

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СПОРТА

ЖЕЛЕЗО КРОВИ: ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ И ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ В МОНИТОРИНГЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

Ф.А. ИОРДАНСКАЯ, Н.К. ЦЕПКОВА, Л.Н. ОВЧАРЕНКО, Н.И. КОЧЕТКОВА,
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК;
С.В. КРЯЖЕВА,
НЦ «ЭФУС»

Аннотация

Исследовалась роль содержания железа в крови в мониторинге функциональной подготовленности в процессе учебно-тренировочной работы женщин – спортсменок высокого класса при подготовке к ответственным соревнованиям. Контингент исследуемых – 15 спортсменок игровых видов спорта, мастера спорта международного класса в возрасте от 19 до 32 лет. Программа обследования включала: опрос и врачебный осмотр; исследование морфофункциональных показателей мышечной и жировой массы тела; состояние сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем; проведение ортостатической пробы с ЭКГ; психофизиологические показатели; клиничко-биохимические исследования крови. В клиничко-биохимическом анализе крови в процессе динамических исследований выявлены отчетливые сдвиги показателей в сторону напряжения адаптации и ухудшения восстановления к 4-му этапу наблюдения. У большинства спортсменок наблюдались симптомы дизадаптации к нагрузке в работе сердечно-сосудистой системы. Показано, что данные нарушения четко коррелируют со снижением уровня железа. Даны рекомендации по коррекции железодефицитного состояния.

Ключевые слова: функциональная подготовленность, мониторинг адаптации, железодефицитная анемия, гетерохронизм восстановления.

Abstract

Role of blood iron level in monitoring of elite female athletes' functional state during preparation to main starts has been investigated. 15 elite female players, international class masters, age 19–32 years, are participated in study. Investigation methods used: interview, physical examination, muscle and fat mass determination, cardiopulmonary and nervous systems examination, orthostatic test with ECG, psychophysiological parameters, blood analyses. Distinct deviations in blood parameters toward adaptation stress state and recovery impairment has been detected in experiment dynamics at 4th stage. Most athletes shown cardiorespiratory disadaptation symptoms. It is shown that these abnormalities are strictly correlate with iron level decrease. Recommendation for correction of iron deficit are given.

Key words: functional fitness, adaptation monitoring, iron-deficient anemia, recovery heterochronism.

Микроэлементы играют важную роль в энергетическом обмене в процессе мышечной деятельности.

Физическая нагрузка как стрессовая ситуация оказывает существенное влияние на биохимические процессы, протекающие в организме, что находит свое отражение и в изменении строгих констант внутренней среды – электролитах крови [5, 9 и др.].

Железо – важнейший микроэлемент, принимающий участие в дыхании, кроветворении, иммунобиологи-

ческих и окислительно-восстановительных реакциях, входит в состав более 100 ферментов и является незаменимой составной частью гемоглобина и миогемоглобина [7].

Дефицит железа является одним из наиболее часто встречаемых патологических состояний. Дефицит железа сопровождается: нарушением окислительно-восстановительных процессов и метаболизма в эритроцитах, развитием тканевой и гемической гипоксии,



снижением иммунитета, повышением восприимчивости к инфекциям, активизацией процесса перекисного окисления липидов, снижением антиоксидантной активности, содержания в пище элементов, влияющих на всасывание железа. Суточная потребность организма человека составляет 10–20 мг/сут. У спортсменов суточная потребность в железе выше на 20%.

К дефициту железа в спорте могут приводить повышенная потребность в железе в период роста организма спортсменов и большие физические нагрузки. Уровень потерь железа у спортсменов зависит от мощности физических нагрузок, в том числе и от особенностей метаболизма мышечной деятельности и уровня потоотделения, состояния здоровья и индивидуальных типологических особенностей организма.

При железодефицитных состояниях отмечается угнетение аэробного энергообеспечения тканей, что снижает физическую работоспособность, замедляет восстановление организма [2, 3 и др.].

Особый интерес эта проблема представляет для спортивной практики, поскольку между уровнем обеспеченности организма железом и физической работоспособностью установлена прямая связь. Определяется она участием железа в аэробном метаболизме транспорта кислорода крови гемоглобином, транспорта и депонирования кислорода миоглобином в мышце, транспорта электронов в дыхательной цепи (рис. 1).

В ранее проведенных исследований в процессе УТС женщин-спортсменок была выявлена динамика изменений содержания гемоглобина в крови: снижение ко второму микроциклу подготовки; в дальнейшем – постепенная нормализация к III–IV микроциклу на фоне коррекции питания с включением продуктов с повышенным содержанием железа.

В дальнейших наблюдениях в динамике УТС по ОФП и СФП спортсменов игровых видов спорта была выявлена динамика изменений содержания железа в крови, свидетельствующая о рабочей анемии.

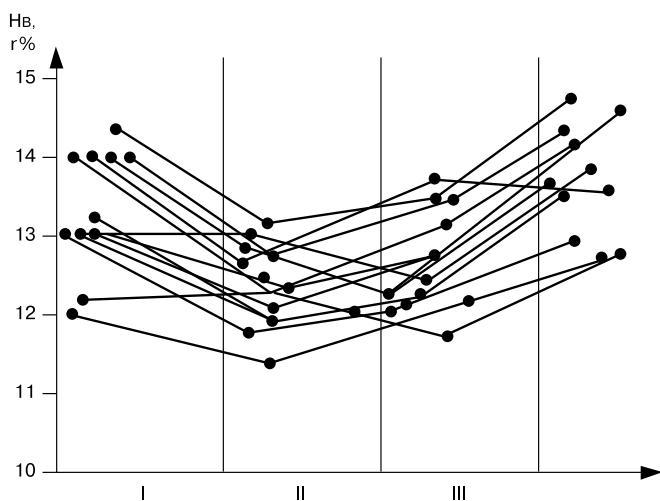


Рис. 1. Динамика показателей концентрации гемоглобина крови у волейболисток в процессе роста тренированности

Из 40 наблюдаемых спортсменов-игроков (20 женщин и 20 мужчин) у 12 содержание железа в крови было ниже нижней границы нормы: у 7 спортсменок – ниже 9,0 и у 5 спортсменов – ниже 11,6 мкМ/л.

Иными словами, у 35% женщин и 25% мужчин в процессе напряженных циклов тренировочных и соревновательных нагрузок содержание железа в сыворотке крови свидетельствовало о симптомах анемии.

Цель исследования – роль содержания железа в крови в мониторинге функциональной подготовленности в процессе учебно-тренировочной работы женщин – спортсменок высокого класса в динамике подготовки к ответственным соревнованиям.

Контингент

Под наблюдением в тренировочном процессе при подготовке к ответственным соревнованиям находилось 15 спортсменок игровых видов спорта – мастеров спорта международного класса в возрасте от 19 до 32 лет. Средний рост – 187,9 см, девять из них – ростом от 190 см и выше.

Методы исследования

Исследование спортсменок проводилось в покое на учебно-тренировочных сборах в динамике полугодового цикла подготовки: январь, май, июнь, июль. Динамические наблюдения проводились с января по июль годового цикла подготовки.

Программа обследования включала:

- опрос и врачебный осмотр;
- исследование морфофункциональных показателей мышечной и жировой массы тела;
- состояние сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем с регистрацией АД, ЭКГ;
- проведение ортостатической пробы с ЭКГ;
- психофизиологические показатели;
- клинико-биохимические исследования крови с анализом содержания в крови железа, гемоглобина, гематокрита, эритроцитов, кортизола, тестостерона, КФК, АСТ, АЛТ, мочевины.

Забор крови проводился утром натощак до начала тренировки после дня отдыха. Железо определялось фотометрическим методом на аппарате «Conelab» (Финляндия).

По результатам предшествующего углубленного медицинского обследования все спортсменки по состоянию здоровья были допущены к тренировочным занятиям и соревнованиям.

Режим тренировочных занятий в процессе УТС 5 : 2 при двухразовых тренировках в день. На этапах подготовки спортсменки имели игровую практику – участие в серии турниров в товарищеских встречах с зарубежными командами. В период с июня по июль месяц – IV этап наших наблюдений – спортсменки участвовали в 11–8 играх. Решалась главная педагогическая задача – показ высоких спортивных результатов на главном старте сезона – международном турнире. Динамические медико-биологические исследования направлены на контроль динамики развития тренированности и выходу на пик спортивной формы к главному соревнованию сезона.



Результаты исследования

В клинко-биохимическом анализе крови в процессе динамических исследований (табл. 1) выявлены отчетливые сдвиги показателей в сторону напряжения адаптации и ухудшения восстановления к 4-му этапу наблюдения.

Как видно из табл. 1, в динамических наблюдениях определялось к заключительному этапу подготовки резкое замедление восстановления по данным мочевины крови как по средним данным, так и у всех 15 спортсменов. От этапа к этапу подготовки снижались показатели сывороточного железа в крови как по средним данным по группе, так и по индивидуальным; на 4-м этапе под-

готовки у 8 спортсменов (53% обследованных) содержание сывороточного железа в крови снизилось ниже нижней границы нормы – 9,0 мкМ/л. На рис. 2 отчетливо видно резкое снижение в динамике от января к июлю содержания сывороточного железа в крови у спортсменов. Определялось отчетливое снижение содержания тестостерона в крови от I к IV заключительному этапу подготовки. На рис. 3 отчетливо видно – к IV этапу у 12 спортсменов у 80% обследованных содержание тестостерона было ниже 1,0. В то же время содержание кортизола – гормона адаптации и стресса – к IV этапу повышалось и у 5 спортсменов (33% обследованных) было выше верхней границы нормы (770 нмоль/л).

Таблица 1

Динамика биохимических показателей крови высококвалифицированных спортсменов в полугодовом цикле подготовки

Показатели	Январь	Май	Июнь	Июль
	Предсоревновательный этап	Этап базовой подготовки ОФП, СФП	Этапы предсоревнований	Заключительный этап подготовки
Мочевина				
Норма	2,5–6,3 мМ/л			
Среднее Мср.	6,5±1,03	6,3±1,23	5,1±1,15	9,2±1,9
Выше 6,3	6	12	3	15
Железо				
Норма	9,0–30,4 мкМ/л			
Среднее Мср.	21,8±7,9	17,7±6,3	13,8±4,1	14,1±6,0
Ниже среднего 11,0–9,0	–	1	8	3
Ниже 9,0	–	–	–	5
Гемоглобин HGB				
Норма	120–160 г/л			
Среднее Мср.	133,5±6,12	132,1±5,5	136,9±6,8	136,0±6,5
Ниже 130	3	1	2	3
Тестостерон				
Норма	менее 4,5 нмоль/л			
Среднее Мср.	2,5±1,07	1,7±0,71	1,3±0,47	0,96±0,41
Ниже 1,0	1	4	3	12
Кортизол				
Норма	150–770 нмоль/л			
Среднее Мср.	564,8±26,3	596,1±14,2	573,9±12,5	728,0±16,3
Выше 770	3	–	2	6
КФК				
Норма	25–175 Е/л			
Среднее Мср.	225,3±14,3	597,0±47,8	137,5±44,4	232,6±9,9
Выше среднего	3	5	2	7
Индекс утомления – соотношение тестостерона к кортизолу				
	0,42	0,33	0,23	0,13
Индекс напряжения – соотношение кортизола к тестостерону				
	23,6	29,4	42,8	75,8



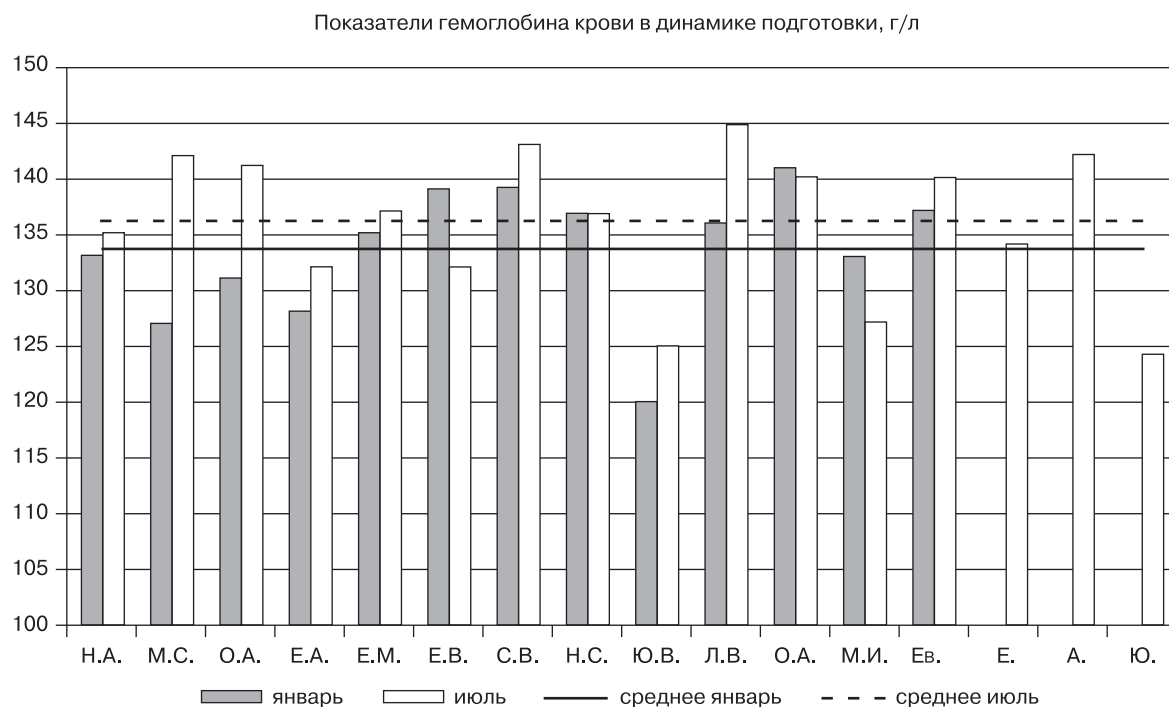


Рис. 2



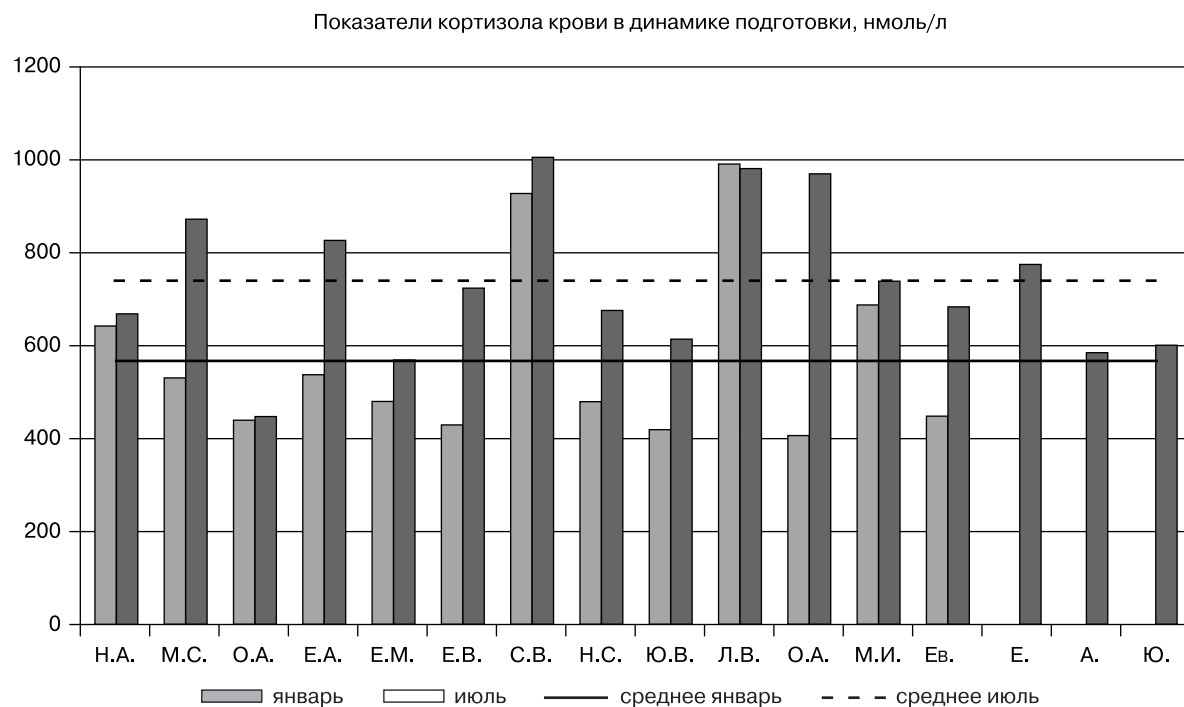


Рис. 3



Соотношение кортизола к тестостерону, рассматриваемое как индекс утомления, резко снизилось к заключительному этапу, а соотношение кортизола к тестостерону, рассматриваемое как индекс напряжения, – резко возросло.

Отчетливые изменения биохимических показателей сопровождались нарушениями показателей функционального состояния спортсменок (табл. 2).

Таблица 2

Динамика показателей мониторинга функциональной подготовленности спортсменок в полугодовом цикле подготовки (кол-во)

Показатели функционального состояния		I январь	IV июль
ЭКГ покоя			
Норма	n	8	6
Физиологическая норма	n	5	7
Нарушение ЭКГ	n	2	3
Ортостатическая вегетативная устойчивость			
Адекватная	n	6	4
Отчетливая	n	4	5
Напряженная с нарушением процессов реполяризации миокарда на ЭКГ	n	5	6
Текущее психофизиологическое состояние			
Хорошее и вполне удовлетворительное	n	11	8
Повышенная психическая напряженность	n	3	4
Симптомы утомляемости	n	1	3
Мышечная масса			
Мср		51,1%	51,9%
Выше средней	n	2	8
Ниже средней	n		6
Жировая масса			
Мср		14,9%	15,0%
Ниже средней		2	10
Выше средней		6	

Нарушение в функциональном состоянии сердца в виде нарушения процессов реполяризации миокарда по типу миокардиодистрофии на почве физического перенапряжения I степени наблюдалось у 3-х спортсменок; симптомы ортостатической вегетативной неустойчивости с нарушениями показателей ЭКГ – у 5 спортсменок. Иными словами, у большинства спортсменок отмечались симптомы дизадаптации к нагрузке в работе сердечно-сосудистой системы.

В текущем психофизиологическом состоянии симптомы повышения психической напряженности наблюдались у 4-х спортсменок, симптомы утомления – у 3-х.

В морфофункциональном состоянии мышечной и жировой массы тела к заключительному этапу подготовки у 6 спортсменок определялось снижение мышечной и жировой массы тела, при этом у 2-х спортсменок – резкое снижение жировой массы (9,9–10,5%), что может провоцировать энергодефицит.

Таким образом, на заключительном этапе подготовки на фоне напряженного месячного цикла тренировки и игровой деятельности формировались симптомы напряжения в кислород-транспортной системе, гормонально-гуморальной регуляции, морфофункциональных показателей сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем, росла психическая напряженность. Спортсменки жаловались на утомляемость, нарушение сна, боли в мышцах, головокружение.

Последующий, через две недели после заключительного обследования, турнир – основное соревнование сезона – команда проиграла на этапе четвертьфинала, отдельные спортсменки показали несвойственные им низкие показатели эффективности игровых элементов.

Обсуждение результатов исследования

В случае недостатка железа в организме страдают все звенья аэробного метаболизма, но в первую очередь – система тканевого дыхания, что обусловлено очень высокой скоростью обновления гемосодержащих ферментов, в частности цитохромов. Это обстоятельство дает основание утверждать, что нарушения метаболизма, обусловленные дефицитом железа на уровне тканей, могут иметь более серьезные биохимические и физиологические последствия для проявления максимальной физической работоспособности [5].

Опасность развития железодефицитных состояний у активно тренирующихся спортсменок достаточно высока, что обусловлено причинами как экзогенного, так и эндогенного характера. В нашем случае на фоне очень больших физических и нервно-эмоциональных напряжений, во-первых, значительно возрастают естественные потери железа из организма через желудочно-кишечный тракт, почки и особенно через кожу с потом; во-вторых, повышается адаптивный синтез железосодержащих белков – гемоглобина, миоглобина, цитохромов, железозависимых дегидрогеназ. Резко нарушается гормональная регуляция: повышается уровень кортизола в крови и снижается тестостерон.

Повышение потребности организма в железе далеко не всегда удается удовлетворить за счет железа пищи. В таких ситуациях единственной возможностью обеспечения высокого уровня функционирования железозависимых систем аэробного обмена является перераспределение общего пула железа, в первую очередь за счет резервного, а затем – тканевого железа других железозависимых систем.

К числу последних в настоящее время относят иммунную систему, системы коллагенообразования, детоксикации ксенобиотиков (включая лекарственные препараты), инактивации биологически активных веществ, а также системы обмена липидов и нейромедиаторов.



В нашем случае важным фактором были чрезмерные физические нагрузки, которые необходимо было корректировать.

Микротравмы при спортивной деятельности и усиленное выведение железа с калом после нагрузки приводят к тому, что потребность в железе у спортсменов может быть повышена почти в два раза по сравнению с физически малоактивными людьми.

Поступление достаточного количества железа особенно важно для женщин. При менструациях с кровью теряется некоторое количество железа, которое необходимо пополнять. В противном случае возможно развитие железодефицитной анемии (Ж. а.). В популяции частота Ж. а. – от 7 до 11%, а частота латентного дефицита железа у женщин составляет 20–22% [3, 4 и др.]. Ж. а. связана с недостатком железа в пище, особенно среди детей на единообразном молочном питании [2].

Эндогенная недостаточность железа может быть следствием повышенного расхода железа; в наших случаях – в связи с большими физическими и стрессорными нагрузками, сменой часовых поясов и климатогеографических зон у молодых высокорослых девушек. Клиническая картина характеризуется бледностью, психофизической вялостью, головокружением, звоном в ушах [1].

Кислородная недостаточность тканей в связи с анемией приводит к нарушениям функционального состояния печени и сердечной мышцы. Возможны анемические сердечные шумы; шум «волчка» на венах; повышение скорости кровотока. В нашем исследовании на ЭКГ спортсменок – признаки дистрофической гипоксии миокарда; на ЭХОКГ – снижение сократительной способности миокарда.

Дефицит железа в организме спортсменок возникает раньше, чем появляются симптомы анемии. После напряженной тренировки в результате возникающего разрушения эритроцитов железо поглощается клетками

ретикуло-эндотелия сосудистых клеток, депонируется в печени и используется костным мозгом для синтеза гемоглобина.

Дефицит железа в организме является слабым звеном функционального состояния спортсменов, особенно спортсменок, так как, участвуя в дыхании и окислительно-восстановительных реакциях, снижает аэробные и анаэробные возможности организма спортсменок при мышечных нагрузках.

Выводы

Проведенные комплексные динамические исследования в процессе подготовки к ответственным соревнованиям высококвалифицированных спортсменок выявили следующее.

На заключительном этапе полугодового цикла на фоне напряженных тренировочных и соревновательных нагрузок, сопровождающихся отчетливыми симптомами недовосстановления, росло напряжение адаптации по данным кортизола, резкое снижение тестостерона на фоне развития симптомов сывороточной анемии.

Определились нарушения в функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы, симптомы ортостатической вегетативной неустойчивости, нарастание психической напряженности.

В последующем снижении уровня функциональной подготовленности оказало влияние на спортивный результат – неудовлетворительное выступление в турнире при низкой (нетипичной) эффективности игровых элементов.

Исследования показали, что контроль за переносимостью тренировочных и соревновательных нагрузок в подготовке женщин обязательно должен включать в комплексной программе анализа показателей кислород-транспортного обеспечения: железа, гемоглобина, эритроцитов, гематокрита (табл. 3).

Таблица 3

Биохимические параметры крови у спортсменок на этапах подготовки в годичном цикле

Показатели (норма)	Январь				Май				Июнь				Июль			
	М	δ	Min	Max	М	δ	Min	Max	М	δ	Min	Max	М	δ	Min	Max
Железо (9,0–30,4 мкМ/л)	21,15	7,93	10,0	43,8	22,24	6,38	11,1	34,9	13,75	4,18	9,0	22,7	14,09	6,02	6,7	24,5
Эритроциты (3,7–4,7 10 ¹² /л)	4,44	0,27	3,84	4,87	4,69	0,25	4,12	5,20	4,58	0,25	4,03	4,93	4,55	0,29	4,01	5,17
Гемоглобин (120–160 г/л)	132,93	6,12	120	141	138,67	5,52	124	147	136,94	6,84	123	147	135,6	6,58	124	145
Гематокрит (34,9–47,0 %)	39,61	1,87	35,9	41,9	41,47	1,63	37,5	44,9	41,11	2,03	36,7	44,3	40,65	1,79	37,5	43,3
Кортизол (150–770 нмоль/л)	609,0	263,5	402	1308	391,93	142,4	181	637	573,94	123,5	408	792	728,0	163,5	444	1004
Тестостерон (менее 4,5 нмоль/л)	2,58	1,07	0,8	5,3	1,33	0,71	0,69	3,5	1,34	0,47	0,47	0,69	0,96	0,41	0,69	2,19
Тест/Корт 100%	0,48	0,23	0,13	0,83	0,47	0,46	0,17	1,93	0,25	0,10	0,13	0,48	0,16	0,07	0,07	0,33
Инсулин (3–24 мкЕд/мл)	6,22	2,94	2	11	5,55	2,50	2,0	10,2	5,59	2,20	2,73	11,0	6,89	2,61	2,61	11,3



Окончание табл. 3

Показатели (норма)	Январь				Май				Июнь				Июль			
	М	δ	Min	Max	М	δ	Min	Max	М	δ	Min	Max	М	δ	Min	Max
Глюкоза (3,5–6,2 мм/л)	4,81	0,39	4,3	5,7	5,63	0,79	4,6	7,3	4,83	0,30	4,4	5,7	5,17	0,32	4,9	6,0
Магний (0,65–1,05 мкмоль/л)	0,86	0,05	0,74	0,96	0,91	0,14	0,68	1,16	0,86	0,06	0,76	0,98	0,88	0,04	0,81	0,96
КФК (25–175 Ед/л)	222,47	143,1	80	579	584,73	478,4	126	1623	137,38	44,4	77	233	232,6	99,02	120	449
АЛТ (5–40 Ед/л)	25,47	6,93	17	37	22,07	7,72	15	45	18,31	4,11	11	26	24,06	5,86	14	38
АСТ (5–40 Ед/л)	30,67	7,65	19	49	50,67	21,19	33	113	24,56	3,95	19	32	16,38	4,59	9	23
Мочевина (2,5–7,5 ммоль/л)	6,48	1,03	4,8	8,3	7,18	1,23	4,3	8,8	5,14	1,15	3,2	7,0	9,24	1,91	4,8	12,4

Необходимо знать: за сутки организм здорового мужчины теряет 0,6–1 мг железа, а организм женщины – порядка 1,5 мг. Эти потери необходимо восстановить, но железо усваивается из пищи не полностью – около 5–10% от его содержания в рационе. Для нормального усвоения железа необходимы медь, кобальт, марганец и витамин С.

Лечение направлено на устранение причин анемии: лечение заболеваний желудка и кишечника; ликвидацию дефицита железа (железотерапию). Необходимы аскорбиновая кислота одновременно с препаратами железа, прием витамина В₆ и фолиевой кислоты и витамина В₁₂ в конце курса железотерапии.

Литература

1. Альперин П.М., Мухаметдинова Г.М. Михайлова Л.И. Резервы железа у больных хроническими железодефицитными анемиями // Пробл. гематол. и переливания крови. – 1972. – Т. 17. – № 11. – С. 34.
2. Рысс Е.С. Анемия и желудочно-кишечный тракт. – Л., 1972. – С. 72.
3. Щерба М.М. и др. Железодефицитные состояния. – Л., 1975.
4. Wintrobe M.M. a.o. Clinical hematology. – Philadelphia, 1974.
5. Дурманов Н.Д., Филимонов А.С. Диагностика и коррекция нарушений обмена железа в спорте высших достижений: методические рекомендации для врачей клуба. Континентальная хоккейная лига. – М., 2010.

6. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988. – 250 с.
7. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. – М.: Медицина, 2000. – 540 с.
8. Мохан Р., Глессон М., Гринхатф П.Л. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки. – Киев: Олимпийская литература, 2001.
9. Иорданская Ф.А., Цепкова Н.К. Фосфор крови: диагностическое и прогностическое значение в мониторинге функционального состояния спортсменов // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 4. – С. 30–33.

References

1. Alperin P.M., Mukametdinova G.M., Mikhailova L.I. Iron reserves in chronic iron-deficiency anemia patients // Problemy gematologii i perelivaniya krovi. – 1972. – V. 17. – № 11. – P. 34.
2. Ryss E.S. Anemia and gastrointestinal tract. – L., 1972. – P. 72.
3. Scherba M.M. et al. Iron-deficiency conditions. – L., 1975.
4. Wintrobe M.M. a.o. Clinical hematology. – Philadelphia, 1974.
5. Durmanov N.D., Filimonov A.S. Diagnostics and correction of iron metabolism impairments in elite sports: methodical recommendation for club doctors. Continental hockey league. – M., 2010.

6. Meerson F.Z., Pshennikova M.G. Adaptation to stressory situations and physical loads. – M.: Medicina, 1988. – 250 p.
7. Nazarenko G.I., Kishkun A.A. Clinical evaluation of laboratory test results. – M.: Medicina, 2000. – 540 p.
8. Mohan R., Glesson M., Greenhaff P.L. Biochemistry of muscle activity and physical training. – Kiev: Olimpijskaya literatura, 2001.
9. Iordanskaya F.A., Tzepkova N.K. Blood phosphorus: diagnostic and prognostic value for functional state monitoring in elite athletes // Vestnik sportivnoi nauki. – 2011. – № 4. – P. 30–33.

