzhnyh gonok / Sejler Stefan. — Tekst : jelektronnyj // XCSPORT : [sajt]. — URL: https://www.xcspport.ru/articles/articles_1535.html (data obrashhenija: 18.07.2024).
- 17 Ivanov A.S., Turlyhanov D.B. Nauchnye i metodicheskie osnovy otbora i kontrolja v sisteme podgotovki sportivnogo rezerva i sportsmenov vysokoj kvalifikacii. Алматы: «Алишер», 2009. – 242 с.
- 18 Hochachka P., Dzh. Somero Biohimicheskaja adaptacija: Per. s angl. – М.: Mir, 1988. - 568 s.
- 19 Holloszy J.O., Booth F.W. Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. // *Ann.Rev. Physiol.* – 1976. 38. – P. 273-291. DOI: 10.1146/annurev.ph.38.030176.001421.

- 20 Luk'janova L.D. Signal'naja rol' mitohondrij pri adaptacii k gipoksii // Fiziologichnij zhurnal. – 2013. - T. 59. – № 6. - S. 141-152.
- 21 Kreps E.M. Lipidy kletocnyh membran. – L.: Nauka, 1981. – 339 s.
- 22 Jakovlev V.M., Vishnevskij A.A. Molekuljarnye osnovy adaptacii. – Bishkek: Ilim, 2003. – 203 s.
- 23 Movsesjan Sh.E. Uvelichenie skorostnyh kachestv u sportsmenov // Vserossijskaja (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-prakticheskaja konferencija «Sportivnaja medicina. Zdorov'e i fizicheskaja kul'tura. Sochi 2012». g. Sochi, 20-23 ijunja 2012 g. 2-e izdanie, dopolnennoe. – S. 50-55.
- 24 Hultman E. Regulation of carbohydrate metabolism in liver during rest and exercise with special reference to diet. In: 3 rd Intl. Sym.on Biochemistry of Exercise, ed.F.Landry and W.A.R.Orban. – 1978. – P. 99-126. Miami, Symposia Specialists.
- 25 Donovan S.M., Brooks G.A. Endurane training affects lactate clearance, not lactateproduction. // Amer. J. Physiol. – 1983. – 244. – P. 83-92.
- 26 Poole R. C., Halestrap A. P. Transport of lactate and other monocarboxylates across mammalian plasma membranes. // Amer. J. of Physiology. – 1993. – 264. – P. 761-782.
- 27 Hashimoto T., Brooks G.A. Mitochondrial lactate oxidation complex and an adaptive role for lactate production. Med. Sci. Sports Exerc.– 2008. – Mar. – 40(3):486–494.
- 28 Kondrashova M.N. Peremennoe ispol'zovanie uglevodov i lipidov kak forma reguljicii fiziologicheskogo sostojanija. Reguljacija jenergeticheskogo obmena i fiziologicheskoe sostojanie organizma. – 1978. M.: «Nauka». – S. 5-14.
- 29 Marsh R.L. Catabolic enzyme activities in relation to premigratory fattening and muscle hypertrophy in the gray catbird (*Dumetella carolinensis*) // J. Comp. Physiol. – 1981. – 141. – P. 417-423.
- 30 Wilmore J.H., Costill.D.L. Physiology of sport and exercise. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004. – 726 p.

Хат-хабарларға арналған автор (бірінші автор)	Автор для корреспонденции (первый автор)	The Author for Correspondence (The First Author)
<p>Конакбаев Бакытбек Мухаметханович -педагогикалык ғылымдарының магистрі, кәсіби спорт және жекпе-жек факультетінің деканы; Қазақ спорт және туризм академиясы; Алматы қ., Қазақстан e-mail: bahytbek.k@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6116-973X</p>	<p>Конакбаев Бакытбек Мухаметханович – магистр педагогических наук, декан факультета профессионального спорта и единоборств; Казахская академия спорта и туризма; г. Алматы, Казахстан e-mail: bahytbek.k@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6116-973X</p>	<p>Konakbayev Bakytbek Mukhametkhanovich - Master's degree, Dean of the Faculty of Professional Sports and Martial Arts; Kazakh Academy of Sport and Tourism, Almaty, Kazakhstan. e-mail: bahytbek.k@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6116-973X</p>