

Винахід, що заявляється, відноситься до медицини, а саме до кардіології та спортивної медицини, і призначений для визначення фактичного біологічного віку людини шляхом оцінки адаптаційних змін в системі транспортування кисню - основній фізіологічній системі, яка обмежує тривалість життя і інтегральним показником стану якої є максимальне споживання кисню (МСК).

Останній час все ширше використовується поняття біологічного, віку (БВ) людини, яке дозволяє виявляти передчасне старіння і пов'язану з ним появу передпатології і патології та приймати своєчасні профілактичні і лікувальні заходи. Враховуючи гетерохронізм вікових змін фізіологічних систем, доцільно визначати функціональний вік окремих систем організму і, не в останню чергу, системи транспортування кисню.

Однак дотепер залишається проблемою визначення біологічного віку людини за станом основних систем життєзабезпечення, зокрема з використанням тестів, які здатні оцінити їх адаптаційні можливості, а, значить, дозволяють підвищити точність, чутливість та інформативність способів визначення біологічного віку.

Аналіз літературних джерел показав, що оцінка стану системи транспортування кисню відомими способами не передбачає виявлення змін біологічного віку (БВ) за показником максимізації функції системи забезпечення організму киснем, хоча відомо, що зниження функції цієї системи співпадає зі ступенем старіння, тобто з біологічним віком, а, значить, і з більш ранньою появою серцево-судинних захворювань, що призводять до інвалідизації та смерті [1].

Так, відомий спосіб визначення біологічного віку людини, що базується на визначенні маркерів, які відображають стан різних систем організму і найсуттєвішими з яких є показники кардіопульмонального статусу [2]. БВ, в роках, визначають за допомогою регресивної моделі з використанням формул:

$$БВ_{\text{чоловіків}} = 26,985 + 0,215 \times \text{САТ} - 0,149 \times \text{ЗДВ} - 0,151 \times \text{СБ} + 0,723 \times \text{СОСЗ};$$

$$БВ_{\text{жінок}} = -1,463 + 0,415 \times \text{ПАТ} - 0,140 \times \text{СБ} + 0,248 \times \text{ВТ} + 0,694 \times \text{СОСЗ},$$

де: САТ - систолічний артеріальний тиск (мм.рт.ст.); ПАТ - пульсовий артеріальний тиск (мм.рт.ст.), ЗДВ - затримка дихання під час вдиху (сек); СБ - статичне балансування (час стояння на лівій нозі з заплученими очима, в сек); СОСЗ - суб'єктивна оцінка стану здоров'я (визначається за допомогою анкети, де враховується кількість негативних відповідей); ВТ - вага тіла (кг).

Також визначають належний БВ (НБВ), в роках, за формулами:

$$НБВ_{\text{чоловіків}} = 0,629 \times \text{КВ} + 18,56 \text{ та}$$

$$НБВ_{\text{жінок}} = 0,581 \times \text{КВ} + 17,24,$$

де: КВ - календарний вік, в роках [3].

За відхиленням фактичного БВ від належного його значення (НБВ) встановлюють функціональний клас, який відображає ступінь старіння організму і, відповідно, стан здоров'я.

Таблиця

Оцінки результатів визначення БВ

Функціональний клас	Відхилення БВ від НБВ
Перший	Від -15,0 до -9,0 років
Другий	Від -8,9 до -3,0 років
Третій	Від -2,9 до +2,9 років
Четвертий	Від +3,0 до +8,9 років
П'ятий	Від +9,0 до +15,0 років

До першого (найкращого) функціонального класу відносять осіб, ступінь постаріння яких значно відстає від популяційного стандарту (НБВ). Навпаки, до четвертого і п'ятого (найгірших) функціональних класів відносять осіб з прискореним постарінням, чий БВ значно перевищує НБВ. Вони включені до групи ризику виникнення хвороб і втрати працездатності. Ці особи підлягають обов'язковому диспансерному нагляду з ретельним клініко-діагностичним обстеженням.

Позитивними рисами цього способу є простота і доступність його використання в будь-яких закладах охорони здоров'я, в тому числі при проведенні епідеміологічних досліджень. Розроблена шкала оцінки БВ дозволяє виділити осіб для подальшого поглибленого обстеження і реабілітації.

Разом з тим, цей спосіб визначення БВ використовує показники серцево-судинної системи (ССС), які відображають її функцію в стані спокою, тоді як тести на адаптаційну здатність, що дозволяють виявити і об'єктивно оцінити реакцію організму на будь-який стрес, особливо при латентних змінах у людей молодого віку, залишаються поза увагою.

Проба з затримкою дихання на вдиху враховує тільки її тривалість. Однак відомо, що при гіпоксії значно зростає артеріальний тиск (АТ). Наші дослідження показали, що при нормальному АТ у стані спокою у 25% обстежуваних (n=180) виявляється гіпертонічна реакція АТ, а ще у 22,8% ступінь зростання АТ вже дозволяє поставити діагноз ранньої стадії гіпертонічної хвороби. Таким чином, у 47,8% обстежуваних цей спосіб не дозволяє точно визначити БВ через не врахування реакції АТ.

У 28,8% обстежуваних ми встановили значно збільшений БВ (IV-V функціональний клас). У них суттєвий внесок в БВ зробили показники суб'єктивної оцінки здоров'я, зокрема ті, що характеризують психологічне відношення до свого стану. Такі питання складають в анкеті 80%, тоді як питань щодо стану ССС тільки 20%.

Суттєвий внесок в збільшення БВ зробила і тривалість СБ, тобто утримання рівноваги тіла. В той же час відомо, що у людей молодого віку рівновага тіла забезпечується в основному силою і витривалістю постуральних м'язів (тих, що зберігають позу), а не функцією ССС.

Отже, отримані нами результати показали, що описаний спосіб визначення БВ не дозволяє достатньо точно оцінювати кардіо-пульмональний БВ, особливо у людей молодого віку.

Відомий також спосіб визначення БВ людини шляхом оцінки параметрів кардіо-респіраторної системи [4]. Цей

спосіб базується на тому факті, що зростання АТ, частоти серцевих скорочень (ЧСС) і зниження величини життєвої ємності легень (ЖЄЛ), тривалості затримки дихання на вдиху і видиху, а також СБ відносно середньопопуляційної вікової норми характеризують біологічний вік людини. Визначають фактичні величини артеріального тиску систолічного (АТС) і діастолічного (АТД) в стані спокою, ЧСС в стані спокою і після виконання 20 присідань, ЖЄЛ (в л), тривалість затримки дихання на вдиху (ЗДВд) і видиху (ЗДВид.) та СБ (в сек.). Потім вираховують відношення фактичних показників АТС, АТД, ЧСС в стані спокою і після 20 присідань до їх табличних значень (середньопопуляційної вікової норми) і відношення табличних величин ЖЄЛ, ЗДВд, ЗДВид та СБ до фактичних значень цих показників, після чого визначають темп старіння організму за формулою:

$$TC = (АТС_ф / АТС_т + АТД_ф / АТД_т + ЧСС_{исх.ф} / ЧСС_{исх.т} + ЧСС_{нагр.ф} / ЧСС_{нагр.т} + ЖЄЛ_т / ЖЄЛ_ф + ЗДВд_т / ЗДВд_ф + ЗДВид_т / ЗДВид_ф + СБ_т / СБ_ф) / N,$$

де:

ТС - темп старіння;

ф - фактичне значення показника;

т - табличне значення показника;

N - кількість показників, використаних у формулі.

Значення $ТС > 1,1$ свідчать про прискорений темп старіння організму; $ТС < 1,0$ - про уповільнений темп старіння, а значення ТС в межах 1,0-1,1 вказують на нормальний темп старіння. Функціональний (біологічний) вік організму визначають за формулою:

$$ФВ = ТС \times KB,$$

де:

ФВ - функціональний вік;

KB - календарний вік.

Відхилення ФВ від KB на ± 5 років означає фізіологічне старіння, на 5-10 років - передчасне старіння, на більш ніж 10 років - прискорене старіння організму.

Перевагами описаного способу є його простота і використання для визначення ТС показників кардіо-респіраторної системи, включаючи тест на адаптацію організму до фізичного навантаження. Однак і цей спосіб має низку недоліків, які негативно впливають на його точність і чутливість. Зокрема, в розрахунок беруться середньопопуляційні норми, які не враховують різницю значень деяких показників для чоловіків і жінок (наприклад, АТ, ЖЄЛ, пульсова реакція на проби з динамічним фізичним навантаженням). Крім того, в способі використовується функціональна проба з підрахунком ЧСС тільки у відновному періоді, тоді як більш інформативними є показники, які визначаються під час навантаження. Ще більше точність і чутливість біологічного віку, що визначається, особливо у осіб фізично мало тренуваних, знижуються через ту обставину, що для чотирьох з восьми показників за норму взяті дані, характерні для спортсменів. Це - тривалість затримки дихання на вдиху і видиху, статична рівновага і ЧСС в стані спокою. Все сказане свідчить про те, що описаний спосіб є недостатньо точним і чутливим.

Найбільш близьким аналогом (прототипом) винаходу, що заявляється, є спосіб визначення біологічного віку людини шляхом оцінки відсотку приросту ЧСС у відповідь на динамічне фізичне навантаження по відношенню до ЧСС в стані спокою і реєстрації часу відновлення ЧСС після навантаження [5]. Визначення ЧСС проводять в стані спокою, під час фізичного навантаження тривалістю 3 хвилини і після нього кожні 10 секунд впродовж 3 хвилин. Для дозованого фізичного навантаження використовується ходьба по сходах з двома сходинками висотою 22,5 см кожна. Обстежуваний піднімається і опускається цими сходинками впродовж 3 хвилин зі швидкістю 50 кроків за хвилину, синхронізуючи свої рухи з ударами метроному. Біологічний вік обстежуваних автори способу оцінюють як молодий, коли приріст ЧСС не перевищує 52%, а час відновлення в межах 60сек для чоловіків і 70сек для жінок; середній, коли приріст ЧСС перевищує 52%, але менший за 72,8%, а час відновлення в межах 90сек для чоловіків і 180сек для жінок. Уповільнення темпів відновлення, що перевищує вказані величини, характеризує осіб похилого віку.

Позитивною стороною способу-прототипу є те, що для визначення БВ використовується тест на адаптацію серцево-судинної системи до фізичного навантаження з реєстрацією показників безпосередньо під час навантаження, а не тільки після нього. Такий підхід дозволяє більш точно діагностувати зміни функціональних можливостей організму, в тому числі такі, що перебігають латентно. Крім того, цей спосіб не вимагає виконання максимального, небезпечного для обстежуваного рівня навантаження, що дозволяє використовувати його в будь-якому віці і при масових обстеженнях.

Однак і цей спосіб має недоліки, які негативно впливають на його точність і інформативність. По-перше, потужність навантаження при виконанні степ-тесту, а, значить, і реакція ЧСС залежать від маси тіла обстежуваного, що не враховується. По-друге, поза увагою залишається такий важливий показник гемодинаміки, як АТ, визначальний для оцінки БВ серцево-судинної системи. По-третє, в способі ніяк не врахована встановлена закономірність більшої вираженості пульсової реакції у відповідь на фізичне навантаження у жінок порівняно з чоловіками. Це негативно впливає на точність та інформативність способу-прототипу.

В основу винаходу, що заявляється, поставлена задача розробки такого способу визначення біологічного віку людини, який передбачає (1) оцінку аеробних можливостей організму (тобто системи транспортування кисню), які, як основний показник, що обмежує тривалість життя, більш точно відображають стан організму, і (2) використання більш деталізованої оціночної шкали.

Технічний результат від впровадження винаходу буде полягати в підвищенні точності, інформативності і чутливості визначення БВ, а також в простоті, доступності і можливості використання для раннього виявлення порушень системи транспортування кисню.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі визначення біологічного віку людини, що включає підрахунок ЧСС до, під час і після фізичного навантаження, згідно винаходу, додатково визначають АТ і розраховують максимальне споживання кисню (МСК, мл/хв.) з урахуванням реакції ЧСС і АТ на навантаження, розраховують належну величину МСК (НМСК, мл/хв.), визначають відхилення (А, в роках) фактичного біологічного віку людини від паспортного за формулою:

$$A = \frac{HMCK - MCK}{HMCK \times 0,01}$$

і оцінюють фактичний біологічний вік як більш молодий, ніж паспортний, при негативних значеннях показника А, при його значенні від 1 до 5 років - як відповідний паспортному, а при значенні від 6 до 36 років і більше - як більш старий біологічний вік, причому від 6 до 15 років він характеризує середній, від 16 до 25 років вищий за середній, від 26 до 35 років високий і при значенні показника А 36 років і вище - дуже високий ступінь аеробного старіння організму.

Відмінними особливостями способу, що заявляється, є те, що біологічний вік визначається за станом системи транспортування кисню - основної системи, що обмежує тривалість життя, шляхом оцінки її адаптації до стрес-тестів. Це дозволяє виявити навіть латентні функціональні порушення, за рахунок чого значно підвищуються точність та інформативність оцінки аеробних можливостей людини, а, значить, і її біологічного віку. За наявними літературними даними такий спосіб визначення біологічного віку людини не відомий.

Запропонований спосіб здійснюється наступним чином. Особа, що тестується, виконує два навантаження наростаючої потужності на велоергометрі з визначенням ЧСС і АТ. При цьому розраховують індивідуальний максимальний індикаторний подвійний добуток (ІПД) для максимальної потужності навантаження, яка не викликає перенапруги гемодинаміки, за формулою:

$$\frac{200 \times (220 - \text{Вік})}{100}$$

Потім розраховують фактичний подвійний добуток (ФПД) для другого навантаження:

$$\text{ФПД} = \text{ЧСС} \times \text{АТ}_{\text{сист}} / 100$$

і визначають максимальне споживання кисню за формулою:

$$\text{МСК} = \frac{\text{ІПД} \times W \times 16,5}{\text{ФПД}},$$

де: W - потужність другого навантаження (Вт); 16,5 - кисневе забезпечення одиниці потужності навантаження (мл/Вт). В останній формулі ІПД $\times W / \text{ФПД}$ являє собою прогнозоване, максимально можливе навантаження. Належне максимальне споживання кисню (НМСК) у відповідності до паспортного віку, статі, маси тіла розраховують за формулами:

$$\text{НМСК}_{\text{для чоловіків}} = \frac{1}{\sqrt{[(1 + 0,624 \times \text{Вік}) \times (0,5 / \text{маса тіла}) - 0,0014] + 0,011}}$$

$$\text{НМСК}_{\text{для жінок}} = \frac{100}{\sqrt{[(8,76 + \text{Вік}) \times (2824 / \text{маса тіла}) - 1] - 50}}$$

або за номограмами, розрахованими за наведеними формулами.

У формулі для визначення відхилення А фактичного біологічного віку від паспортного, крім МСК і НМСК (в мл/хв.), використане відоме положення про те, що, починаючи з 20 років, НМСК лінійно убиває. Наші розрахунки показали, що НМСК зменшується щороку на 1/100.

Коли отримують негативне значення відхилення, фактичний біологічний вік оцінюють як більш молодий, ніж паспортний. Як відомо, у жінок максимум аеробних можливостей розвивається до 14-16 років, у чоловіків - до 18 років. Це і є вік кисневого максимуму у фізично нетренованих осіб. Відхилення А від +1 до +5 років оцінюють як відповідність фактичного аеробного віку паспортному, оскільки біологічне постаріння населення в межах п'яти років вважається нормальним. Наші дані стосовно меж довірчого інтервалу безпомилкового прогнозу, що складає 99,7%, підтверджують це положення.

Розроблена шкала оцінки ступеня постаріння має наступні градації. Значення показника А в межах 6-15 років оцінюють як середню, 16-25 років - вище середньої, 26-35 років - високу, 36 років і більше - як дуже високу ступінь постаріння організму за його можливостями кисневого забезпечення. Ці градації БВ встановлені нами при обробці даних обстеження 253 людей загальноприйнятими методами варіаційної статистики з вираховуванням середньої величини варіаційного ряду (M), середньої похибки ряду ($\pm m$) і середнього квадратичного відхилення (δ). В нашому дослідженні середнє квадратичне відхилення склало 10 років.

Більш детальний аналіз отриманих нами даних показав, що в групі осіб з високим і дуже високим ступенем постаріння практично не зустрічається нормальна реакція гемодинаміки на пробу з фізичним навантаженням (у 69,7% виявлено патологічну гемодинамічну відповідь). Зокрема, гіпертонічна реакція АТ виявлена у 30,4%, дистонічна - у 32% і астенічна - у 7,3%. Перед патологічна реакція виявлена у 29,1% обстежуваних. Таким чином, ступінь постаріння організму чітко пов'язаний з порушенням функції системи транспортування кисню.

Зі зникненням ступеня відхилення БВ від паспортного кількість патологічних гемодинамічних реакцій на фізичне навантаження зменшується. І практично у всіх обстежуваних, у кого біологічний вік не відрізнявся від паспортного, або був нижчим за паспортний, виявляється нормальна реакція гемодинаміки на тест з фізичним навантаженням.

Практичний результат запропонованого нами методу визначення БВ полягає в більшій точності, інформативності, чутливості і можливості його використання не тільки у осіб з високими, але й низькими функціональними можливостями, в експертизі професійної придатності, виявленні осіб з передпатологічною і патологічною реакцією серцево-судинної системи на стрес-тести, визначенні ефективності реабілітаційних заходів, тощо.

Даний винахід можна проілюструвати наступними прикладами.

Приклад 1.

Жінка - 21 рік, вага 53кг, ЧСС в стані спокою 60уд/хв. (протокол 3.6.3.03). Останнє велоергометричне навантаження потужністю 75Вт супроводжувалось ЧСС 132уд/хв., АТ 130/70мм.рт.ст.

$$МСК = \frac{200 \times ((200 - 21) / 100) \times 75 \times 16,5}{(132 \times 130) / 100} = 2870 \text{ мл / хв.}$$

$$НМСК = 2570 \text{ мл / хв.}$$

$$A = \frac{(2570 - 2870)}{2570 \times 0,01} = -11 \text{ років}$$

Висновок: За аеробними можливостями вік обстежуваної є більш молодим, ніж паспортний, про що свідчить отримане негативне значення показника А.

Тестування цієї ж жінки за способом-прототипом (сходинковий тест) супроводжувалось такими показниками: ЧСС - 108 уд/хв. з відновленням через 60 сек. Приріст ЧСС склав 60%. За цими показниками обстежувану слід було б віднести до групи осіб середнього віку (40-59 років), хоча час відновлення ЧСС є характерним для осіб молодого віку.

Приклад 2.

Чоловік 23 років, вага тіла 62 кг, ЧСС 84 уд/хв. (протокол В.4.8.10.03). Останнє велоергометричне навантаження потужністю 100 Вт супроводжувалось ЧСС 156 уд/хв., АТ 190/90 мм.рт.ст.

$$МСК = \frac{200 \times ((220 - 23) / 100) \times 100 \times 16,5}{(156 \times 190) / 100} = 2193 \text{ мл / хв.}$$

$$НМСК = 2976 \text{ мл / хв.}$$

$$A = \frac{(2976 - 2193)}{2976 \times 0,01} = +26 \text{ років}$$

Висновок: За аеробними можливостями вік обстежуваного перевищує паспортний; показник А відповідає високому ступеню старіння, виявлена гіпертонічна реакція систолічного артеріального тиску.

Тестування цього ж чоловіка за способом-прототипом (сходинковий тест) супроводжувалось такими показниками: ЧСС 120 уд/хв., приріст 43%; відновлення через 60 сек. Обстежуваного слід було б віднести до осіб молодого віку (18-39 років).

Приклад 3.

Жінка 25 років, вага тіла 51 кг, ЧСС в стані спокою 78 уд/хв. (протокол 3.2.11.03). Останнє велоергометричне навантаження супроводжувалось ЧСС 144 уд/хв., АТ 140/70 мм.рт.ст.

$$МСК = \frac{200 \times ((220 - 25) / 100) \times 75 \times 16,5}{(144 \times 144) / 100} = 2393 \text{ мл / хв.}$$

$$НМСК = 2369 \text{ мл / хв.}$$

$$A = \frac{(2369 - 2393)}{2369 \times 0,01} = -1 \text{ рік}$$

Висновок: За аеробними можливостями вік обстежуваної є більш молодим, ніж паспортний, про що свідчить отримане негативне значення показника А.

Тестування цієї ж жінки за способом-прототипом (сходинковий тест) супроводжувалось такими показниками: ЧСС - 120 уд/хв. з відновленням через 60 сек. Приріст ЧСС склав 54%. За приростом ЧСС цю обстежувану слід було б віднести до групи осіб середнього віку (40-59 років), хоча час відновлення ЧСС є характерним для осіб молодого віку.

За період з 1996 по 2003 рр. на базі кафедри спортивної медицини і ЛФК Національного медичного університету були проведені дослідження з визначення біологічного віку у 253 практично здорових студентів віком 20-29 років (139 чоловіків і 114 жінок) з використанням запропонованого способу і способу прототипу. За приростом ЧСС під час фізичного навантаження (спосіб-прототип) 70% чоловіків і 92% жінок слід було б віднести до групи осіб середнього віку (40-59 років). Що стосується часу до відновлення ЧСС, то у людей молодого віку після фізичного навантаження помірної потужності цей показник вертається до вихідного рівня через 1-1,5 хвилини, що не дозволяє практично нікого з обстежуваних віднести до третьої (більш старшої) вікової групи. Таким чином, спосіб-прототип виявився недостатньо точним і інформативним. І ще. Серед обстежуваних чоловіків 30% виявились в групі молодих, не дивлячись на встановлену у них гіпертонічну реакцію АТ, яка має суттєво збільшувати БВ.

За запропонованим способом у 36% обстежуваних виявлено високий і дуже високий ступінь аеробного старіння організму. При цьому дуже високий ступінь старіння у 1,5 рази частіше зустрічався серед чоловіків.

Нашим способом у 36% обстежених виявлені висока і дуже висока ступінь аеробного старіння організму. При цьому дуже висока ступінь старіння в 1,5 рази чаще зустрічається у мужчин. У 22,5% обстежуваних виявлені зміни системи транспортування кисню, що засвідчують ступінь старіння вище середньої. Всього у 58,5% обстежуваних виявлено суттєве постаріння основної системи життєзабезпечення, яке супроводжується перед патологічними і патологічними геодинамічними реакціями в адаптаційних тестах.

20,7% обстежуваних було віднесено до групи з середнім ступенем старіння за їх аеробними можливостями. І тільки у 18% обстежуваних БВ не відрізнявся від паспортного, або був нижчим за паспортний.

Запропонований спосіб оцінки біологічного віку людини за станом основної системи, що обмежує тривалість і якість життя, дозволяє визначати весь діапазон змін БВ. Раннє виявлення передчасного старіння і пов'язаних з ним передпатологічних і патологічних змін серцево-судинної системи дозволить своєчасно провести реабілітаційні заходи, первинну і вторинну профілактику прогресування виявлених змін.

Література:

1. Старение и работоспособность. Доклад исследователей группы ВОЗ. Серия технических докладов, №835, Женева, 1995, с.16-62.

2. Токарь А.В., Ена Л.М., Рудая Э.С. и др. Кардиопульмональный возраст и возможности его использования в геронтологии. Биологический возраст, наследственность и старение. - К.: 1984, с.55-62.

3. Использование методики определения биологического возраста человека в донозологической диагностике: Методические рекомендации (Токарь А.В., Войтенко В.П., Ахаладзе Н.Г. и др.) -К., 1990, -14стр.
4. Патент України на винахід №21851 А, А61В/00."Спосіб визначення темпу старіння і функціонального віку організму людини" (Поляков О.А., Коробейников Г.В.). Бюл. №2, 1998.
5. Bourliere F., Cendron H., Vrabiesko Al., Vallery-masson J. Recherches sur l'adaptation cardio-vasculaire a 1 "effort chez les personnes agees. 7th International congress of gerontology Vienna/Austria, «Biology and clinical Medicine». 1966, p.337-339.