

КРИТЕРІЇ АДЕКВАТНОСТІ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА ПОКАЗНИКАМИ КРОВІ

Зоряна Коритко¹, Людмила Русин², Галина Чорненька¹, Василь Західний¹,
Едуард Кулітка¹, Василь Матвій¹

¹Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, Львів, Україна, korytko@ukr.net;

²Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна

<https://doi.org/10.29038/2220-7481-2021-04-43-51>

Анотація

Актуальність. Відомо, що фізичні навантаження (ФН) виявляють позитивний вплив на організм лише за умови їх адекватності за обсягом та інтенсивністю до функціональних можливостей організму. На сьогодні актуальною проблемою залишається пошук критеріїв, за якими можна було б дозувати ФН у спорті, фізичному вихованні та під час реабілітаційних утручань у пацієнтів; відслідковувати їх величину й ефективність. **Мета статті** – з'ясувати критерії адекватності ФН за показниками крові на моделі з граничними ФН. **Методи досліджень.** Досліджено реакцію на граничні ФН спортсменів високої (ВК) і низької кваліфікації (НК) для з'ясування маркерних показників крові, за якими спортсмени ВК та НК відрізняються. Проаналізовано зміни показників гемограми, кількості тромбоцитів і співвідношення популяцій лейкоцитів за величиною адаптаційного індексу й лейкоцитарного індексу інтоксикації. Проведено статистичну обробку результатів, виявлено кореляційні зв'язки. **Результати роботи.** Установлено, що індикатором адекватності адаптаційно-компенсаторних реакцій можуть слугувати параметри лейкоцитарного паростка крові (збільшення кількості лейкоцитів, збільшення кількості лімфоцитів і нейтрофілів, зокрема зростання кількості паличкоядерних нейтрофілів), а також величина адаптаційного індексу та лейкоцитарного індексу інтоксикації. Водночас на основі факторного аналізу встановлено, що найбільш точними маркерами адекватності реакції організму на впливи екстремальних навантажень виявилися такі показники гемограми, як концентрація гемоглобіну (Hb), величина швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ), кількість лейкоцитів і сегментоядерних нейтрофілів, а також величина лейкоцитарного індексу інтоксикації (ЛІІ).

Ключові слова: фізичні навантаження, рухова активність, дозування, контроль, гемограма, здоров'я.

Зоряна Коритко, Людмила Русин, Галина Чорненькая, Василий Західний, Едуард Кулітка, Василь Матвій. Критерии адекватности физических нагрузок за показателями крови. **Актуальность.** Известно, что физические нагрузки (ФН) оказывают положительное влияние на организм только при их адекватности по объему и интенсивности к функциональным возможностям организма. Сегодня актуальной проблемой остается поиск критериев, по которым можно было бы дозировать ФН в спорте, физическом воспитании и во время реабилитационных вмешательств у пациентов; отслеживать их величину и эффективность. **Цель статьи** – выяснить критерии адекватности ФН по показателям крови на модели с предельными ФН. **Методы исследований.** Изучена реакция на предельные ФН спортсменов высокой (ВК) и низкой квалификации (НК) для выяснения маркерных показателей крови, по которым спортсмены ВК и НК отличаются. Проанализированы изменения показателей гемограммы, количества тромбоцитов и соотношения популяций лейкоцитов по величине адаптационного индекса и лейкоцитарного индекса интоксикации. Проведена статистическая обработка результатов, выявлены корреляционные связи. **Результаты работы.** Установлено, что индикатором адекватности адаптационно-компенсаторных реакций могут служить параметры лейкоцитарного ростка крови (увеличение количества лейкоцитов, увеличение количества лимфоцитов и нейтрофилов, в частности рост количества палочкоядерных нейтрофилов), а также величина адаптационного индекса и лейкоцитарного индекса интоксикации. Вместе с тем, на основе факторного анализа установлено, что наиболее точными маркерами адекватности реакции организма на воздействия экстремальных нагрузок оказались следующие показатели гемограммы: концентрация гемоглобина (Hb), величина скорости оседания эритроцитов (СОЭ), количество лейкоцитов и сегментоядерных нейтрофилов, а также величина лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛІІ).

Ключевые слова: физические нагрузки, двигательная активность, дозировка, контроль, гемограмма, здоровье.

Zoriana Korytko, Liudmyla Rusyn, Halyna Chornenka, Vasyl Zakhidnyi, Eduard Kulitka, Vasyl Matviiv. Criteria of Physical Activity Adequacy by Blood Indices. **Topicality.** It is known that physical activity (PhA) has a positive effect on the body only if they are adequate in volume and intensity to the functional capabilities of the body.

Finding criteria by which one could dose PhA in sports, physical education and rehabilitation and monitor their size and effectiveness is currently a challenging issue. **The Purpose of the Research** is to find out the criteria for the adequacy of PhA by blood indices for the model with extreme PhA. **Methods of the Research.** The reaction of athletes of high qualification (HQ) and low qualification (LQ) in the conditions of extreme physical activity was studied to determine the markers of blood, according to which athletes HQ and LQ differ. Changes in hemogram parameters, platelet count and the ratio of leukocyte populations by the value of the adaptation index and leukocyte intoxication index were analyzed. Statistical processing of results was carried out, correlations were revealed. **Results of the Research.** It was found that changes in leukocyte parameters (increase in the number of leukocytes, lymphocytes and neutrophils, including the number of band neutrophils), as well as the value of adaptation index and leukocyte intoxication index may be an indicator of adequacy of adaptive-compensatory responses. However, based on factor analysis, it was determined that the most accurate markers of the adequacy of the body's response to the effects of extreme loads were the following hemogram parameters: hemoglobin (Hb), erythrocyte sedimentation rate (ESR), leukocytes and segmental neutrophils and leukocyte intoxication index (LI).

Key words: physical activity, motor activity, dosage, control, hemogram, health.

Вступ. Відомо, що фізичні навантаження (ФН) загалом позитивно впливають на організм людини й зменшують рівень захворюваності та смертності, зокрема знижують ризик раптової смерті від серцево-судинної патології [13; 25]. Водночас ФН чинять позитивний вплив на організм лише за умови їх адекватності за обсягом та інтенсивністю до функціональних можливостей організму [10], оскільки навантаження занадто великої інтенсивності можуть призводити до зриву адаптації, стану перетреновання [21] й виникнення передпатологічних чи патологічних станів та прогресування захворювання в людей зі зниженим рівнем здоров'я [8; 10; 15].

На сьогодні численні публікації стосуються способів дозування величини фізичних навантажень під час різних видів діяльності [11; 13; 23; 25]. Педагоги у фізичному вихованні також наголошують, що критерієм оптимальної норми рухової активності є здатність усіх систем організму адекватно реагувати на ФН. Попри те, що розуміння фахівцями того, що порушення гомеостазу у випадку неадекватних реакцій призводить до погіршення стану здоров'я, пошук критеріїв адекватності у фізичному вихованні ведеться лише за обліком тривалості й інтенсивності ФН без урахування функціональних змін організму [12].

Оскільки при адаптації людини до ФН виникають зміни у функціонуванні різних органів і систем організму, то задля виявлення критеріїв адекватності величини цих навантажень до функціональних можливостей організму ведеться постійний пошук маркерів за показниками різних систем, які б сигналізували про належний їх обсяг. У літературі наявні дані про маркери адаптації організму до ФН за різноманітними параметрами: показниками біохімічних змін [3; 24]; характером гемодинамічних реакцій і регуляції серцевої діяльності, у тому числі й за показниками центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму [7, 23]; показниками енергетичного обміну й метаболізму [6; 9; 11]; станом еритроцитів та лейкоцитів й іншими показниками крові [1; 22].

Особливу увагу привертають зміни гематологічних параметрів, які виникають в організмі за систематичних занять фізичними вправами, бо відомо, що зміни в крові достатньо точно віддзеркалюють рівень здоров'я, сигнализують про прогресування хвороби чи одужання пацієнта, а також про схильність до різних захворювань [2; 26].

Оскільки характеристика морфофункціонального стану периферичної ланки системи крові, зокрема лейкоцитів, співвідношення яких переважно залежить від впливу нейрогуморальних факторів, що відповідають за адаптацію організму, може слугувати універсальним індикатором порушень гомеостазу організму [1; 22]. Відтак постала необхідність виокремити композицію гематологічних параметрів, які б найбільш точно сигналізували про ефект впливу ФН на фізичний стан і працездатність спортсменів, здоров'я людей різного віку та статі в процесі фізичного виховання й у хворих у процесі реабілітації.

На нашу думку, пошук критеріїв адекватності ФН до функціональних можливостей організму за показниками різних систем є можливим за порівняння розгортання адаптаційно-компенсаторних реакцій за умов граничної фізичної роботи «до відмови» в спортсменів, досконало адаптованих до фізичних перевантажень (високої кваліфікації – ВК) та менш адаптованих (низької кваліфікації – НК) із маркуванням параметрів, які по-різному змінюються в них за умов граничних ФН і вказують на напруження механізмів адаптації [8; 10].

Мета дослідження – з'ясувати критерії адекватності фізичних навантажень за показниками гемограми на моделі з граничними фізичними навантаженнями.

Матеріал і методи дослідження. Граничні ФН моделювали з використанням велоергометричного ступеневозростаючого тесту Конконі [17]. У стані спокою після виконання ФН і через 30 хв відновлення досліджували реакцію показників загального клінічного аналізу крові (ЗАК) із підрахунком кількості тромбоцитів у спортсменів із різним ступенем адаптації до ФН (високої та низької кваліфікації). Досліджено 30 бігунів-спринтерів віком 18–20 років чоловічої статі, ВК (I розряд – МС, n=15) і НК (II-III розряд, n=15). У всіх досліджених отримано інформовану згоду.

Показники гемограми отримані за допомогою неівазивного методу діагностики для визначення формули крові й біохімічних регуляторних показників метаболізму та кровообігу Малихіна-Пулавського з використанням АПК і програми «Успіх» (прилад та метод вимірювання запатентовані декількома патентами й дозволені до продажу в Україні та багатьох інших країнах) [14].

Проаналізовані показники ЗАК: кількість еритроцитів (млн/мкл), кількість лейкоцитів (тис./мкл), концентрація гемоглобіну (Hb, г/л), колірного показника (КП), швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ, мм/год), а також кількість тромбоцитів (тис./мкл). Вивчені зміни лейкоцитарної формули й проаналізовані співвідношення окремих субпопуляцій лейкоцитів, зокрема величина лейкоцитарного індексу (ЛІ), за котрим характеризують різні ступені адаптації організму до ФН, за Л. Х. Гаркаві, через що його ще називають адаптаційним індексом (АІ) [2].

Згідно з дослідженнями Л. Х. Гаркаві та співавт., в організмі людини у відповідь на різні за силою фізіологічні й патологічні подразники розвиваються різні типи адаптаційних реакцій, які можна оцінити за величиною АІ: 0,3 і < – стрес; 0,31–0,5 – орієнтування; 0,51–0,7 – спокійна адаптація; 0,71–0,9 – переактивація; 0,9 і > – підвищена активація.

Обчислювався також лейкоцитарний індекс інтоксикації (ЛІІ) Кальф-Каліфа, що характеризує ступінь запалення, деструкції, інтоксикації [22].

Дані статистично опрацьовано з використанням пакета статистичних програм Excel і SPSS 11,5 із визначенням значущості різниці за критеріями Вілкоксона та Мана-Уїтні, а також із виявленням зв'язків із допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона й факторного аналізу.

Результати дослідження. Усі показники гемограми, які досліджувалися, а також кількість тромбоцитів на вихідному рівні (у стані спокою) у спортсменів НК і ВК не відрізнялися між собою ($p > 0,05$) та були в межах норми референтних значень для здорових людей.

У стані спокою у всіх спортсменів тип адаптаційної реакції за величиною АІ ($0,61 \pm 0,02$ – у спортсменів НК і $0,55 \pm 0,01$ – у ВК) визначався як «спокійна адаптація», що характеризується високою резистентністю й високим адаптаційним потенціалом спортсменів. Не відрізнялася на вихідному етапі обстежень також і величина ЛІІ від показників здорових людей ($p > 0,05$).

Водночас зміни вищезазначених показників в обстежуваних обох груп у трьох станах продемонстрували різновекторність змін у системі крові в спортсменів ВК і НК (рис. 1–4), котра відображала різні шляхи адаптації їхнього організму під впливом регулярних ФН і дала змогу виокремити маркерні показники адекватності реакції на ФН.

Потрібно відзначити, що після ФН «до відмови» в спортсменів НК спостерігали лише тенденцію до зменшення кількості еритроцитів і гемоглобіну ($p > 0,05$), а в бігунів ВК простежено різке зниження кількості еритроцитів (на 19,2 %, $p < 0,01$), що, очевидно, пов'язано з тим, що спортсмени ВК виконали більше за обсягом ФН «до відмови», а еритроцити чутливо реагують на надмірні ФН. Це підтверджується тим, що показники червоного паростка крові продовжували знижуватися під час відновлення. На 30 хв відновлення й у спортсменів НК, й у ВК кількість еритроцитів виявилася суттєво зниженою ($4,93 \pm 0,24 \times 10^{12}/\text{мкл}$ у НК (на 18,5 %) і $4,13 \pm 0,18 \times 10^{12}/\text{мкл}$ у ВК (на 16,8 %), $p < 0,01$).

Показники лейкоцитарного паростка особливо чутливо реагували на граничні ФН, але реакція мала іншу тенденцію, ніж параметрів еритроїдного паростка, оскільки чисельність лейкоцитів та окремі субпопуляції лейкоцитів, на відміну від еритроцитів, зростали відносно величини спокою більшою мірою в спортсменів НК (рис. 1).

Кількість лейкоцитів у спортсменів НК після ФН зростала з $5,95 \pm 0,47 \times 10^9/\text{мкл}$ у стані спокою до $12,41 \pm 3,21 \times 10^9/\text{мкл}$ після ФН, тобто в понад два рази (на 108,6 %, $p < 0,001$), а у ВК – лише на 15,9 % ($p < 0,05$) ($9,53 \pm 2,17 \times 10^9/\text{мкл}$ – спокій і $11,05 \pm 3,3 \times 10^9/\text{мкл}$ – після ФН). Водночас у спортсменів НК у період відновлення кількість лейкоцитів проявляла тенденцію до зниження, а в представників ВК – продовжувала наростати та становила на 45 % вище від рівня спокою (зросла до $14,22 \pm 4,36 \times 10^9/\text{мкл}$, $p < 0,05$) (рис. 2), що також, очевидно, пояснювалося тим, що спортсмени високої кваліфікації виконали більше за обсягом ФН «до відмови».

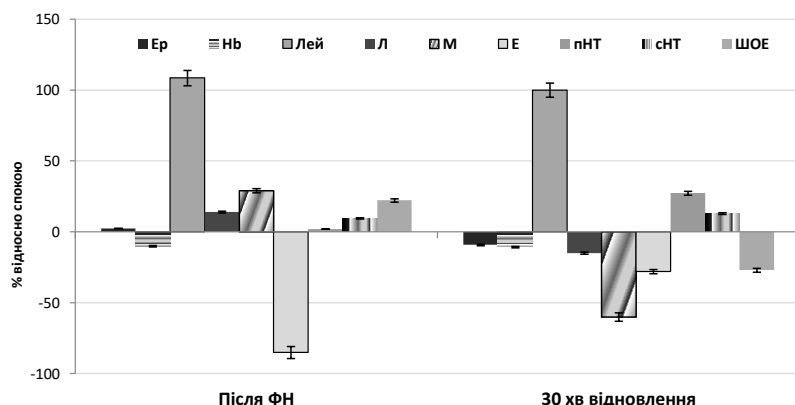


Рис. 1. Морфофункціональні зміни гемограми в спортсменів НК після ФН «до відмови» й на 30 хвилини відновлення

(Ер – еритроцити, Нв – гемоглобін, Лей – лейкоцити, Л – лімфоцити, М – моноцити, Е – еозинофіли, пНТ – паличкоядерні нейтрофіли, сНТ – сегментоядерні нейтрофіли, ШОЕ – швидкість осідання еритроцитів)

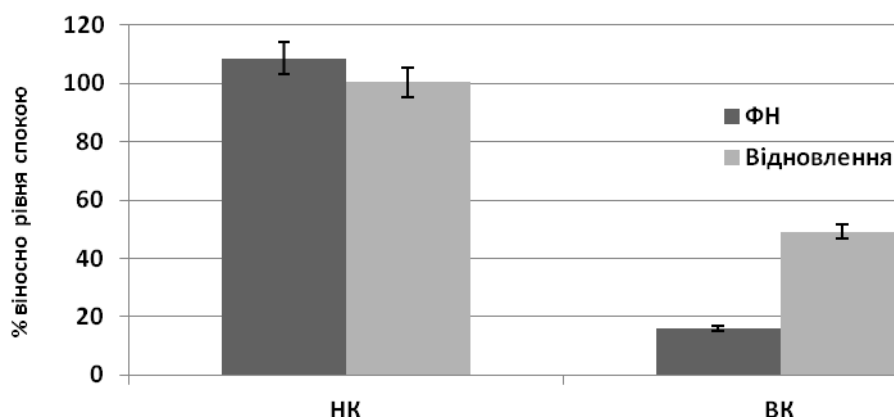


Рис. 2. Зміни кількості лейкоцитів у спортсменів НК і ВК після ФН «до відмови» і на 30 хв відновлення (%)

Коли в спортсменів ВК були менші зміни в кількості лейкоцитів відносно рівня спокою, то в них відбувалися значно глибші зміни в параметрах лейкограми (рис. 3).

У спортсменів НК суттєво знижувалася кількість лімфоцитів (на 5,5 %) ($p < 0,05$), а кількість еозинофілів – майже до нуля ($p < 0,01$). При цьому простежено тенденцію до наростання моноцитів і нейтрофілів ($p > 0,05$).

Під час відновлення (через 30 хв) у цих спортсменів кількість лейкоцитів далі продовжувала наростати ($p < 0,05$) із вираженим зсувом лейкограми вліво, оскільки різко зростала кількість паличкоядерних нейтрофілів (пНТ) (до $10,05 \pm 3,86\%$, $p < 0,05$).

Водночас усі інші популяції лейкоцитів відновлювалися до вихідного рівня, за винятком лімфоцитів, кількість яких далі продовжувала бути зниженою ($p < 0,05$) (рис. 3).

У спортсменів ВК зміни лейкограми у відсотках були ще більш виражені (рис. 3), що, очевидно, пов'язано з тим, що вони виконували граничне велоергометричне ФН значно вищої потужності. Кількість пНТ у спортсменів ВК зростала до $16,36 \pm 1,93\%$ після ФН і до $20,24 \pm 3,88\%$ – на 30 хв відновлення ($p < 0,001$).

Водночас потрібно відзначити високу толерантність спортсменів і ВК, і НК до граничного ФН, оскільки в них майже не змінювався адаптаційний індекс – АІ (ЛІ), що свідчить про адекватність

реакції організму до ФН. Адаптаційний індекс бігунів ВК був у межах реакції «спокійної адаптації» (AI = 0,51–0,7), а в бігунів НК реакція «спокійної адаптації» лише в період відновлення перейшла в реакцію «орієнтування» (AI = 0,31–0,5) (табл. 1).

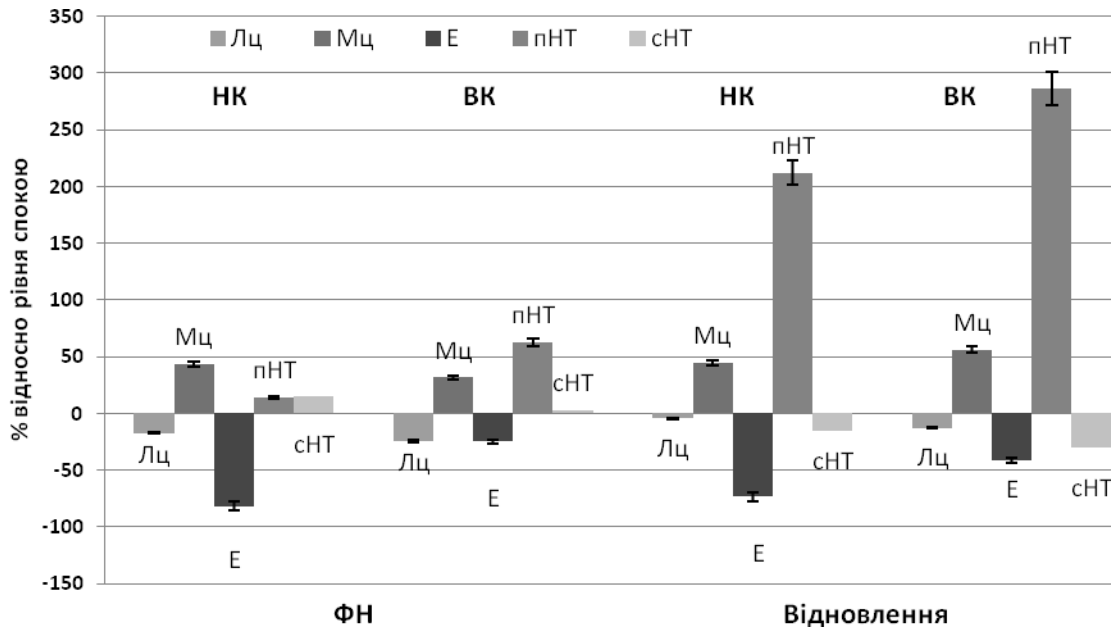


Рис. 3. Динаміка змін лейкограми в бігунів НК і ВК за умов граничного ФН: Лц – лімфоцити, Мц – моноцити, E – еозинофіли, пНТ – паличкоядерні нейтрофіли, сНТ – сегментоядерні нейтрофіли (%)

Таблиця 1

Зміни адаптаційного індексу та лейкоцитарного індексу інтоксикації в спортсменів НК і ВК за умов граничного ФН

	I розряд – МС			II-III розряд		
	до ФН	після ФН	30 хв відновлення	до ФН	після ФН	30 хв відновлення
AI	0,55 ± 0,01	0,61 ± 0,04	0,62 ± 0,04	0,61 ± 0,02	0,57 ± 0,09	0,4 ± 0,05**●●
ЛІІ	2,12 ± 0,01	2,57 ± 0,19	2,78 ± 0,2	2,18 ± 0,19	2,24 ± 0,28	3,6 ± 0,09**●●

Примітка. * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$ – вірогідність між спокоєм і станами всередині груп;
●● - $p < 0,05$; ●●● - $p < 0,01$ – вірогідність між станами ВК і НК.

Аналіз змін кількості тромбоцитів у спортсменів НК і ВК за умов граничних ФН засвідчив, що в спортсменів НК кількість тромбоцитів наростала на 125 % (на $137,9 \times 10^9/\text{мкл}$), $p < 0,01$), у той час, як у ВК – лише на 53 % і при тому, що спортсмени ВК виконали вище за обсягом ФН «до відмови» (рис. 4).

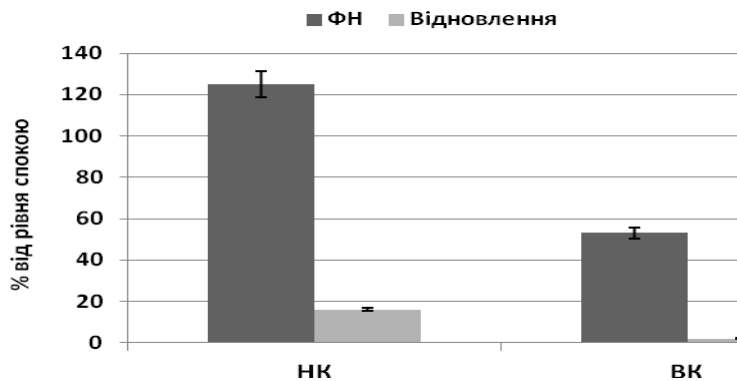


Рис. 4. Зміни кількості тромбоцитів у спортсменів НК і ВК після ФН «до відмови» і на 30 хв відновлення (%)

Дискусія. Отже, зміни лейкограми свідчили, що відразу після ФН у спортсменів НК простежено майже класичну другу фазу лейкоцитозу – I нейтрофільна, що узгоджується з даними літератури [8–10; 16]. Ця фаза настає в організмі внаслідок впливу значних ФН і характеризується збільшенням удвічі кількості лейкоцитів ($p < 0,05$), лімфоцитопенією ($p < 0,05$), але зі значним моноцитозом; падінням кількості еозинофілів практично до нуля ($p < 0,01$); зростанням кількості сегментоядерних нейтрофілів (сНТ) зі зсувом формули крові вліво, що характеризується суттєвим зростанням пНТ ($p < 0,05$).

Після навантаження в спортсменів ВК простежено виражену другу фазу лейкоцитозу з переходом у третю фазу – II нейтрофільну, яка характеризується лейкоцитозом ($p < 0,05$), що продовжує наростати, порівняно з I нейтрофільною фазою; лімфоцитопенією й значним моноцитозом ($p < 0,05$); падінням кількості еозинофілів, практично до нуля ($p < 0,05$); нейтрофілією та зсувом формули крові вліво (значне зростання кількості пНТ) ($p < 0,001$).

Адаптаційний індекс, який відображає співвідношення між лімфоцитами та сегментоядерними нейтрофілами, характеризує ще й стан імунної системи спортсменів, оскільки відображає взаємовідношення гуморальної та клітинної ланок імунітету [2; 8]. Надмірність величини ФН у спортсменів НК характеризувалася зниженням рівня АІ ($p < 0,05$), тобто зниженням специфічного імунітету й зростанням рівня неспецифічного імунітету, пов'язаного зі зростанням кількості нейтрофілів, котрі беруть участь у фагоцитозі, що підтверджується суттєвим зростанням рівня ЛПІ, величина якого свідчить про підвищення ступеня запалення, деструкції, інтоксикації [22].

Реакція бігунів НК на ФН «до відмови» свідчила про менш досконалі механізми регуляції системи крові в цих спортсменів, оскільки розбалансування у співвідношенні окремих показників гемоцитограми було глибшим, що свідчило про менш адекватну їх адаптацію до дії граничних навантажень.

Зростання кількості тромбоцитів більшою мірою в спортсменів НК свідчило про більш несприятливі зміни в системі, що характеризує коагуляцій гомеостаз, та узгоджується з дослідженнями інших авторів [15; 18].

Оскільки багатьма науковцями підвищена агрегація тромбоцитів і гіперкоагуляція, яка спостерігається в умовах високих фізичних та емоційних навантажень на фоні вираженої гіперадренергії, розглядається як патогенетичний механізм розвитку різноманітних функціонально-морфологічних зрушень в організмі [8; 23; 24], то був проведений факторний аналіз і встановлено найтісніші кореляційні зв'язки між кількістю тромбоцитів та показниками гемоцитограми.

На основі факторного аналізу встановлено, що кількість, тромбоцитів найбільше пов'язана з такими показниками гемограми: Нв – $r = 0,67$; ШОЄ – $r = 0,87$; кількістю лейкоцитів – $r = 0,74$; кількістю сегментоядерних нейтрофілів (сНТ) – $r = 0,72$ й лейкоцитарним індексом інтоксикації ЛПІ – $r = -0,584$.

Висновки. Отже, проведені дослідження продемонстрували, що в спортсменів вищої кваліфікації наявні досконаліші механізми регуляції адаптаційно-компенсаторних станів, про що свідчить висока толерантність спортсменів ВК до граничного ФН, оскільки в них майже не змінювався адаптаційний індекс – АІ (ЛП), що вказує на адекватність реакції організму до ФН, у той час, як у спортсменів НК знизився адаптаційний індекс і зміни окремих параметрів гемограми були суттєвіші.

Отже, індикатором адекватності адаптаційно-компенсаторних реакцій можуть слугувати параметри лейкоцитарного паростка крові (збільшення кількості лейкоцитів, збільшення абсолютної кількості лімфоцитів і нейтрофілів, зокрема зростання паличкоядерних нейтрофілів), а також величина адаптаційного індексу й лейкоцитарного індексу інтоксикації.

Водночас на основі факторного аналізу встановлено, що найбільш чутливі параметри гемограми, зміни яких можуть характеризувати адекватність адаптації до фізичних навантажень, – це концентрація гемоглобіну (Нв), величина ШОЄ, кількість лейкоцитів і сегментоядерних нейтрофілів, (сНТ) а також лейкоцитарний індекс інтоксикації (ЛПІ). Тому саме характер змін цих параметрів гемограми можна вважати найточнішими маркерами адекватності під час дозування фізичних навантажень.

Джерела та література

1. Акімова В. М. Адаптаційні зміни лейкоцитів периферичної крові при дії дозованого фізичного навантаження: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.13. Київ, 2007. 19 с.
2. Гаркави Л. Х., Квакина Е. Б., Уколова М. А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов-на Дону: Ростовский ун-т, 1979. 224 с.

3. Дорофеева О. Є. Біохімічні показники крові спортсменів високого класу як критерії адаптації до значних фізичних навантажень. *Фізіологічний журнал*. 2004. Т. 50, № 3. С. 65–70.
4. Євстратов П. І. Рівень здоров'я в залежності від рухової активності студентів. *Буковинський науковий вісник*. 2005. С. 209–211.
5. Иванов А. П., Гончаров И. Б., Репенкова Л. Г. Изменения реологических показателей крови и гемодинамики в условиях 14-суточной антиортостатической гипокинезии. *Космическая биологическая и авиационная медицина*. 1990. Т. 2, 4. С. 30–32.
6. Коритко З. І. Метаболічний аспект особливостей компенсаторно-приспосувальних процесів у легкоатлетів-бігунів різної кваліфікації за умов граничних фізичних навантажень. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2011. № 1. С. 57–61.
7. Коритко З. І. Особливості регуляторних механізмів серця у формуванні перехідних адаптаційно-компенсаторних станів за умов граничних фізичних навантажень. *Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія*. 2011. № 3. С. 66–72.
8. Коритко З. І. Роль коагуляційно-регенеративного механізму у формуванні перехідних адаптаційно-компенсаторних станів при граничних фізичних навантаженнях та їх корекція: автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 14.03.04. Луганськ, 2012. 41 с. URL: http://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/7763/1/korytko_z_i.PDF.
9. Коритко З. І. Функціонально-метаболічні аспекти формування перехідних адаптаційно-компенсаторних процесів за умов екстремальних впливів. *Кримський терапевтичний журнал*. 2013. № 2(21). С. 20–28.
10. Коритко З. Медико-біологічні основи рухової активності: навч. посіб. Львів: ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2020. 223 с. URL: <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/27946>.
11. Коритко З. І. Адаптаційні зміни кисневозалежного енергетичного обміну у бігунів різної кваліфікації за умов граничних фізичних навантажень. *Вісник проблем біології і медицини*. 2011. Вип. 3. Т. 1(87). С. 133–137.
12. Левандовська, Л. Основи та критерії оптимального нормування рухової активності школярів. *Реабілітаційні та фізкультурно-рекреаційні аспекти розвитку людини (Rehabilitation & Recreation)*. 2017, № 2. URL: <https://health.nuwm.edu.ua/index.php/rehabilitation/article/view/26>
13. Мазур В. А., Скавронський О. П. Вплив рухової активності на організм людини. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізичне виховання, спорт і здоров'я людини*. 2016. Вип. 9. С. 256–264. DOI: <https://doi.org/10.32626/2309-8082.2016-0.%p>
14. Малыхин А. В. и соавторы. Процесс неинвазивного определения показателей гомеостаза объекта биосреды: пат. Украины № 3546 А61В5/02; опубл. 15.11.2004. *Бюл.* № 4 с.
15. Мищенко В. П., Ерѣмина Е. Д. Физическая активность, гемостаз и здоровье. Полтава: АСМИ, 2004. 144 с.
16. Селье Г. Концепция стресса, как мы ее представляем в 1976 г. В кн.: *Новое о гормонах и механизме их действия*. Киев, 1977. С. 27–36.
17. Conconi F., Ferrari M., Ziglio P.G., Droghetti P., Codeca L.: Determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*. 1982. Vol. 52. P. 869–873.
18. Cooper J. A., Nagelkirk P. R., Coughlin A. M. [et al.]. Time Course of Fibrinolysis Following Maximal Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004. Vol. 36, Issue 5. P. 120–125.
19. Gunga H. C., Kirsch K., Beneke R. [et al.]. Markers of coagulation, fibrinolysis and angiogenesis after strenuous short-term exercise (Wingate-test) in male subjects of varying fitness levels. *International journal of sports medicine*. 2002. Vol. 23. Issue 7. P. 495–499.
20. Hilberg T., Glaser D., Reckhart C. [et al.]. Blood coagulation and fibrinolysis after long-duration treadmill exercise controlled by individual anaerobic threshold. *European journal of applied physiology*. 2003. Vol. 90. Issue 5. P. 639–642.
21. Elloumi, M., El Elj, N., Zaouali, M., Maso, F., Filaire, E., Tabka, Z., & Lac, G. IGFBP-3, a sensitive marker of physical training and overtraining. *British journal of sports medicine*. 2005. Vol. 39. Issue 9. P. 604–610. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.014183>
22. Korytko Z, Kulitka E., Chornenka H., Zachidnyy V. Use of integral hematological indices for diagnostics of athletes adaptive processes. *Journal of Physical Education and Sport*. 2019. Vol. 19, art 32. P. 214–218. <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/23475>.
23. Korytko, Z., Kulitka, E., Bas, O., Chornenka, H., Zahidnyy, V., & Yakubovskiy, T. Adequacy criteria of physical loadings and their use in sports, physical education, and physical rehabilitation. *Physical Education, Sport and Health Culture in Modern Society*. 2020. Vol. 2. Issue 50. P. 68–77. <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2020-02-68-77>.
24. Rietjens GJ, Kuipers H, Adam JJ [et. al.]. Physiological, biochemical and psychological markers of strenuous training-induced fatigue. *J Sports Med*. 2005. V. 26. P. 16–26. DOI: 10.1055/s-2004-817914.
25. Villeneuve, P. J., Morrison, H. I., Craig, C. L., & Schaubel, D. E. Physical activity, physical fitness, and risk of dying. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*. 1998. Vol. 9. Issue 6. P. 626–631.

26. Waltz, X. & Connes, P. Pathophysiology and physical activity in patients with sickle cell anemia. *Movement & Sport Sciences*. 2014. Vol. 83. P. 41–47. <https://doi.org/10.3917/sm.083.0041>.

References

1. Akimova, V. M. (2007). Adaptacijni zminy lejkocytiv peryferychnoyi krovi pry diyi dozovanogo fizychnogo navantazhennya: avtoref. dys.. kand. biol. nauk [Adaptive Changes of Peripheral Blood Leukocytes under the Action of Dosed Physical Activity: author's ref. dis .. cand. biol. Science]: 03.00.13. Kyiv, 19.
2. Harkavi, L. Kh., Kvakina, Ye. B., Ukolova, M. A. (1979) Adaptacionnye reakcii i rezistentnost` organizma [Adaptive Reactions and Body Resistance]. Rostov-na Donu: Rostovskij un-t, 224.
3. Dorofeyeva, O. Ye. (2004). Biohimichni pokaznyky krovi sportsmeniv vysokogo klasy yak kryteriyi adaptaciyi do znachnyx fizychnykh navantazhen` [Biochemical indicators of blood of high-class athletes as criteria for adaptation to significant physical activity]. *Fiziologichnyj zhurnal*, 50, 3, 65–70.
4. Yevstratov, P. I. (2005). Riven` zdorovya v zalezhnosti vid ruxovoyi aktyvnosti studentiv [The Level of Health Depending on the Physical Activity of Students]. *Bukovyns'kyi naukovyy visnyk*, 209–211.
5. Ivanov, A. P., Honcharov, Y. B., Repenkova, L. G. (1990). Yzmeneniya reologicheskyykh pokazatelej krovy y gemodynamiky v uslovyax 14-sutochnoj antyortostatycheskoj gypokynezyi [Changes in Rheological Parameters of Blood and Hemodynamics under Conditions of 14-day Antiorthostatic Hypokinesia]. *Kosm. by`ol. y avy`acz. Medycyna*, 2, 4, 30–32.
6. Korytko, Z. I. (2011). Metabolichny`j aspekt osoblyvostej kompensatorno-prystosovalnykh procesiv u legkoatletiv-biguniv riznoyi kvalifikaciyi za umov granychnykh fizychnykh navantazhen` [Metabolic Aspect of Compensatory-Adaptive Processes in Athletes-Runners of Different Qualifications under Conditions of Extreme Physical Activity]. *Zdobutky` klinichnoyi i eksperymental'noyi medycyny*, 1, 57–61.
7. Korytko, Z. I. (2011). Osoblyvosti regulatorynykh mexanizmiv sercyu u formuvanni perehidnykh adaptacijno-kompensatornykh staniv za umov granychnykh fizychnykh navantazhen` [Peculiarities of Cardiac Regulatory Mechanisms in the Formation of Transitional Adaptive-Compensatory States under Conditions of Extreme Physical Activity]. *Eksperymental'na ta klinichna fiziologiya i biohimiya*, 3, 66–72.
8. Korytko, Z. I. (2012). Rol` koagulyacijno-regeneracijnoho mehanizmu u formuvanni perehidnykh adaptacijno-kompensatornykh staniv pry grany`chnykh fizychnykh navantazhennyah ta yih korekciya: avtoref. dy`s. ...d-ra biol. nauk [The Role of Coagulation-Regeneration Mechanism in the Formation of Transitional Adaptive-Compensatory States at Extreme Physical Activity and their Correction: author's ref. dis. ... Dr. Biol. Science]: 14.03.04. Lugansk, 4. URL: http://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/7763/1/korytko_z_i.PDF.
9. Korytko, Z. I. (2013). Funkcional'no-metabolichni aspekty formuvannya perehidnykh adaptacijno-kompensatornykh procesiv za umov ekstremal'nyh vplyviv [Functional-Metabolic Aspects of Formation of Transitional Adaptive-Compensatory Processes under Conditions of Extreme Influences]. *Krymskyj terapevtychnyj zhurnal*, 2(21), 20–28.
10. Korytko, Z. (2020). Medyko-biologichni osnovy ruhovoyi aktyvnosti: navch. Posib [Medico-Biological Bases of Motor activity: textbook]. L`viv: LDUFK im. Ivana Bobers`kogo, 223. URL: <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/27946>.
11. Korytko Z. I. (2011). Adaptacijni zminy kysnevozalezhnogo energetychnogo obminu u biguniv riznoyi kvalifikaciyi za umov granychnykh fizychnykh navantazhen` [Adaptive Changes of Oxygen-Dependent Energy Metabolism in Runners of Different Qualifications under Conditions of Extreme Physical Activity]. *Visnyk problem biologiyi i medycyny*, 3, 1(87), 133–137.
12. Levandovska, L. (2017). Osnovy ta kryteriyi optimal'nogo normuvannya ruhovoyi aktyvnosti shkolyariv [Fundamentals and Criteria of Pptimal Rationing of Motor Activity of Schoolchildren]. *Reabilitacijni ta Fizkulturno-Rekreacijni aspekty rozvytku lyudyny (Rehabilitation & Camp; Recreation)*, 2. URL: <https://health.nuwm.edu.ua/index.php/rehabilitation/article/view/26>
13. Mazur, V. A., Skavronskiy, O. P. (2016). Vplyv ruhovoyi aktyvnosti na organizm lyudyny. Visnyk Kamyanec-Podil'skogo nacional'nogo universy`tetu imeni Ivana Ogiyenka. *Fizychnye vyhovannya, sport i zdorovya lyudyny*, 9, 256–264. DOI: <https://doi.org/10.32626/2309-8082.2016-0.%p>.
14. Malyhyn A. V. (2004). Process neynvazyvnogo opredeleniya pokazatelej gomeostaza objekta byosredy: pat. Ukrainy [The Process of Non-Invasive Determination of Homeostasis Indices of the Biological Environment Object: US Pat of Ukraine] 3546 A61V5/02; opubl. 15.11.2004. *Byul*, 4.
15. Mishhenko, V. P., Yeriomina E.D. (2004). Fyzycheskaya aktyvnost`, gemostaz y zdorovye [Physical Activity, Hemostasis and Health]. Poltava: ASMY, 144.
16. Sele, G. (1977). Koncepcyya stressa, kak my ee predstavlyаем v 1976 g. V kn.: Novoye o gormonah y mehani`zme yh dejstvyya [The Concept of Stress as We Present it in 1976. In the book: New about Hormones and their Mechanism of Action]. Kyiv, 27–36.
17. Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G., Droghetti, P., Codeca, L. (1982). Determination of the Anaerobic Threshold by a Non Invasive Field Test in Runners. *Journal of Applied Physiology*, 52, 869–873.
18. Cooper, J. A., Nagelkirk, P. R., Coughlin, A. M. (2004). Time Course of Fibrinolysis Following Maximal Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36, 5, 120–125.

19. Gunga, H. C., Kirsch, K., Beneke, R. (2002). Markers of Coagulation, Fibrinolysis and Angiogenesis after Strenuous Short-Term Exercise (Wingate-Test) in Male Subjects of Varying Fitness Levels. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 7, 495–499.
20. Hilberg, T., Glaser, D., Reckhart, C. (2003). Blood Coagulation and Fibrinolysis after Long-Duration Treadmill Exercise Controlled by Individual Anaerobic Threshold. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 5, 639–642.
21. Elloumi, M., El Eli, N., Zaouali, M., Maso, F., Filaire, E., Tabka, Z., Lac, G. (2005). IGFBP-3, a Sensitive Marker of Physical Training and Overtraining. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 9, 604–610. URL: <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.014183>
22. Korytko, Z., Kulitka, E., Chornenka, H., Zachidnyi, V. (2019). Use of Integral Hematological Indices for Diagnostics of Athletes Adaptive Processes. *Journal of Physical Education and Sport*, 19, 32, 214–218. URL: <http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/23475>.
23. Korytko, Z., Kulitka, E., Bas, O., Chornenka, H., Zahidnyi, V., Yakubovskiy, T. (2020). Adequacy Criteria of Physical Loadings and their Use in Sports, Physical Education, and Physical Rehabilitation. *Physical Education, Sport and Health Culture in Modern Society*, 2, 50, 68–77. URL: <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2020-02-68-77>.
24. Rietens G. J, Kuipers, H., Adam, J. J (2005). Physiological, Biochemical and Psychological Markers of Strenuous Training-Induced Fatigue. *J Sports Med*, 26, 16–26. DOI: 10.1055/s-2004-817914.
25. Villeneuve, P. J., Morrison, H. I., Craig, C. L., Schaubel, D. E. (1998). Physical Activity, Physical Fitness, and Risk of Dying. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 9, 6, 626–631.
26. Waltz, X., Connes, P. (2014). Pathophysiology and Physical Activity in Patients with Sickle Cell Anemia. *Movement & Sport Sciences*, 83, 41–47. URL: <https://doi.org/10.3917/sm.083.0041>.

Стаття надійшла до редакції 30.11.2021 р.