

БІОЛОГІЧНИЙ ВІК ЯК КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ РИЗИКУ СМЕРТНОСТІ ТА ЗАХВОРЮВАНOSTІ

Кашуба М. О., Мельник Н. А. Сопель О. М.

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського
Міністерства охорони здоров'я України, м. Тернопіль

Вступ. Натепер більшість існуючих підходів щодо оцінки ризику смерті або професійного захворювання при хронічному впливі мають низку загальних недоліків. Тому висвітлення способу використання показників біологічного віку для оцінки ризику професійної захворюваності є актуальним.

Мета дослідження — обґрунтувати можливість застосування даних про біологічний вік для оцінки ризику розвитку захворювання чи смерті.

Матеріали й методи дослідження. Були проведені дослідження залежності між дозою шкідливого фактору, біологічним віком та ефектом дії в 97 чоловіків, які працювали на підприємствах комунального господарства, і в 112 чоловіків (електрозварювальників) у віковому діапазоні від 21 до 57 років, які працювали на підприємствах Тернопільської області. Оцінку біологічного віку проводили за допомогою створеної нами програми.

Результати. У статті висвітлено використання показників біологічного віку для оцінки ризику професійної захворюваності. Запропоновано ряд математичних формул, що дозволяють прогнозувати передбачувану тривалість майбутнього життя зважаючи на дані щодо величини біологічного віку робітників різних вікових груп. Також побудовано математичну модель множинної регресії, що дозволяє оцінити парціальний біологічний вік робітників.

Висновки. Визначення біологічного віку та застосування його як проміжної ланки залежності «доза — ефект» дозволяє стандартизувати досліджувану групу, виключити спотворювальну дію неврахованих чи невідомих факторів на залежність «доза — ефект», судити про переважну спрямованість впливу на організм досліджуваного фактору в динаміці.

Ключові слова: біологічний вік, захворюваність, смертність, доза, ефект

Вступ

Натепер більшість існуючих підходів щодо оцінки ризику смерті або професійного захворювання при хронічному впливі мають низку загальних недоліків. З одного боку, реальна оцінка ризиків здоров'я неможлива без достатньої інформаційної бази щодо кількісних та якісних характеристик факторів ризику, з іншого боку — через недостатню кількість інформації щодо здоров'я працівників [1–2]. Проте проведення масових епідеміологічних досліджень в Україні пов'язані з низкою труднощів. Запропонована деякими авторами [3–4] оцінка впливу в динаміці виробничих чинників по санітарно-гігієнічним характеристикам умов праці часто є неможливою через часті та різноманітні перебудови виробництва, ліквідацію чи зміну форми власності, плинність кадрів тощо. Оцінка здоров'я досліджуваних когорт за результатами періодичних медичних оглядів і, особливо, за рівнем захворюваності з тимчасовою втратою працездатності [5–6] також є далекою від об'єктивної. В умовах приватного підприємництва багато робітників утримуються від отриман-

ня лікарняних листів через страх втратити роботу. У зв'язку з наданням платних медичних послуг періодичні медичні огляди стали предметом комерційних відносин, що позначилося на якості та достовірності інформації про показники здоров'я.

Відомо, що на виробництві існують проблеми й більш загального характеру. Як вказує низка авторів [7–10], кількісні показники ризику (рівень смертності, захворюваності) завжди відображають комплексний вплив на людину не тільки виробничих факторів, а й довкілля, способу життя, соціально-побутових факторів, індивідуальних факторів ризику (спадковість, шкідливі звички). Тому, коли оцінка ризику зорієнтована на якийсь конкретний фактор середовища, то завжди існує ймовірність того, що не будуть враховані інші, не менш вагомі фактори. Через війну різко обмежується можливість застосування математичного аналізу, зокрема, факторного аналізу, що дозволяє оцінити характер взаємодії чинників та його внесок у досліджуваний кількісний показник ризику, збільшується ймовірність помилки в оцінці ризику.

Так, наприклад, за даними літератури [11] при оцінці ризику виникнення кардіопульмональної патології від впливу зварювальних аерозолів у зварювальників судноремонтних верфей, що працюють у металевих замкнутих конструкціях, не бралася до уваги та обставина, що вони працюють в умовах екранування геомагнітного поля. Контрольною вибіркою були робітники, які не тільки не піддавалися впливу зварювальних аерозолів, а й також на них не діяв фактор відсутності геомагнітного поля, який впливає на центральну нервову та серцево-судинну системи. Очевидно, що оцінку відносного ризику в цьому випадку буде проведено неправильно.

Із погляду деяких фахівців пошук зв'язків рівень—час—ефект неможливий через відсутність загальноприйнятого методологічного апарату для встановлення причинно-наслідкових зв'язків середовище—здоров'я та через неможливість врахування всієї різноманітності комбінацій впливу шкідливих факторів на організм і, відповідно, варіантів адаптаційних фізіологічних реакцій на цей вплив організму робітника [12–13].

Як зазначалося раніше, одними з суттєвих чинників ризику є спадковість і генетична схильність до розвитку тих чи інших захворювань. Поряд з цим, генетична складова здоров'я людини є величиною виключно індивідуальною, яка коливається у значних межах, що вже само по собі є нездоланною перешкодою для врахування цього фактору при проведенні епідеміологічних досліджень. Проте в ряді випадків генетичний фактор здоров'я суттєво впливає на результати оцінки ризику. Так, під час проведення періодичних медичних оглядів при прийомі на роботу (у нашому випадку електрозварювальників), відповідно до переліку протипоказань до роботи в умовах запиленості, здійснюється відсіювання осіб з ознаками патології органів дихання. Тому електрозварювальники, що тільки-що почали працювати, є явно здоровішими з боку органів дихання, ніж робочі контрольної вибірки, де через відсутність несприятливого впливу зварювальних аерозолів стан органів дихання не регламентувався. Більше того, у ряді випадків особи, які не пройшли медичних оглядів щодо допуску до роботи на зварювальних виробництвах, поповнюють трудові колективи, де на робочих місцях відсутні шкідливі фактори, що впливають на органи дихання. У результаті збільшується різниця між рівнем генетично обумовле-

ного здоров'я органів дихання робітників порівнюваних колективів.

Ситуація ускладнюється ще однією обставиною. Як зазначають деякі автори [14–15], у різних стажових групах є значне коливання величини відносного ризику. При цьому у старших стажових групах це явище виражено менше, ніж у молодших.

Як показало дослідження, це викликано тим, що на початку трудової діяльності частина робітників звільняється зі шкідливої роботи у зв'язку з розвитком захворювань органів дихання. Таким чином, на виробництві відбувається постійний відбір осіб, найменш сприйнятливих до захворювань органів дихання. Це особливо характерно для осіб з малим стажем роботи.

У результаті робітники кожної наступної стажової групи мають спочатку вищий генетично обумовлений запас життєвої стійкості органів дихання.

Очевидно, що всі вищевикладені обставини суттєво впливають на оцінку відносного ризику.

Мета дослідження — обґрунтувати можливість застосування даних про біологічний вік (БВ) для оцінки ризику розвитку захворювання чи смерті.

Матеріали й методи дослідження

Досліджено групу з 97 чоловіків, які працювали на підприємствах комунального господарства та групу електрозварювальників (112 чоловіків) у віковому діапазоні від 21 до 57 років, які працювали на підприємствах Тернопільської області. Проводили дослідження БВ з біомаркерами, що відображають стан серцево-судинної, дихальної та центральної нервової систем. Використовували дані таблиць смертності. Визначали пилове навантаження за кількістю пилу, що осів в органах дихання за період безпосереднього контакту зі зварювальним аерозолем.

Статистичну обробку матеріалів та побудову математичних моделей проводили з використанням додатків, реалізованих у програмних пакетах SPSS 16, Statistica 12.0, EXCEL, а також за допомогою створених нами програм. Оцінку БВ проводили за допомогою створеної нами програми (рисунк).

Результати дослідження та їх обговорення

Вік — один з найважливіших факторів ризику розвитку патології та смертності. Однією з найзручніших математичних моделей є рівняння Гомперца-

Рисунок. Програма для оцінки біологічного віку

Мейкема, що описує експоненційну залежність смертності популяції віком. По суті, це рівняння:

$$R_0 = K + R \cdot \exp^{at} \quad (1)$$

описує загальний закон наростання ентропії в живих системах, що дозволяє розглядати ризик смерті з позицій математичного аналізу як ступінь наростання ентропії в живій системі з часом.

Під час проведення стандартизації порівнюваних стажових груп мається на увазі, що віковий чинник у цьому випадку вже врахований. Насправді це зовсім не так. У стажових групах, особливо молодших, найчастіше працюють особи з віком, що значно перевищує середній календарний вік (КВ) цієї групи.

Крім того, відомо, що КВ недостатньо адекватно дозволяє оцінити ризик захворюваності або смертності, зумовлених віковими змінами, через те, що зовнішні та внутрішні фактори, які впливають на організм людини, можуть прискорити процеси її старіння, а отже, збільшується ризик захворюваності та смертності. І в даному випадку БВ адекватніше відображає темпи старіння, імовірність захворювання та смерті.

Усе вищевикладене свідчить про необхідність пошуку нових методологічних підходів до оцінки ризику профзахворювань і смертності при хронічному впливі.

На наш погляд, визначення при оцінці ризику шляхом вивчення характеру та сили зв'язку

«доза — БВ — ефект» замість зв'язку «доза — ефект» дозволяє вирішити низку зазначених проблем.

Оцінка зв'язку між дозою та БВ дозволяє оцінити інтегральний вплив віку, індивідуальних факторів (спадковість, звички), факторів довкілля, у тому числі й для кожного робітника індивідуально.

Більше того, вплив шкідливих чинників виробничого середовища відображено у БВ інтегрально з урахуванням їхніх особливостей впливу.

Очевидно, що особи однакового КВ, які зазнали однакової дози впливу фактору, що вивчається, і мають однакові або близькі значення БВ, також піддавалися однаковому інтегральному впливу інших несприятливих факторів (соціальних, індивідуальних і т. д.). У результаті формування досліджуваної когорти за величиною БВ призводить до її стандартизації за неврахованими факторами впливу. Так само формується й контрольна група. Встановлення зв'язку між дозою та ефектом через БВ дозволяє виключити несприятливий вплив неврахованих чи невідомих факторів на цей зв'язок.

Оскільки БВ відбиває наявність резервів життєвої сили, він є найточнішим критерієм ризику смерті чи захворювання. Поряд з тим у ньому інтегрально відбивається весь сукупний вплив несприятливих факторів на організм людини.

Наявність груп з різним КВ і однаковим БВ при однаковій для них дозі впливу свідчить про різну сприйнятливості робітників до шкідливого фактору,

або (і) про те, що вони піддаються різному за інтенсивністю інтегрального впливу факторів зовнішнього середовища поза виробництвом. У першому випадку виникає можливість визначити вікову сприйнятливість до діючого чинника, що дозволяє встановити залежність «доза – вік – ефект». Отже, це відкриває нові можливості управління ризиком шляхом встановлення залежності «доза – БВ – ефект».

Так, наприклад, існує певна загальновідома залежність між дозою та БВ. При вивченні БВ робітників будь-якого підприємства з цією дозою впливу може виявитися, що середнє значення БВ є вищим за рівень раніше встановленого БВ на інших аналогічних підприємствах з такою самою дозою впливу. Вочевидь на цьому підприємстві є певний чинник чи група чинників, які додатково впливають на БВ. На підставі відомої залежності між БВ та ефектом можна внести поправку до очікуваного ефекту. Такий підхід також дозволяє оцінити внесок виробничого шкідливого фактору (дози) та додаткового невідомого фактору в ризик. Надзвичайно важливим є те, що БВ є методом донозологічної діагностики, що дозволяє проводити своєчасну корекцію механізмів управління ризиком до виникнення ефекту.

Застосування залежності «доза – БВ – ефект» дозволяє у деяких випадках уникнути складних і розтягнутих у часі епідеміологічних досліджень.

Подану вище формулу Гомперца-Мейкема (1) після низки перетворень можна перетворити на запропоновану А. Л. Решетюком математичну модель

$$q = \exp[A(T/(T_{\max} - 1))] \quad (2)$$

для визначення БВ популяції [16–17]. Коефіцієнт А розглядається автором як компонент фонові смертності, пов'язаної з впливом довкілля. У ньому відображені й середній коефіцієнт Мейкема та експоненційно наростаюче зниження стійкості живої системи з віком.

Підставляючи у формулу встановлене значення БВ досліджуваної групи ризику замість величини Т, яка є КВ досліджуваної популяції, отримуємо рівень смертності для цієї вікової групи. Таким чином, існує можливість визначення передбачуваного рівня смертності, залежно від величини БВ, шляхом побудови математичної моделі. Нами було запропоновано модель визначення передбачуваної тривалості майбутнього життя (ПТМЖ). У нашому

випадку було побудовано математичну модель для визначення передбачуваної тривалості життя населення Тернопільської області на підставі даних про рівень смертності населення цієї області, що описується рівнянням лінійної регресії:

$$E_x = 12,24 - 6,38 \cdot A_p \cdot (T_{ip}/T_{\max} - 1), \quad (3)$$

де E_x – ПТМЖ, A_p – фонові компоненти смертності для Тернопільської області, T_{ip} – рівень смертності певної вікової групи населення області, $T_{\max}$ – максимальна тривалість життя населення.

Також було побудовано математичну модель ПТМЖ для робітників авторемонтних підприємств і станцій технічного обслуговування автомобілів зважаючи на дані щодо величини БВ робітників різних вікових груп:

$$E_{xt} = 12,24 - 6,38 \cdot A_{ht} \cdot (T_{ih}/T_{\max} - 1), \quad (4)$$

де E_{xt} – ПТМЖ робітників, A_{ht} – фонові компоненти смертності для робітників цього підприємства, T_{ih} – КВ робітників, $T_{\max}$ – максимальна тривалість життя населення. (Методика визначення значень A_p і A_{ht} висвітлена в [18–19]).

У нашому випадку ПТМЖ електрозварювальників порівняно з населенням області виявилася меншою на $(7,7 \pm 0,06)$ років у стажовій групі до 10 років і на $(11,4 \pm 0,1)$ років у стажових групах понад 20 років.

Особливістю запропонованого методу є можливість визначення ПТМЗ за відсутності даних рівня смертності досліджуваної когорти. Таким чином, маючи відому дозу і, внаслідок її дії, відповідний БВ, можна розрахувати ефект, уникаючи при цьому тривалих досліджень рівня смертності у досліджуваній когорті.

Очевидно, що в цьому випадку важко судити про роль конкретного фактору, що сприяє збільшенню величини БВ, оскільки останній інтегрально відбиває вплив усіх факторів довкілля. Тому ми при дослідженні впливу зварювальних аерозолів, крім інтегрального значення БВ ($БВ_{(1)}$), ще й визначали його парціальне значення для визначення впливу зварювальних аерозолів на БВ кардіопульмональної системи. Для цього нами було побудовано відповідну математичну модель множинної регресії, що дозволяє оцінити парціальний БВ (ПБВ) [20–21].

У цьому випадку підібрані ті біомаркери, які відображають стан тих органів і систем (кардіопульмональна і центральна нервова системи), які

піддаються несприятливому впливу факторів зварювального виробництва. Як показали дослідження, ПБВ кардіопульмональної системи суттєво перевищує $BV_{(I)}$ інтегрально. Це особливо спостерігається при високих дозах, де відбувається збій адаптації та порушення роботи компенсаторних механізмів. Зокрема, для осіб старше 35 років кардіопульмональний ПБВ $[ПБВ_{(КП)}]$ визначається за наступним рівнянням лінійної регресії:

$$\begin{aligned} ПБВ_{(КП)35} = & 105,0764 + (-0,31723 \cdot \\ & АДС) + (0,072141 \cdot АДД) + \\ & (-0,46433 \cdot ЖЕЛ) + \\ & (-2,14663 \cdot ОРТ) + (-0,02895 \cdot СБ), \end{aligned} \quad (5)$$

де ЖЕЛ — життєва ємність легень, ОРТ — ортостатична проба, АДС — величина систолічного артеріального тиску; АДД — величина діастолічного артеріального тиску, СБ — час балансування на одній нозі.

У нашому випадку $ПБВ_{(КП)}$ перевищував інтегральний $BV_{(I)}$ для робітників зі стажем 0–4 роки на $(1,20 \pm 0,03)$ років. У деяких випадках $ПБВ_{(КП)}$ був меншим за $BV_{(I)}$, що може пояснюватися ретельним відбором осіб за відповідністю кардіопульмональної системи при проведенні попередніх медичних оглядів при прийомі на роботу. У стажовій групі понад 20 років $ПБВ_{(КП)}$ перевищував $BV_{(I)}$ на $(5,60 \pm 0,06)$ років. Маючи дані про смертність населення, у нашому випадку від кардіопульмональних захворювань, та $ПБВ_{(КП)}$, було не складно розрахувати за формулою 1, 2 парціальний вплив виробничих факторів на ПТМЖ.

Порівняння $ПБВ_{(КП)}$ і $BV_{(I)}$ дозволяє оцінити внесок зварювальних аерозолів як у загальні процеси зниження життєстійкості всього організму, так і тих органів і систем, які найбільш схильні до несприятливого впливу. Виходячи зі статистичних даних залежності рівня загальної захворюваності та захворюваності на кардіопульмональну систему населення досліджуваного регіону від віку та замінивши значення останнього на значення $BV_{(I)}$ та $ПБВ_{(КП)}$ досліджуваної когорти, можна судити про вплив виробничих факторів на рівень загальної та кардіопульмональної захворюваності. Тому для досліджуваної когорти співвідношення $КС_{БВ} = ПБВ_{(КП)} / BV_{(I)}$ можна розглядати як співвідношення ризику кардіопульмональної та загальної захворюваності, де $КС_{БВ}$ — коефіцієнт співвідношення середніх значень BV досліджуваних когорт.

Аналогічний для досліджуваної когорти коефіцієнт співвідношення ($КС_{\phi}$) можна отримати з фактичних даних про захворюваність. Наявність суттєвої різниці в отриманих коефіцієнтах дозволить судити про наявність помилки при оцінці BV або під час збору інформації про захворюваність за результатами медичних оглядів. У нашому випадку різниця у відсотковому вираженні між $КС_{БВ}$ і $КС_{\phi}$ склала 12,7 %, що свідчить про хорошу відповідність показників. Велике значення для оцінки та управління ризиком має динаміка зміни $КС_{БВ}$. У разі, якщо його значення зменшуватиметься зі збільшенням дози, можна припустити, що загальний вплив чинника на організм є переважаючим. Збільшення значення коефіцієнта в міру збільшення дози дозволяє думати про строго спрямовану дію фактору на ті органи і системи, які найбільше схильні до його впливу. У нашому випадку спостерігалось збільшення $КС_{БВ}$ (на 6,1 %) у міру збільшення дози, що дає підставу думати про більш виражену дію зварювальних аерозолів на кардіопульмональну систему.

На наш погляд, також цікаві такі коефіцієнти:

$$K_{(I)} = BV_{(I)} / KB \text{ та } K_{(КП)} = BV_{(КП)} / KB, \quad (6)$$

де $K_{(I)}$ та $K_{(КП)}$ — відповідні коефіцієнти, $BV_{(I)}$ — інтегральний біологічний вік, $BV_{(КП)}$ — кардіопульмональний біологічний вік, KB — коефіцієнт віку.

Висновки

Визначення BV та застосування його як проміжної ланки залежності «доза — ефект» дозволяє:

- стандартизувати досліджувану групу;
- виключити спотворювальну дію неврахованих чи невідомих факторів на залежність «доза — ефект»;
- судити про появу нових, які раніше не існували, збуджуючих факторів;
- у деяких випадках визначати передбачувану тривалість майбутнього життя певної когорти без складних епідеміологічних досліджень;
- судити про переважну спрямованість впливу на організм досліджуваного фактору в динаміці.

2005. № 1. С. 47–53. <https://doi.org/10.33573/ujoh2005.01.047>.

2. Suárez Sánchez F. A., Carvajal Peláez G. I., Catalá Alís. Occupational safety and health in construction: a

Література

1. Чернюк В. І., Вітте П. М. Оцінка ризиків здоров'ю та управління ними як проблема медицини праці. *Український журнал з проблем медицини праці*.

review of applications and trends. *J. Ind Health*. 2017. № 55 (3). P. 210–218.

3. Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці. Київ : МОЗ України, 2002. 17 с.

4. Hakansson C., Lexén A. The combination of psychosocial working conditions, occupational balance and sociodemographic characteristics and their associations with no or negligible stress symptoms among Swedish occupational therapists – a cross-sectional study. *BMC Health Serv Res*. 2021. № 21 (1). P. 471.

5. Проблемы оценки профессионального риска в медицине труда. Н. Ф. Измеров, В. А. Капцов, Э. И. Денисов, В. Г. Овакимов. *Медицина труда и пром. экол*. 1993. № 3–4. С. 1–5.

6. Schulte P. A., Kuempel E. D., Drew N. M. Characterizing risk assessments for the development of occupational exposure limits for engineered nanomaterials. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2018. № 95. P. 207–219.

7. Влияние нерадиационных факторов на развитие радиационной катаракты у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС. П. Витте, Ю. Кундиев, Р. Шор и др. *Гигиена труда*. 2003. Вып. 34, Т. 2. С. 634–648.

8. Non-radiation risk factors for leukemia: A case-control study among chornobyl cleanup workers in Ukraine. N. Gudzenko, M. Hatch, D. Bazyka et al. *Environ Res*. 2015. № 142. P. 72–76.

9. Социально-гигиенические аспекты профессионального риска для здоровья и резервы защиты временем. Н. Ф. Измеров, В. А. Капцов, Э. И. Денисов, В. Г. Овакимов. *Медицина труда и пром. экол*. 1994. № 2. С. 1–4.

10. Ballester Arias A. R., García A. M. Occupational Exposure to Psychosocial Factors and Presence of Musculoskeletal disorders in Nursing Staff: A review of Studies and Meta-Analysis. *Rev Esp Salud Publica*. 2017. № 91. P. e201704028.

11. Occupational exposure to nanoparticles originating from welding - case studies from the Czech

Republic. F. Berger, Š. Bernatíková, L. Kocúrková et al. *Med Pr*. 2021. № 72 (3). P. 219–230.

12. Сравнительная оценка моделей развития вибрационных нарушений при воздействии локальной вибрации. Г. Х. Суворов, О. К. Кравченко, Л. А. Тарасова, Л. М. Копелева. *Медицина труда и пром. экол*. 1993. № 3–4. С. 5–9.

13. Local vibration induced vascular pathological structural changes and abnormal levels of vascular damage indicators. N. Wei, R. Yan, L. Lang et al. *Microvasc Res*. 2021. № 136. P. 104163.

14. Рабенда А. Оцінка відносного та абсолютного ризику здоров'ю на робочих місцях електросварювальників. *Гигиена труда*. 2000. Вып. 31. С. 83–89.

15. Development of a mechanism for the rapid risk assessment of cross-border chemical health threats. C. Hague, R. Orford, T. Gaulton et al. *J. Expo Sci Environ Epidemiol*. 2021. № 31 (5). P. 876–886.

16. Кашуба Н. А. Построение и оценка моделей, описывающих изменение смертности с возрастом. *Гигиена труда*. 2004. Вып. 35. С. 534–545. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2004.00261.x>.

17. Holt-Lunstad J., Smith T. B., Layton J. B. Social relationships and mortality risk: a meta-analytic review. *PLoS Med*. 2010. № 7 (7). P. e1000316.

18. Кашуба Н. А. О методологических подходах к оценке общественного и индивидуального здоровья. *Довкілля та здоров'я*. 2003. № 4 (27). С. 69–72.

19. Sadare O., Williams M., Simon Can L. Implementation of the Health Equity Impact Assessment (HEIA) tool in a local public health setting: challenges, facilitators, and impacts. *J. Public Health*. 2020. № 111 (2). P. 212–219.

20. Кашуба Н. А. Визначення біологічного віку в робітників пилонебезпечних професій. *Вісник наукових досліджень*. 2004. № 3. С. 82–88.

21. Kwon D., Belsky D. W. A toolkit for quantification of biological age from blood chemistry and organ function test data: BioAge. *Geroscience*. 2021. No. 43 (6). P. 2795–2808.

Кашуба Н. А., Мельник Н. А., Сопель О. Н.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ РИСКА СМЕРТНОСТИ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ

Тернопольский национальный медицинский университет имени И. Я. Горбачевского
Министерства здравоохранения Украины

Введение. На сегодняшний день большинство существующих подходов к оценке риска смерти или профессионального заболевания при хроническом воздействии имеют ряд общих недостатков. Поэтому освещение способа использования показателей биологического возраста для оценки риска профессиональной заболеваемости актуально.

Цель исследования — обосновать возможность применения данных о биологическом возрасте для оценки риска развития заболевания или смерти.

Материалы и методы исследования. Были проведены исследования зависимости между дозой вредного фактора, биологическим возрастом и эффектом действия у 97 мужчин, работавших на предприятиях коммунального хозяйства, и у 112 мужчин (электросварщиков) в возрастном диапазоне от 21 до 57 лет, работавших на предприятиях Тернопольской области. Оценку биологического возраста производили с помощью созданной нами программы.

Результаты. В статье отражено использование показателей биологического возраста для оценки риска профессиональной заболеваемости. Предложен ряд математических формул, позволяющих прогнозировать предполагаемую продолжительность будущей жизни исходя из данных о биологическом возрасте рабочих разных возрастов. Также построена математическая модель множественной регрессии, позволяющая оценить парциальный биологический возраст рабочих. **Выводы.** Определение биологического возраста и применение его в качестве промежуточного звена зависимости «доза – эффект» позволяет стандартизировать исследуемую группу, исключить искажающее действие неучтенных или неизвестных факторов на зависимость «доза – эффект», судить о преимущественной направленности воздействия на организм исследуемого фактора в динамике.

Ключевые слова: биологический возраст, заболеваемость, смертность, доза, эффект

Kashuba N. A., Melnyk N. A., Sopel O. M.

BIOLOGICAL AGE AS A CRITERIA FOR ASSESSMENT OF THE RISK OF MORTALITY AND MORBIDITY

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University

Introduction. To date, most existing approaches to assess the risk of death or occupational disease from chronic exposure have a number of common shortcomings. Therefore, establishing the method of using biological age indices to assess the risk of occupational disease is relevant.

Research purpose is to substantiate the possibility of using data on biological age to assess the risk of developing disease or death.

Research materials and methods. Studies of the dependence between the dose of the harmful factor, biological age and the exposure effect were conducted on 97 men who worked at municipal utilities and 112 men aged from 21 to 57 years old who worked as electric welders in the Ternopil region. Biological age was estimated using a program created by us.

Results. The article highlights the use of indicators of biological age to assess the risk of occupational morbidity. We have proposed a number of mathematical formulas that allow predicting the expected length of future life based on data on the biological age of workers of different age groups. We also built a mathematical model of multiple regression, which allows us to estimate the partial biological age of workers.

Conclusions. Determination of biological age and its use as an intermediate link of dose-effect dependence allows standardizing the studied group, to exclude the distorting effect of unaccounted for or unknown factors on the dose-effect dependence, to judge the predominant directionality of the exposure to the studied factor in dynamics.

Key words: biological age, disease, death rate, dose, effect

References

1. Chernyuk, V. I., Vitte, P. M. (2005). «Evaluation of health risks and their management as an occupational health problem», *Ukrainian journal of occupational health*, No. 1, pp. 47–53. <https://doi.org/10.33573/ujoh2005.01.047>.

2. Suárez Sánchez, F. A., Carvajal Peláez, G. I., Catalá Alís, J. (2017). «Occupational safety and health in construction: a review of applications and trends», *Ind Health.*, Vol. 55, No. 3, pp. 210–218. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2016-0108>.

3. Office of the Ministry of Health of Ukraine (2002). Sanitary and hygienic characteristics of working conditions, Kyiv, 17 p.

4. Håkansson, C. and Lexén, A. (2021). «The combination of psychosocial working conditions, occupational balance and sociodemographic characteristics and their associations with no or negligible stress symptoms among Swedish occupational therapists – a cross-sectional study», *BMC Health Serv Res.*, Vol. 21, No. 1, p. 471. <https://doi.org/10.1186/s12913-021-06465-6>.

5. Izmerov, N. F., Kaptsov, V. A., Denisov, E. I. and Ovakimov, V. G. (1993). «Problems of occupational risk assessment in occupational medicine», *Occupational medicine and industry. ecol.*, No. 3–4, pp. 1–5.

6. Schulte, P. A., Kuempel, E. D. and Drew, N. M. (2018). «Characterizing risk assessments for the development of occupational exposure limits for engineered nanomaterials», *Regul Toxicol Pharmacol.*, No. 95, pp. 207–219. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2018.03.018>.

7. Vitte, P., Kundiev, Yu., Shor, R. et al. (2003). «Influence of non-radiation factors on the development of radiation cataract in liquidators of the consequences of the Chernobyl accident» [«Vliyaniye neradiatsionnykh faktorov na razvitiye radiatsionnoy katarakty u likvidatorov posledstviy avarii na ChAES»], *Gigiena truda*, No. 34, pp. 634–648.

8. Gudzenko, N., Hatch, M., Bazyka, D. et al. (2015). «Non-radiation risk factors for leukemia: A case-control study among chernobyl cleanup workers in Ukraine», *Environ Res.*, No. 142, pp. 72–76. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.06.019>.

9. Izmerov, N. F., Kaptsov, V. A., Denisov, E. I. and Ovakimov, V. G. (1994). «Socio-hygienic aspects of occupational risk for health and time reserves», *Occupational medicine and industry. ecol.*, No. 2, pp. 1–4.

10. Ballester Arias, A. R., García, A. M. (2017). «Occupational Exposure to Psychosocial Factors and Presence of Musculoskeletal disorders in Nursing Staff:

A review of Studies and Meta-Analysis», *Rev Esp Salud Publica*, No. 91, p. e201704028.

11. Berger, F., Bernatíková, Š., Kocůrková, L. et al. (2021), «Occupational exposure to nanoparticles originating from welding – case studies from the Czech Republic», *Med Pr.*, Vol. 72, No. 3, pp. 219–230. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.01058>.

12. Suvorov, G. Kh., Kravchenko, O. K., Tarasova, L. A. and Kopeleva, L. M. (1993), «Comparative evaluation of models of development of vibration disturbances under the influence of local vibration», *Occupational medicine and industry. ecol.*, No. 3–4, pp. 5–9.

13. Wei, N., Yan, R., Lang, L. et al. (2021), «Local vibration induced vascular pathological structural changes and abnormal levels of vascular damage indicators», *Microvasc Res.*, No. 136, p. 104163. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2021.104163>.

14. Rabenda, A. (2000), «Evaluation of the gross and absolute health risk in the working areas of electric welders» [«Otsinka vidnosnogo ta absolyutnogo riziku zdorov'yu na robochikh mistyakh elektrozvayuvalnikov»], *Gigiena truda*, Vol. 31, pp. 83–89.

15. Hague, C., Orford, R., Gaulton, T. et al. (2021), «Development of a mechanism for the rapid risk assessment of cross-border chemical health threats», *J. Expo Sci. Environ Epidemiol.*, Vol. 31, No. 5, pp. 876–886. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00344-2>.

16. Kashuba, N. A. (2004), «Construction and evaluation of models describing the change in mortality with age» [«Postroyeniye i otsenka modeley. opisyvayushchikh izmeneniye smertnosti s vozrastom»], *Gigiena truda*. Vol. 35, pp. 534–545. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2004.00261.x>.

17. Holt-Lunstad, J., Smith, T. B. and Layton, J. B. (2010), «Social relationships and mortality risk: a meta-analytic review», *PLoS Med.*, Vol. 27, No. 7, p. e1000316. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000316>.

18. Kashuba, N. A. (2003), «On methodological approaches to the assessment of public and individual health», *Environment and health*, Vol. 27, No. 4, pp. 69–72.

19. Sadare, O., Williams, M. and Simon, L. (2020), «Implementation of the Health Equity Impact Assessment (HEIA) tool in a local public health setting: challenges, facilitators, and impacts», *Can. J. Public Health*. Vol. 111, No. 2, pp. 212–219. <https://doi.org/10.17269/s41997-019-00269-2>.

20. Kashuba, N. A. (2004), «Appointment of the biological age in robotics in saw-to-peer professions», *Bulletin of Scientific Research*, No. 3, pp. 82–88.

21. Kwon, D. and Belsky, D. W. (2021), «A toolkit for quantification of biological age from blood chemistry and organ function test data: BioAge», *Geroscience*, Vol. 43, No. 6, pp. 2795–2808. <https://doi.org/10.1007/s11357-021-00480-5>.

ORCID ID співавторів та їхній внесок у підготовку та написання статті:

Кашуба М. О. (ORCID ID 0000-0002-3370-280) – формулювання ідей, ключових цілей і задач, інтерпретація даних, написання статті, формування висновків;

Мельник Н. А. (ORCID ID 0000-0002-7357-7551) – пошук та аналіз літератури, збір первинних даних, написання статті, оформлення тексту;

Сопель О. М. (ORCID ID 0000-0003-3807-1317) – пошук та аналіз літератури, написання статті, оформлення тексту.

Інформація щодо джерел фінансування дослідження: дослідження виконані без спонсорської допомоги.

Надійшла: 29 серпня 2022 р.

Прийнята до друку: 15 вересня 2022 р.

Контактна особа: Кашуба Микола Олексійович, доктор медичних наук, професор, кафедра загальної гігієни та екології, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського, буд. 1, Майдан Волі, м. Тернопіль, 46001. Тел.: + 38 0 972284384. Електронна пошта: kashuba@tdmu.edu.ua