УДК [612.112 – 055/1 : 612.843.4] : 502.5

ВЕЛИЧИНА ЕНТРОПІЇ ЛЕЙКОЦИТАРНОЇ ФОРМУЛИ – ПОКАЗНИК АДАПТИВНОЇ НАПРУГИ ЗДОРОВИХ ЧОЛОВІКІВ, ЩО МЕШКАЮТЬ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Колісник Н.В., Омельянчик Л.О.
Запорізький національний університет

Исследовали показатели относительной энтропии лейкоцитарной формулы крови (ЕЛФК) у 408 трудоспособных мужчин г. Запорожья и возможность использования значения ЕЛФК для оценки степени адаптационного напряжения в популяции. Установлено, что ЕЛФК мужчин лежит в пределах от 39 до 75 %. У мужчин с ЕЛФК < 56 % напряжение адаптации в 2-3 выше, чем у мужчин с ЕЛФК в диапазоне 56 – 67 % во все сезоны года за исключением весны. Весной у мужчин с ЕЛФК< 56 и > 67 % имеет место срыв адаптации. Показатели напряжения адаптации отображают содержание информации в системе лейкоцитов.

Кровь, лейкоцитарная формула, сезоны года, мужчины, энтропия, информация, адаптация, корреляционная адаптометрия

ВСТУП

Здоров'я окремої людини і популяції в цілому в умовах сучасного промислового міста визначається їх здатністю до адаптації. Властивість адаптації живої системи – міра індивідуального здоров'я системи [5]. Серед багаточисельних підходів до оцінки адаптації перспективними є ті, які засновані на фундаментальних законах природи, інформативні, загальнодоступні, дозволяють здійснити експрес-діагностику станів передхвороби. Таким вимогам відповідає метод розрахунку ентропії біосистем К. Шенона [4–6]. З позицій теорії інформації і понять ентропії [1, 2, 12] для самозбереження біосистема вимушена функціонувати і взаємодіяти з довкіллям таким специфічним чином, аби рівень ентропії її структур, необхідних для життєдіяльності, не підвищувався, оскільки підвищення рівня ентропії вище за деякий поріг обумовлює дезорганізацію біосистеми.

Для визначення ентропії організму доцільно вибирати біосистему, яка відповідає вимогам параметра порядку, тобто біосистему, параметри якої відображають стан всіх гомеостатичних систем організму. Таким вимогам відповідає система лейкоцитів крові [2]. Це замкнута система відносно певної кількості складових її морфологічних форм. Різні варіації відсоткового вмісту окремих груп лейкоцитів, що не виходять за відповідні діапазони норми, самі по собі в клінічній практиці оцінюються як нормальна лейкоцитарна формула (ЛФ). Проте, зміна кількості інформації, що міститься в такій ЛФ, дозволяє виявити стан передхвороби у клінічно здорової особи (4, 6, 10]. Дані літератури відносно інформативності стану ентропії лейкоцитарної формули крові (ЕЛФК) свідчать про доцільність її використання лише в практично здорових осіб [4, 6, 10]. Доведено, що при багаторічному медичному огляді динаміка зміни ЕЛФК дозволяє виявити на ранніх етапах розвиток донозологічних станів у льотчиків [10], моряків [12], водолазів [4]. Даних про стан ЕЛФК у мешканців промислових регіонів нами не зустрічалось. Своєчасне виявлення стану передхвороби у робітників металургійних підприємств безумовно актуальна медико-соціальна проблема.

Викладене, а також сезонний характер захворюваності працездатних мешканців м. Запоріжжя, визначили мету нашого дослідження – охарактеризувати стан показників відносної ЕЛФК та вмісту інформації в ЛФ популяції практично здорових чоловіків, робітників металургійних підприємств міста в різні сезони року.

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об’єкт дослідження – мазки стабілізованої цитратом периферичної крові позаштатних донорів чоловіків, робітників металургійних підприємств м. Запоріжжя. Відповідно до вимог хронобіології [11], щомісячно протягом року та з повтором у вибіркові місяці двох наступних років) визначали ЛФ (408 осіб з середнім віком 34 ± 8 років). Відносну ентропію К. Шенона (Н) ЛФ крові (ЕЛФК) обчислювали відповідно [10] і формули, запропонованої нами [8], сумарну ентропію ЛФ кожної особи виражали у

відсотках, за 100% приймали максимальне значення ентропії ЛФ, яке дорівнює 2,58 біт ($\log_2 6$, де 6 – це кількість груп лейкоцитів у нормі).

Статистичний аналіз даних здійснювали з використанням пакету прикладних програм (ППП) SPSS, версія 13 та STATISTICA, версія 7 в ОС Windows XP. Розраховували значення ЕЛФК кожної особи, середньомісячні, середньосезонні та середньорічні значення досліджуваних груп, їхній 95% -вий довірчий інтервал (ДІ). Достовірність впливу сезону року на ЕЛФК виявляли за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) та апостеріорних множинних порівнянь – тест найменшої значимої різниці. Достовірність відмінностей показників у конкретному сезоні від середньорічної визначали за допомогою Т-тесту однієї вибірки. Достовірними вважали відмінності з $p<0,05$. Кореляційний аналіз здійснювали за Пірсоном. Ступень зкорельованости досліджуваних показників ЛФ визначали за допомогою ваги кореляційного графа як суму вагів його ребер за формулою $G = \sum |r_{i,j}| \le 0,05 |r_{i,j}|$ [9]. Ребро корелограми у нашому випадку – це відповідний сезон. Графічний аналіз даних здійснювали з використанням модуля “Стовпчикові помилки та «Пелюстки».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати описової статистики щомісячних значень ЕЛФК у досліджуваних груп відображено у таблиці 1.

Відповідно до [4, 10, 12], стану здоров’я відповідають значення ЕЛФК в діапазоні 56–67 %, значення ЕЛФК < 56 % та в діапазоні 68–75% свідчать про наявність стану передхвороби, тобто донозологічного стану; значення ЕЛФК > 75% свідчать про хворобу або некомпенсований стрес.

Відповідно до даних, що відображені у табл. 1, середньорічне значення ЕЛФК досліджуваних осіб відповідає нижній межі нормального діапазону. Звертає увагу те, що у лютому спостерігається максимальне значення ЕЛФК, а у серпні та грудні – мінімальне (табл. 1). Аналіз мінімальних та максимальних значень ЕЛФК (табл. 1) свідчить про те, що у всі місяці року без виключення серед досліджуваних були особи, ЕЛФК яких були нижчою за 56 %, в той час особи з ЕЛФК вищою за 68 % зустрічались тільки у лютому та березні, осіб з ЕЛФК вищою за 75 % не виявилось.

Таблиця 1 – Описова статистика показників щомісячних значень ЕЛФК у працездатних чоловіків м. Запоріжжя

Місяць	N	Середнє	Стандартне відхилення	Стандартна помилка	95%-вий довірчий інтервал середньої		Мін.	Макс.	*P<0,05
					нижня межа	верхня межа			
1	34	55,73	5,41	1,023	53,63	57,82	44,26	64,04	2, 3, 5, 9, 10
2	34	62,08	3,34	0,63	60,78	63,38	55,88	68,78	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
3	34	59,62	5,19	0,90	57,78	61,46	48,19	71,94	7, 8, 11, 12
4	34	57,91	3,52	0,65	56,57	59,24	48,93	68,00	12
5	34	58,69	4,54	0,89	56,85	60,52	47,62	67,44	8, 12
6	34	57,77	4,28	0,78	56,17	59,36	48,19	64,82	12
7	34	57,05	5,26	0,96	55,08	59,01	38,78	66,57	12
8	34	55,98	4,96	0,906	54,13	57,83	40,60	67,53	
9	34	58,119	4,08	0,736	56,61	59,60	50,25	65,78	12
10	34	57,99	4,33	0,636	56,72	59,26	47,50	67,60	12
11	34	56,857	4,66	0,696	55,45	58,25	47,37	64,59	12
12	34	54,767	4,01	0,60	53,57	55,95	44,26	63,79	
Разом	408	57,57	4,79	0,24	57,10	58,04	38,78	71,94	

Примітка:* – достовірні відмінності значень ЕЛФК конкретного місяцю року (графа «Місяць») місяцями року, що вказані у графі *P<0,05.

Відсоток осіб, зі значеннями ЕЛФК < 56 % та осіб за значеннями ЕЛФК у діапазоні 56 – 67 % у різні сезони року відображено на рис. 1.

Відповідно до даних рис. 1, співвідношення відсотку осіб, значення ЕЛФК яких відповідає нормі, до такого, значення ЕЛФК яких нижче 56 % взимку, навесні, влітку та восени відповідно складає 1:1, 3:1, 1,5:1; 1,5:1. Взимку особи, ЕЛФК яких була в межах 68–75 % склали 2 %.

Згідно прийнятих поглядів, стан адаптації людини до дії несприятливих факторів характеризується формуванням у системі гомеостазу функціональної адаптивної системи, наявність якої відображують кореляційні зв’язки між її ланками [4]. Ступень напруги досліджуваної функціональної системи оцінюють за методом кореляційної адаптометрії [9]. Як міру її напруженості використовують вагу кореляційного графа, яку розраховують як суму ваги його ребер. Метод дозволяє порівнювати адаптаційну напругу різних груп, що перебувають під дією зміни факторів навколишнього середовища. Ми досліджували парні кореляції між показниками лейкограми осіб з ЕЛФК <56 % та осіб з ЕЛФК у межах 56–67% у відповідні сезони року. Враховували кореляційні коефіцієнти, ступень достовірності яких був <0,05. Результати відображено на рис. 2 та 3.

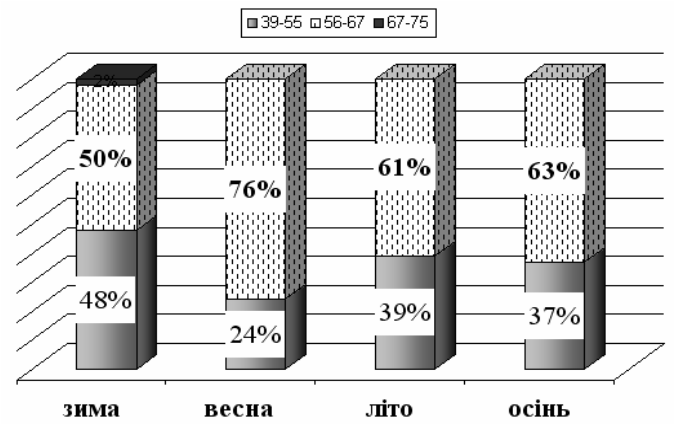


Рисунок 1 – Розподіл працездатних чоловіків зі значеннями ЕЛФК <56 % та 56–67 % в різні сезони року.
Примітка: на ординаті позначено відсоток осіб, на абсцисі – сезони року.

Як свідчать дані рис. 2, найвища вага ребра кореляційного графу в осіб з ЕЛФК <56 % спостерігається влітку і складає 2,4; навесні у осіб з ЕЛФК < 56 % кореляції між показниками ЛФ відсутні, що відображує зрив адаптації. Співвідношення величин ваги ребер корелограми в сезонах зима, літо, осінь дорівнює 1,5: 2 : 1.

Дані рис. 3 свідчать, що у осіб з ЕЛФК 56–67 % ребро з найвищою вагою менше за 0,8 і виявляється воно взимку. Співвідношення вагів ребер корелограми за сезонами (зима, весна, літо, осінь становить – 1,2 : 1 : 1 : 1). Ця вага – один негативний кореляційний зв'язок між лімфоцитами та нейтрофілами, що характерно для стану здоров'я [5]. Таким чином, кореляційна напруга у системі ЛФ осіб з ЕЛФК в межах 56–67 % значно менша за таку у осіб з ЕЛФК < 56 %, і корелограма має зовсім іншу форму (рис. 2).

До питання, як характеризувати стан осіб, ЕЛФК яких менша за нормальний діапазон, ми підійшли з уявлень про зв'язок між інформацією та ентропією біосистем. У нас було два припущення. Перше – утворення кореляційних зв'язків між компонентами біосистеми – це відображення збільшення потоку передачі і сприйняття інформації; друге – ступень напруги системи відображує дефіцит передачі та сприйняття системою інформації. Інформація системи (I) – це різниця між можливим максимальним і реальним значенням її ентропії [1, 2, 6]. Логічно було порівняти розподіл інформації в ЛФ досліджуваних осіб з ЕЛФК, що менша 56 % і осіб з ЕЛФК з діапазоном 67–75 %. Максимальне значення відносної ЕЛФК ми прийняли за 100 %.

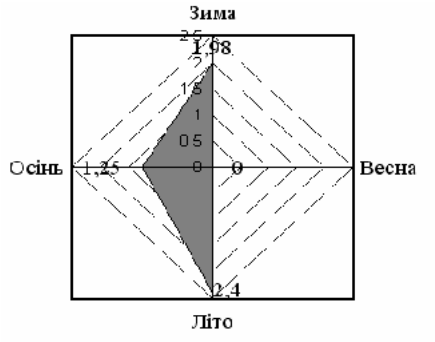


Рисунок 2 – Корелограма показників ЛФ мешканців м. Запоріжжя зі значенням ЕЛФК < 56 % в різні сезони року

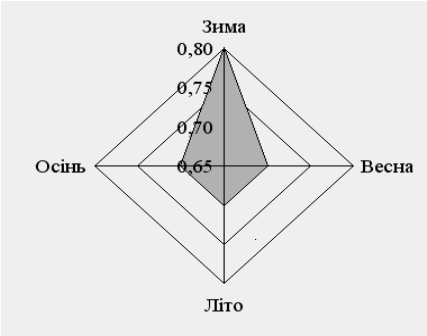


Рисунок 3 – Корелограма показників ЛФ мешканців м. Запоріжжя зі значенням ЕЛФК 56–67 % в різні сезони року.

На рис. 4 відображено стан інформації в системі ЛФ осіб, що мають ЕЛФК нижчу за 56 % в різні сезони року.

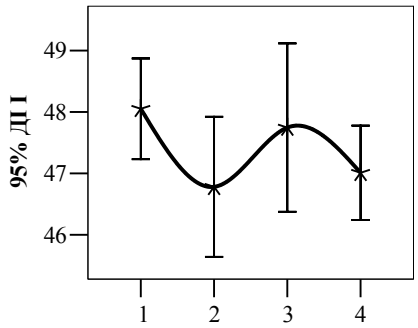


Рисунок 4 – Показники стану інформації ЛФ працездатних чоловіків з ЕЛФК < 56 %
Примітка: на осі ординат позначено 95 %-вий довірчий інтервал значення інформації у відсотках, на осі ординат – сезони року

Достовірність відмінностей між значенням середніх інформації в окремі сезони року склала: $P_{1-2}<0,05$; $P_{1-4}<0,05$.

Таким чином, у досліджуваній популяції чоловіків достовірний максимум інформації спостерігається взимку, тенденція до мінімуму відмічається навесні, в інші сезони року між значеннями інформації суттєвої різниці немає.

Стан інформації у ЛФ, ентропія якої відповідає стану здоров'я, відображено на рис. 5.

Достовірність відмінностей між значеннями середніх у сезонах склала: $P_{1-2}<0,05$;$P_{1-3}<0,05$.

Порівняння корелограми ЛФ у обговорюваних двох популяціях зі станом рівня інформації дозволяє зробити такий висновок: чим більше ступень напруги біосистеми, тем менше інформації вона містить.

Відомо, що збільшення інформації в системі супроводжується зменшенням у неї енергії, формуванням анергії. Завдяки використанню інформації витрата енергії системою завжди менше кількості енергії, яку вона отримує з середовища. Ця різниця збільшує потенційні можливості системи [1, 2]. У мешканців м. Запоріжжя, як у тих, у кого ЕЛФК відповідає нормі, так і в тих, у кого вона нижча за 56 %, максимуму ваги ребра корелограми влітку відповідає мінімум інформації, з тією різницею, що у осіб з нормальним діапазоном ЕЛФК вона має загальну тенденцію до збільшення в інших сезонах, в той час як у осіб зі зниженням цього значенням проявляється тенденція до її зменшення. Це означає, що потенційні можливості гомеостатичних систем у осіб, яки мають низьку ЕЛФК знижені, для забезпечення гомеостазу вони потребують більшу кількість енергії, а тому вони більш вразливі до хвороб. З навколишнього середовища

людина засвоює тільки один від енергії – енергію хімічних зв'язків продуктів харчування. Складається враження, що третина працездатних чоловіків м. Запоріжжя потребує якісного харчування.

Рисунок 5 – Показники стану інформації ЛФ працездатних чоловіків з ЕЛФК 56–67 %
Примітка: на осі ординат позначено 95%-вий довірчий інтервал значення інформації у відсотках, на осі абсцис – сезони року

Функціональний резерв того чи іншого показника гомеостатичних систем визначається амплітудою його коливання у біоритмі, у даному разі амплітудою коливання у сезонах [11]. Амплітуда коливань ЕЛФК між значеннями її верхньої та нижньої межи протягом року (табл. 1) не перевищувала 10 %. Отже функціональний резерв ЕЛФК у досліджуваної популяції не перевищує 10 %. Приймаючі до уваги, що ЛФ – параметр порядку в гомеостатичних системах організму, можна вважати, що адаптивний функціональний резерв працездатних чоловіків, – мешканців промислового міста, визначається сезоном року і не перевищує 10 %.

Таким чином, відповідно до значення ЕЛФК працездатних осіб м. Запоріжжя 64 % з них здорові; біля 34 % знаходяться у стані адаптивної напруги, тобто потребують зовнішньої енергії, особливо влітку, а тому їх можливо віднести до осіб в донозологічному стані, 2 % досліджуваної популяції перебуває в стані компенсованого стресу.

Дослідження про співвідношення стану напруги, ентропії та інформації в біосистемах у наукової літературі поширюються [1, 3, 7]. Отримані нами данні свідчать про актуальність та перспективність подальших комплексних досліджень в цьому напрямку біологами, клініцистами та спеціалістами в галузі інформаційних систем.

ВИСНОВКИ

1. ЕЛФК працездатних чоловіків м. Запоріжжя лежить в діапазоні 39–72 % і має достовірну сезонну залежність. Відношення відсотку осіб з ЕЛФК в межах 56–67 % (норма) до таких, у яких ЕЛФК <56 % взимку, навесні, влітку та восени складає 1:1, 3:1, 1,5:1; 1,5:1 відповідно; особи, ЕЛФК яких була в межах 68–75 %, виявились тільки взимку й склали 2 %.
2. Адаптаційна напруга у осіб з ЕЛФК < 56 % (зима, літо, осінь), практично у два рази вища за таку в осіб з ЕЛФК в межах 56–67 %; навесні адаптаційна напруга у осіб з ЕЛФК <56 % відсутня.
3. Низький рівень ЕЛФК осіб характеризується підвищеним рівнем інформації, тобто зниженим рівнем енергії.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Абдурахманов С.К Общая теория систем. – Омск: – Изд-во Омского ун-та, 2000. – 100 с.*
2. *Волькенштейн М.В. Энтропия и информация. – М.: Наука, 1986. – 192 с.*
3. *Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М. А. Адаптационные реакции и резистентность организма. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1977. – 119 с.*

4. *Зилов В.Г., Судаков К.В., Эпштейн О.И. Элементы информационной биологии и медицины. – М.: МГУЛ, 2001. – 256 с.*
5. *Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. – Новосибирск: Наука, 1980. – 192 с.*
6. *Марков Ю.Г. Функциональный поход в современном научном познании. – Новосибирск: "Наука", 1982. – 216 с.*
7. *Мирошникова О.Н. Изменения показателей периферической крови и системы кровообращения человека как индикаторы реакции организма на действие экологических факторов. Автореф дисс. канд.біол.наук. 03.00.16 – екологія. – Владивосток. 2006 .– 20 с.*
8. *Пат. На корисну модель № 30359 Україна (2007) GO1N 33/49). Спосіб діагностики донозологічного стану чоловіків / Омельянчик Л.О., Колісник Н.В., Самойленко Ж.С. Заяв. 22.10.2007. Опубл. 25.02.2008, Бюл. №4. – 4 с.*
9. *Полонская М.Г., Смирнова Е.В., Кулинский А.В. Гетерогенные медико-биологические системы и метод корреляционной адаптометрии. – Красноярск: ИБФ, 1990. – 28 с.*
10. *Тихончук В.С., Умаков И.Б., Карпов В.Н. и др. Возможности использования новых интегральных показателей периферической крови человека // Военно-медицинский журнал. – 1992. – №3. – С.27–31.*
11. *Хронобиология и хрономедицина. Руководство / Под ред. Ф.И. Комарова. – М.: Медицина, 1989. – 400 с.*

SIZE OF THE ENTROPY OF LEUKOGRAMS - REFLECTION OF AN ADAPTIVE STRAIN OF THE MEN LIVING IN CONDITIONS OF A SERIOUS ANTHROPOGENOUS LOAD

Kolesnik N.V., Omeljanchik L.A.

Investigated parameters relative entropy the leukocytic blood count (ELFB) at 408 able-bodied men of Zaporozhe and an opportunity of use of value{meaning;importance} ЕЛФК for an estimation of a degree of an adaptic strain in a population. It is established, that ELFB men lays within the limits of from 39 % up to 75 %. At men with ELFB <56 % a strain of adaptation in 2-3 above, than at men with ELFB in a range of 56 %–67 % in all seasons of year except for spring. In the spring at men with ELFB <56 % and > 67 % take place failure of adaptation. Parameters of a strain of adaptation display the maintenance of the information in system of leucocytes.