

ПОКАЗНИКИ ОБМІНУ ЗАЛІЗА КВАЛІФІКОВАНИХ СПОРТСМЕНОК У ВІДНОВНОМУ ПЕРІОДІ

Вінничук Юлія, Чикіна Ірина

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Анотації:

В статті представлені результати дослідження показників обміну заліза в сироватці крові спортсменок, які спеціалізуються в художній гімнастиці: концентрація заліза, трансферрину, загальна залізов'язуюча здатність сироватки та ступінь насичення сироватки залізом. Показано, що у відновному періоді у спортсменок відмічається висока концентрація трансферрину та зниження насичення сироватки залізом, що свідчить про наявність ризику розвитку анемії, при збереженні показників червоної крові в межах референтних норм.

We studied iron metabolism parameters in serum samples from athletes specializing in rhythmic gymnastics. The concentrations of transferrin and iron, total ironbinding capacity of serum, and the degrees of saturation of serum with iron were analyzed. It was revealed that female athletes have high concentrations of transferrin and reduced serum saturation with iron during the recovery period. At the same time the red blood parameters maintained within the reference standards. Our results signify a risk of development of anemia in examined athletes.

В статті представлені результати дослідження показателів обміну заліза в сироватці крові спортсменок, спеціалізуються в художественной гимнастике: концентрация железа, трансферрина, общая железосвязывающая способность сыворотки и степень насыщения сыворотки железом. Показано, что в восстановительном периоде у спортсменок отмечается высокая концентрация трансферрина и снижение насыщения сыворотки железом, что свидетельствует о наличии риска развития анемии, при сохранении показателей красной крови в пределах референтных норм.

Ключові слова:

метаболізм заліза, трансферрин, художня гімнастика.

iron status, serum iron, transferrin, rhythmic gymnastics.

метаболизм железа, трансферрин, художественная гимнастика.

Постановка проблеми. В організмі людини залізо має важливе значення в процесах забезпечення та утилізації енергії. Найбільш вагома його роль, як складової частини молекули гемоглобіна, полягає в транспорті кисню, в складі міоглобіна – в переносі та забезпеченні кисневих резервів у м'язах, в складі цитохромів дихального ланцюга – в процесах аеробного утворення енергії. Оскільки залізо є каталізатором реакцій оксигенування і гідроксилування, цей макроелемент бере участь в процесах проліферації тканин, імунному захисті, функціонуванні головного мозку [1, 2]. В зв'язку з такими різноманітними функціями, зміни обміну заліза у спортсменів мають безпосередні негативні наслідки у формуванні погіршення професійних можливостей [3]. Тому вивчення показників метаболізму заліза представляє особливий інтерес для медичної та спортивної практики, оскільки між рівнем забезпечення організму залізом та фізичною працездатністю встановлений прямий зв'язок [4-7]. Недооцінка значення профілактики, своєчасної діагностики і ефективної корекції порушень обміну заліза в спорті вищих досягнень може в кінцевому рахунку можуть перекреслити багаторічні зусилля спортсмена і тренерського складу [3, 8, 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фізичні тренування, як хронічна стресова ситуація, спричиняють суттєвий вплив на біохімічні процеси в організмі, що знаходить своє відображення в зміні констант внутрішнього середовища – контрольованих електролітів крові та інших мінеральних речовин (калій, кальцій, магній та ін.), які відіграють важливу роль в процесі м'язової діяльності [5, 10].

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

Залізо – найважливіший макроелемент, що приймає участь в процесах дихання, кровоутворення, імунобіологічних і окисно-відновних реакціях, входить до складу більш ніж 100 ферментів, є незамінною складовою частиною гемоглобіна і міоглобіна [5]. Також відома роль заліза в продукції трансмітерів, процесах синаптогенеза та мієлінізації [7]. За даними багатьох авторів, дефіцит заліза виникає під дією значних фізичних та психоемоційних навантажень, що призводить до розвитку тканинної і гемічної гіпоксії, пригнічення аеробного енергозабезпечення тканин, зниження фізичної працездатності, сповільнення відновлення організму спортсмена. Нестача заліза спостерігається і при нераціональному харчуванні, дисфункції органів шлунково-кишкового тракту [5, 7, 11, 12]. Вираженість втрат заліза залежить від потужності фізичних навантажень, особливостей м'язової діяльності, рівня потовиділення, стану здоров'я та індивідуальних типологічних особливостей організму спортсмена. Зниження концентрації заліза в організмі супроводжується також порушенням окисно-відновних процесів і метаболізму в еритроцитах, активізацією перекисного окислення ліпідів, зниженням імунітету [5].

Також сьогодні часто виявляється прихований (латентний) дефіцит заліза, який виникає внаслідок виснаження його транспортних та органних запасів за умов збереження показників червоної крові в межах фізіологічної норми [7, 13]. При негативному балансі обміну заліза спочатку використовується залізо з депо (латентний дефіцит), потім виникає тканинний дефіцит заліза, що проявляється порушенням ферментативної активності та дихальної функції у тканинах, і тільки пізніше розвивається картина залізодефіцитної анемії [7, 14].

З самого початку виникнення залізодефіцитних станів відзначається пригнічення аеробного енергоутворення в тканинах, що посилюється гемічною гіпоксією. Недостатнє енергозабезпечення організму супроводжується порушенням адаптації до екстремальних навантажень кардіореспіраторної і центральної нервової систем, розвитком імунодефіцитних станів [3]. Як наслідок, знижується фізична працездатність, тонує скелетної мускулатури, збільшується частота серцевих скорочень, обмежуються можливості оперативного відновлення [4]. Дефіцит заліза без проявів анемії, який досить часто зустрічається у спортсменів, також може мати подібні наслідки [15]. Такий комплекс фізіологічних змін в змозі різко обмежити професійні можливості атлетів і можливість досягнення ними високих спортивних результатів.

На сьогодні також доведено, що тривалість відновних процесів після тренувальних і, особливо змагальних навантажень, характеризуються нерівномірністю, гетерохронністю, фазовим характером відновлення працездатності [16, 17], що утруднює раціональне планування учбово-тренувального процесу спортсменів після багатоденних змагань та потребує індивідуального комплексного медико-біологічного обстеження атлетів з урахуванням діагностики залізодефіцитних станів.

Робота виконувалась у рамках НДР: «Технологія стимуляції фізичної працездатності та профілактики перенапруження серцево-судинної системи спортсменів за допомогою нетоксичних ергогенних засобів»; державний реєстраційний номер теми 0116U002572.

Мета досліджень – формування алгоритму контролю переносимості змагальних навантажень на основі визначення показників обміну заліза крові жінок-спортсменок.

Методи та організація досліджень. В дослідженнях приймали участь 15 кваліфікованих спортсменок – членів збірної команди України з художньої гімнастики, з яких 3 спортсменки з кваліфікацією «ЗМСУ» і «МСМК», 8 – з кваліфікацією «МСУ», 4 – з кваліфікацією «КМС»; середній вік $18,6 \pm 2,5$ років. Дослідження проведені через 7 днів після закінчення чемпіонату України з художньої гімнастики.

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

Для дослідження показників обміну заліза та параметрів еритроцитарної ланки кров для досліджень брали ранком натщесерце з ліктьової вени в стані відносного м'язового спокою без попереднього фізичного навантаження, поза менструальною фазою циклу. На момент обстежень спортсменки були здорові і не пред'являли суб'єктивних скарг. Вивчення показників загального аналізу крові (еритроцити, гемоглобін, гематокрит, середній об'єм еритроцитів, еритроцитарні індекси – середній вміст гемоглобіна в еритроциті, середня концентрація гемоглобіна в еритроциті, анізоцитоз) проводили за допомогою автоматичного аналізатора «ERMA-210» (ERMA, Японія). В сироватці крові визначали показники, що характеризують метаболізм заліза в організмі, а саме: концентрацію заліза, трансферрина, загальну залізов'язуючу здатність сироватки (ЗЗС) за допомогою полуавтоматичного біохімічного аналізатора «HUMALYZER 3000» (Human Ltd., Німеччина) з використанням аутентичних стандартних діагностичних і контрольних матеріалів. Ступінь насичення сироватки крові залізом визначали за формулою: концентрація заліза сироватки / ЗЗС x 100 % [18].

Для оцінки достовірності різниці при статистичному аналізі за допомогою пакетів прикладних програм «GraphPadInStat» (США) було використано непараметричний F-критерій Фішера.

Результати дослідження та їх обговорення. Вивчення параметрів червоної крові показали, що у більшості гімнасток (73,3 % – I група) вказані показники знаходились в межах фізіологічної норми (табл. 1). Лише у чотирьох спортсменок (II група) значення гемоглобіну, гематокриту та середнього об'єму еритроцитів знаходились за нижньою межею референтних значень, що свідчило про можливі ознаки функціональної спортивної анемії [5, 19].

Таблиця 1

Показники червоної крові жінок-спортсменок у відновному періоді (M±m)

Показники	Групи спортсменок		Референтні значення
	I група	II група	
Еритроцити, 10^{12}л^{-1}	4,75±0,31	4,26±0,46*	3,86-5,03
Гемоглобін, $\text{г} \text{л}^{-1}$	140,73±11,73	113,75±6,39*	124,8-160,0
Гематокрит, %	36,79±2,56	31,15±1,98	38-50
Середній об'єм еритроцитів, фл	77,40±2,98	73,55±6,39	79-88
Абсолютна концентрація гемоглобіна в еритроциті, пг	29,40±1,19	26,87±2,26	24-32
Середня концентрація гемоглобіна в еритроциті, $\text{г} \text{дл}^{-1}$	37,95±1,07	36,48±0,51	30-38
Анізоцитоз, %	14,85±0,58	16,22±1,59	до 14

Примітка. * – різниця між показниками спортсменок I і II груп статистично достовірна ($p < 0,5$).

У гімнасток вивчались також показники обміну заліза, зокрема, концентрація заліза, трансферрину в сироватці крові, насичення сироватки залізом та ЗЗС. Останній показник відображає максимальне насичення сироватки залізом і дає змогу сформулювати оцінку кількості заліза, яке може бути зв'язане з білками в одному літрі крові [3, 18]. Ступінь насичення сироватки крові залізом часто називають ступенем насичення залізом трансферрина, однак, залізо сироватки, крім трансферринового, включає також «не зв'язане з трансферрином» (нетрансферринове), що складається з пулу низькомолекулярних комплексів (лабільного) заліза та заліза у складі ферритину. До того ж, при насиченні плазми чи сироватки крові залізом можливе неспецифічне його зв'язування як з трансферрином, так і з іншими білками, зокрема з альбуміном [18, 20]. Трансферрин є

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

глікопротеїном з молекулярною масою біля 80 кД, С- і N- термінальні домени якого специфічно зв'язують по одному атому заліза. Головна його функція – транспорт іонів заліза в клітини, в крові – до мембран ретикулоцитів, де залізо поглинається шляхом рецептор-опосередкованого ендоцитозу, вивільняється зі складу трансферрина та використовується в синтезі гемоглобіна, міоглобіна та інших гемових білків в мітохондріях [1, 2, 20].

Вивчення зазначених показників у спортсменок II групи показало, що у двох гімнасток, у яких рівень гемоглобіна був меншим за $115,0 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, гематокрит – менше 30,0 % і спостерігався знижений середній об'єм еритроцитів, концентрація заліза сироватки крові також була нижче граничного референтного значення, що свідчило про ознаки мікроцитарної гіпохромної анемії та вимагало негайної фармакологічної корекції [7, 17]. У всіх спортсменок II групи рівень трансферрину значно перевищував референтне значення; водночас спостерігався високий показник ЗЗС, а у трьох з чотирьох спортсменок цієї групи відмічався низький відсоток насичення сироватки залізом (табл. 2).

Таблиця 2

Показники обміну заліза у жінок-спортсменок у відновному періоді ($M \pm m$)

Показники	Групи спортсменів		Референтні значення
	I група	II група	
Залізо сироватки, $\text{мкмоль} \cdot \text{л}^{-1}$	$13,50 \pm 9,0$	$10,98 \pm 7,44$	6,6-26,0
Загальна залізов'язуюча активність сироватки, $\text{мкмоль} \cdot \text{л}^{-1}$	$70,94 \pm 13,29$	$79,3 \pm 4,37$	53,2-71,0
Ступінь насичення сироватки залізом, %	$20,86 \pm 17,46$	$15,8 \pm 11,63$	20-55
Трансферрин, $\text{мг} \cdot \text{дл}^{-1}$	459,90 (374,7: 615,2)	519,75 (414,6: 597,2)	170-340

У спортсменок I групи також відмічався низький відсоток насичення сироватки крові залізом (у 81,8 % випадків нижче референтного значення) та висока концентрація трансферрину (у 90,9 % випадків вище референтного значення), хоча показники червоної крові та концентрація заліза знаходились в межах фізіологічної спортивної норми (див. табл. 2). Залізов'язуюча здатність сироватки у спортсменок цієї групи перевищувала норму в 45,5 % випадків.

Відомо, що ЗЗС зростає паралельно з вичерпанням запасів заліза в організмі (за відсутності запалення та хвороб печінки). Підвищення ЗЗС крові вище рівня $72 \text{ мкмоль} \cdot \text{л}^{-1}$ вважають ознакою дефіциту заліза, а підвищення концентрації трансферрину в плазмі (сироватці) крові є достовірним тестом підтвердження діагнозу залізодефіцитної анемії [20].

Небезпека розвитку залізодефіцитних станів у представниць складнокоординаційних видів спорту, які активно тренуються, досить велика. Це обумовлено значними фізичними та нервово-емоційними навантаженнями, оскільки значно зростають природні втрати заліза з організму через шлунково-кишковий тракт, нирки, і особливо через шкіру з потом, а також зростає адаптивний синтез залізовмістних білків – гемоглобіна, міоглобіна, цитохромів, залізолежних дегідрогеназ. Мікротравми при спортивній діяльності та посилене виведення заліза з калом після тренувань також приводять до збільшення майже в два рази потреб в залізі у спортсменів порівнянно з фізично малоактивними особами [5, 11]. Жінки потенційно більшою мірою мають ризик виникнення залізодефіциту через втрати заліза під час менструації, а також через низьке його споживання. Так, у юних гімнасток споживання заліза знаходиться на рівні, меншим за рекомендовані норми; відповідно, залізодефіцитний стан у них виникає не лише через вплив фізіологічних факторів [6, 15].

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

Згідно даних літератури, у представників циклічних та ігрових видів спорту середній рівень додаткових «професійних» втрат заліза становить 0,5-1,5 мг за добу, а на піку навантажень та у змагальний період, незважаючи на часто прихований характер, може досягати 6-11 мг за добу [3], що вказує на необхідність контролю таких показників саме в змагальний період річного макроциклу.

Відомо, що змагальна діяльність викликає в організмі максимальне напруження функціональних систем, в тому числі і систем кисневого забезпечення організму [21]. Хоча в наших дослідженнях у переважній більшості спортсменок не відмічено зниження концентрації заліза, однак відомо, що спочатку зменшуються запаси заліза в органах депо: печінці, селезінці, кістковому мозку. На цій стадії відбувається компенсаторне посилення всмоктування заліза в кишківнику і підвищення рівня мукозного (синтезується в печінці і виділяється з жовчю) і плазмового трансферрина. Змін вмісту сироваткового заліза при цьому не відмічається, ознак анемії немає, показники червоної крові коливаються в межах фізіологічної норми, проте в подальшому виснажені депо заліза вже не здатні забезпечити еритропоетичну функцію кісткового мозку. В зв'язку з цим, не дивлячись на високий рівень трансферрину, може значно знижуватися вміст заліза в крові, синтез гемоглобіну, викликаючи наступні тканинні порушення [7, 18], обумовлені неадекватною кисень-транспортною функцією крові. Зміни саме такого типу й були встановлені в нашому дослідженні, які сповільняють протікання відновних процесів, будуть сприяти зниженню працездатності спортсменок, збільшувати ризик розвитку патологічних процесів.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що при збереженні показників гемограми та концентрації заліза сироватки крові спортсменок в межах фізіологічної норми, відмічаються зміни концентрації трансферрина та залізо зв'язуючих властивостей сироватки, що вказує на порушення гомеостазу заліза в організмі, потребує контролю та відповідної корекції.

Висновки.

1. У спортсменок, які спеціалізуються в художній гімнастиці, у відновному періоді річного макроциклу при збереженні показників червоної крові в межах референтних норм, відмічається висока концентрація трансферрину в сироватці крові та зниження ступеня насичення сироватки залізом, що збільшує ризик розвитку анемії та потребує регулярного контролю.

2. Показники, які характеризують метаболізм заліза в організмі, повинні бути включені в перелік біохімічних параметрів контролю за переносимістю змагальних навантажень та відновних процесів під час підготовки представниць складнокоординаційних видів спорту, які часто вимушені обмежувати загальну калорійність та насиченість раціону необхідними нутрієнтами з метою запобігання збільшення маси тіла.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні показників, які характеризують обмін заліза, їхнього діагностичного та прогностичного значення у представників різних видів спорту на різних етапах тренувального процесу.

Література:

1. Gomme P. Transferrin: structure, function and potential therapeutic actions / P. Gomme, K. McCann, J. Bertolini // *Drug. Discov. Today* – 2005. – Vol. 10(4). – P. 267-273.
2. Winter W.E. The molecular biology of human iron metabolism / W.E. Winter, L.A. Bazydlo, N.S. Harris // *Lab. Med.* – 2014. – Vol. 54(2). – P. 92-102
3. Дурманов Н.Д. Диагностика и коррекция нарушений обмена железа в спорте высших. Методические рекомендации для врачей клубов / Н.Д. Дурманов, А.С. Филимонов. – Москва, 2010. – 84 с.

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

4. Ahmadi A. Iron status in female athletes participating in team ball-sports / A. Ahmadi, N. Enayatzadeh, M. Akbarzadeh et al. // *Pak. J. Biol. Sci.* – 2010. – Vol. 15; №13(2). – P. 93-96.
5. Кочеткова Н.И. Железо крови: диагностическое и прогностическое значение в мониторинге функционального состояния высококвалифицированных спортсменок / Н.И. Кочеткова, Н.К. Цепкова, Ф.А. Иорданская и др. // *Вестник спортивной науки.* – 2012. – Вып. 4(4). – С. 27-34.
6. Шахлина Л.Я.-Г. Железодефицитные состояния у женщин в практике спорта высших достижений / Л.Я.-Г. Шахлина, Ю.Л. Вовчаныця, Т.А. Терещенко // *Спортивна медицина* – 2013. – № 2. – С. 27-33.
7. Clening G. Iron deficiency in sports – definition, influence on performance and therapy / G. Clenin, M. Cordes, A. Huber et al. // *Swiss Med. Wkly.* – 2015. – 145. – w14196.
8. Peeling P. Athletic induced iron deficiency new insights into the role of inflammation, cytokines and hormones / P. Peeling, B. Dawson, C. Goodman et al. // *Eur. J. Apply Physiol.* – 2008. – Vol. 103(4). – P. 381-391.
9. Brumitt J. Comprehensive sport medicine treatment of an athlete who runs cross-country and is iron deficient / J. Brumitt, L. McIntosh, R. Rutt // *N. Am. J. Sports Phys. Ther.* – 2009. – Vol. 4(1). – P. 13-20.
10. Гаврилова Е.А. Стрессорные иммунодефициты у спортсменов / Е.А. Гаврилова. – М.: Сов. спорт, 2019. – 192 с.
11. Rodenberg R. Iron as ergogenic aid: ironclad evidence? / R. Rodenberg, S. Gustafson // *Curr. Sports Med. Rep.* – 2007. – Vol. 6(4). – P. 258-264.
12. Aursperger I. Exercise-induced changes in iron status and hepcidin response in female runners / I. Aursperger, B. Skof, B. Leskosek et al. // *PLoS One* – 2013. – Vol. 8(3). – e 58090. doi: 10.1371/journal.pone.0058090. Epub 2013 Mar 5.
13. Макарова Г.А. Лабораторные показатели в практике спортивного врача / Г.А. Макарова, Ю.А. Холявко. – М.: Сов. спорт, 2006 – 200 с.
14. Вдовенко Н.В. Практичні рекомендації щодо профілактики та корекції дефіциту заліза в організмі спортсменів / Н.В. Вдовенко, А.М. Іванова, Є.О. Лошкарьова // *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту.* – 2015. – №1. – С. 12-16.
15. Portal S. Iron deficiency and anemia in female athletes – causes and risks / S. Portal, M. Epstein, G. Dubnov // *Narefuah.* – 2003. – Vol. 142(10). – 698-703, 717.
16. Солодков А.С. Физиология спорта: Учебное пособие / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб – СПбГАФК им. П.Ф. Лесгафта. СПб., 1999. – 231 с.
17. Спортивная медицина: национальное руководство / под ред. С.П. Миронова, Б.А. Поляева, Г.А. Макаровой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 1184 с.
18. Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам диагностики / А.А. Кишкун. – ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 779с.
19. Гуніна Л.М. Деякі аспекти механізмів виникнення та корекції функціональної анемії спортсменів // Л.М. Гуніна, В.І. Шейко, Р.В. Головащенко, В.К. Сладкевич та ін. // *Вісник Чернігівського нац. ун-ту ім. Т.Г. Шевченка.* – 2015. – Вып. 129, Т. 1. – С. 61–78.
20. Михайлик О.М. Показники обміну негемового заліза в організмі здорових дорослих людей / О.М. Михайлик, Н.О. Дудченко, І.П. Лубянова // *Современные проблемы токсикологии.* – 2002. - №1. – С. 83-94.
21. Серединцева Н.В. Влияние продуктов пчеловодства на показатели кислородтранспортной функции крови / Н.В. Серединцева // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.* – 2012. – Вып. 8, Т. 90. – С. 76-80.