

29. Martin W.D. Time course of changes in soleus fibers of rats subjected to chronic centrifugation // Aviat. Space and Environ. Med. – 1978. – Vol.49. – №6. – P.792–797.
30. Stupakov G.P. Skeletal system in weightlessness // Skeletal system in weightlessness // Constituent. Cong. Int. Soc. for Pathophysiol, Moscow, May 28–June 1, 1991. – Kuapio, 1991. – P.356.
31. Trayer H.R., Winstanley M.A., Trayer I.P. The separation of heavy meromyosin isoenzymes by differential actin binding // FEBS Lett. – 1977. – Vol.83. – №1 – P.141–145.
32. Zarbas Yan G., Vezentsov Gridari E., Abratow N. // Lunarization of human bone tissue under hypokinesia physical exercise with calcium supplements. Acta astronaut. – 1989. – N.4. – P.347–351.

УДК 371.71

ББК 28.9

Богдан Лісовський

### ФУНКЦІОНАЛЬНІ РЕЗЕРВИ КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ ЯК ПОКАЗНИК ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

*Функціональні можливості кардіореспіраторної системи, зокрема показник МСК, в однаковій мірі відбивають як рівень фізичної працездатності, так і соматичного здоров'я організму людини. При цьому рівень фізичної працездатності є кількісним показником здоров'я. Саме по здатності організму мобілізувати свої енергетичні ресурси можна судити про рівень здоров'я індивідуума й ступінь резистентності організму до широкого спектру патогенних впливів довкілля. При раціональній організації рухового режиму людини, підборі адекватних корекційних програм можливе підвищення кардіореспіраторної витривалості, а відповідно – і стану соматичного здоров'я. Корекція аеробної витривалості організму може реалізуватися через вдосконалення механізмів специфічної адаптації до фізичних навантажень тих систем, які лімітують аеробні процеси енергозабезпечення.*

**Ключові слова:** здоров'я людини, кардіореспіраторна система, функціональні резерви.

*Functional possibilities of the cardiorespiratory system, in particular maximal oxygen absorption index, in an identical measure represent both level of physical efficiency, and somatic health of man's organism. Thus the level of physical efficiency is the quantitative index of health. It is possible to state about the health level of individual and degree of organism resistance to the wide spectrum of the pathogenic environment influencing on power of organism to mobilize the power resources. The rise of cardiorespiratory tolerance and accordingly the state of somatic health is possible during rational organization of the motive man's regime, selection of the adequate correction programs. Correction of aerobic tolerance of organism can be realized through perfection of specific adaptation machineries to the physical loading of those systems, which limit the aerobic processes of energy-supply.*

**Key words:** man health, functional backup, cardiorespiratory system.

**Постановка проблеми.** За своєю практичною вагомістю проблема здоров'я людини є однією із найскладніших у сучасній цивілізації [12]. Як відомо, здоров'я людини залежить як від генетичних факторів, так і від стану навколишнього середовища, медичного забезпечення, умов і способу життя [20].

Про рівень здоров'я індивідуума, ступінь опірності організму до широкого спектру несприятливих впливів навколишнього середовища можна судити за його здатністю мобілізувати свої енергетичні ресурси, які визначаються функціональними можливостями кардіореспіраторної системи [3, 21]. Оскільки за останні десятиліття стан здоров'я населення України істотно погіршився [9], то дослідження функціональних резервів кардіореспіраторної системи і розробка дієвих шляхів їх підвищення є актуальною проблемою сьогодення.

Уява про резервні можливості організму пов'язана з фізіологічним вченням К.Бернара, П.Бера, У.Кеннона про збереження гомеостазу при дії на організм несприятливих факторів за рахунок посилення функцій життєво важливих органів і

систем з використанням їх резервів. Принципові положення вчення про фізіологічні резерви були розроблені в 30-х роках академіком Л.А.Орбелі. У фізіології спорту ця проблема почала вивчатися В.В.Кузнецовим та А.С.Мозжухіним [1; 14; 16; 17; 19].

На сьогодні під фізіологічними резервами організму розуміють вироблену в процесі еволюції адаптаційну і компенсаторну здатність органу, системи й організму в цілому посилювати в багато разів інтенсивність своєї діяльності порівняно зі станом відносного спокою. Фізіологічні резерви забезпечуються системним структурним слідом адаптації, певними анатомо-фізіологічними особливостями будови і діяльності організму, а саме наявністю парних органів, що забезпечує заміщення порушеної функції (аналізатори, залози внутрішньої секреції, нирки та ін.); значним посиленням діяльності серця, збільшенням загальної інтенсивності кровотоку, легеневої вентиляції і посиленням діяльності серця та інших органів і систем; високою резистентністю клітин і тканин організму до різних зовнішніх впливів та змін внутрішнього середовища. Функціональний резерв органу або системи може бути кількісно охарактеризований різницею між максимально можливим показником при м'язовій роботі і рівнем функцій в умовах фізіологічного спокою [20].

Всі резервні можливості організму поділяються на дві групи: соціальні резерви (психологічні і спортивно-технічні) і біологічні (структурні, біохімічні і фізіологічні). Морфофункціональною основою фізіологічних резервів є органи, системи організму і механізми їх регуляції, що забезпечують переробку інформації, підтримання гомеостазу і координацію рухових та вегетативних актів.

Фізіологічні резерви включаються не всі одразу, а по чергово. Перша черга резервів реалізується при роботі до 30% від абсолютних можливостей організму і включає перехід від стану спокою до повсякденної діяльності. Механізм цього процесу – безумовні та умовні рефлекси. Друга черга включення здійснюється при напруженій діяльності, часто в екстремальних умовах при роботі від 30% до 65% від максимальних можливостей (трениування, змагання). При цьому включення відбувається завдяки нейрогуморальним впливам, а також вольовим зусиллям та емоціям. Третій ешелон резервів мобілізується, звичайно, в боротьбі за життя, часто після втрати свідомості, в агонії. Включення цих резервів забезпечується безумовно-рефлекторним шляхом і зворотними зв'язками. Функціональний резерв органу або системи може бути кількісно охарактеризований різницею між максимально можливим показником при м'язовій роботі і рівнем функцій в умовах фізіологічного спокою.

Вважають, що здоров'я – це такий психофізіологічний стан людини, який характеризується не тільки відсутністю патологічно змінених окремих органів і систем, але й такими функціональними резервами організму людини, які є достатні для ефективною біологічної і соціальною адаптації та збереження високої фізичної і розумовою працездатності [20].

На сьогодні найбільш поширені дві моделі діагностики рівня здоров'я: визначення біологічного віку й оцінка енергопотенціалу (резервів біоенергетики) на організменному рівні. Обидві вони характеризують біологічну функцію виживання – один з основних виявів здоров'я.

Чим більше доступні для використання резерви біоенергетики, тим життєздатніший організм, тому що життя підтримується витратою енергії. При цьому відзначається одна важлива закономірність: чим могутніший апарат мітохондрій, що є субстратом енергопотенціалу клітини, тим більший діапазон зовнішніх впливів вона здатна витримати і відновити свою структуру. На органному рівні спостерігається

та ж закономірність: чим менший резерв енергії, тим швидше виявляється дія на орган екстремального впливу у вигляді порушення гомеостазу. Здатність мобілізувати ресурси органів, систем, всього організму — перша умова термінового його пристосування до впливу екстремальних факторів. Боротьба за підтримку оптимальної напруги кисню в клітині багато в чому визначила весь хід еволюції живого. Здатність збільшувати при необхідності поглинання кисню визначає той резерв енергії, що може бути використаний для інтенсифікації процесів життєдіяльності. Чим більша ця властивість, тим організм життєздатніший [2; 3]. Отже, проблема виміру ступеня життєздатності, іншими словами – рівня соматичного здоров'я, ґрунтується в проблему оцінки потужності й ефективності аеробного енергоутворення. З фізіологічного погляду цей показник інтегрально характеризує стан киснево-транспортної системи і метаболічних функцій, з біологічної – ступінь життєздатності системи – живого організму.

Доведено, що максимальне споживання кисню (МСК) – показник, який характеризує стійкість організму до усляких факторів – від гіпоксії і крововтрати до радіоактивного випромінювання [2, 18].

Аналіз результатів популяційних досліджень дозволив вперше описати феномен “безпечного рівня” здоров'я (IV–V рівні) і дати йому кількісну характеристику [3, 4]. “Безпечний рівень” характеризується МСК для чоловіків 42 мл/хв/кг, а для жінок – 35 мл/хв/кг маси тіла. У “безпечній зоні” здоров'я практично не реєструються ендогенні фактори ризику, маніфестовані форми хронічних неінфекційних захворювань, низький ризик смерті від них. При виході індивіда з “безпечної зони” здоров'я виявляється феномен “саморозвитку” патологічного процесу без зміни сили діючих факторів (умов існування): спочатку формуються ендогенні фактори ризику, розвивається патологічний процес і відбувається його маніфестація у вигляді конкретної нозологічної форми. Отже, безпосередня причина поширеності хронічних неінфекційних захворювань, що виникла в другій половині ХХ століття, полягає у виході енергопотенціалу біосистеми в сучасній людській популяції за межі “безпечної зони”.

Звідси випливає, що чим вищий енергетичний потенціал організму, тим вищий рівень здоров'я. Доведено, що ендогенні фактори ризику ішемічної хвороби серця формуються лише при зниженні потенційних можливостей організму до м'язової діяльності [4, 18, 20]. Проведені дослідження дозволили виявити певну залежність між рівнем фізичної працездатності організму та функціональними можливостями ЦНС, кардіореспіраторної системи, а також характером регуляції вегетативних і рухових функцій. Саме регуляція фізіологічних функцій інтегрально відбиває адаптаційні можливості організму не тільки до фізичних навантажень, але й до інших впливів навколишнього середовища [10, 19].

Фізична працездатність організму багато в чому залежить від швидкості і можливості забезпечення достатньої кількості енергії. Основний шлях енергетичного забезпечення м'язової діяльності – окисне фосфорилування, яке тісно пов'язане зі споживанням кисню, величина якого залежить від функціонального стану кардіореспіраторної системи, а саме від резервів киснево-транспортної системи (дихального об'єму, максимальної вентиляції і дифузійної здатності легенів, легеневого кровообігу, кисневої ємності крові; об'ємної щільності гемокапілярів в скелетних м'язах, та мітохондрій у м'язових волокнах) [7, 8]. Киснева межа є найбільш інтегральним показником, що характеризує здатність організму при максимальній нарузі забезпечувати потребу тканин у кисні. Величина МСК залежить від узгодженості функцій

не тільки кардіореспіраторної системи, але і ЦНС.

Одночасно МСК є надійним критерієм оцінки стану здоров'я, тому що відображає ступінь стійкості організму до патогенних факторів навколишнього середовища. Показник МСК знаходиться у великій кореляційній залежності від площі поверхні й маси тіла, окружності грудної клітки, величини ЖЄЛ тощо [5, 6, 7, 8]. Отже, функціональні можливості кардіореспіраторної системи, зокрема показник МСК, однаковою мірою відбивають як рівень фізичної працездатності, так і соматичного здоров'я людини.

Збільшення діапазону фізіологічних резервів і великі можливості їх мобілізації забезпечуються шляхом розвитку витривалості. Аеробна витривалість залежить від функціональних можливостей киснево-транспортної системи, яка забезпечує абсорбцію кисню з повітря і його транспорт до працюючих скелетних м'язів та інших активних органів і тканин й утилізації кисню в м'язах із крові [11, 13].

При м'язовій роботі головною лімітуючою ланкою споживання кисню є резерви киснево-транспортної системи. Фактори апарату кровообігу, що обмежують споживання кисню, поділяють на:

- фактори центральних механізмів гемодинаміки (хвилинний об'єм крові, тонус артеріальних судин, ефективність венозного повернення крові до серця);
- фактори периферійних механізмів гемодинаміки (швидкість капілярного кровотоку, кількість функціонуючих нутритивних гемокапілярів).

Вважають, що одним з лімітуючих факторів споживання кисню є потужність скорочення міокарду, оскільки потреба в кисні працюючих скелетних м'язів більша, ніж можливості серця щодо постачання  $O_2$ .

Відомо, що при фізичних навантаженнях важливими детермінантами транспорту кисню є показник хвилинного об'єму кровотоку (ХОК), від якого на 50% залежить величина МСК. Величина ХОК, у свою чергу, лімітується величиною систолічного об'єму крові, який обумовлений потужністю роботи серця. Але, збільшивши максимальний систолічний об'єм крові за рахунок фізіологічної гіпертрофії міокарда та дилатації порожнин серця, можна зменшити обмежуючу роль ХОК. Тому вважають, що підвищення величини МСК шляхом збільшення максимальної величини систолічного об'єму крові обмежене, адже фізіологічна гіпертрофія та дилатація порожнин серця відбувається до певного рівня, після чого подальше їх зростання вже вважається як патологічне явище, що супроводжується значним зниженням аеробної продуктивності організму [6].

Зростання систолічного об'єму до максимальної величини можливе лише в певному діапазоні частоти серцевих скорочень, при перевищенні якого спостерігається його зменшення. Виявлено, що для нетренованих людей нижньою межею цієї зони є 100–110 уд/хв, а верхньою – 170–180 уд/хв, а у спортсменів, відповідно, 130 та 195–200 уд/хв [12].

Тонус артеріальних судин також може бути серед факторів центрального механізму гемодинаміки, що обмежують поглинання кисню, адже еластичність стінок артерій значною мірою визначає ефективність гемодинаміки, що забезпечує ефективний транспорт кисню до працюючих м'язів. Необхідне підвищення швидкості кровообігу при м'язовій роботі досягається через низку спеціальних судинних реакцій, у результаті яких підвищується тонус великих артерій.

Серед факторів, що входять до комплексу центрального лімітуючого механізму кровообігу в системі транспорту кисню, є швидкість повернення венозної крові до серця при фізичній роботі. Це пояснюється тим, що величина ХОК, від якої залежить утилізація організмом кисню, значною мірою зумовлена об'ємом її венозної частини, яка повертається до правого передсердя. При фізичному навантаженні внаслідок розкриття резервних капілярів, а також збільшення їх просвіту відбувається значне зростання об'ємного кровотоку у працюючих скелетних м'язах [6].

Названі фактори центрального лімітуючого механізму гемодинаміки можуть обмежити лише транспорт кисню. Засвоєння мітохондріями м'язових клітин кисню з еритроцита значною мірою залежить від факторів периферійного механізму кровообігу. Зокрема, від лінійної швидкості руху крові в гемокапілярах при м'язовій роботі залежить покращення звільнення кисню з еритроцитів. При підвищенні фізичних навантажень до максимальної величини зростає перфузійний тиск, що збільшує лінійну швидкість руху крові в мікроциркуляторному руслі і погіршує засвоєння кисню. За таких обставин включається компенсаторний механізм – функціональне шунтування нутривного капіляра, яке зменшує лінійну швидкість кровотоку в капілярній сітці і цим самим сприяє покращенню дифузії кисню в напрямку до м'язових клітин.

Рівень аеробної витривалості визначається і функціональними можливостями системи зовнішнього дихання, адже швидкість переходу кисню з альвеол у кров залежить від дифузійної здатності альвеолярно-капілярного бар'єру, яка при фізичних навантаженнях зростає за рахунок збільшення дихального об'єму і розширення альвеолярно-капілярної площі [21].

Рівень поглинання кисню значною мірою може залежати від показників максимальної вентиляції легенів, які зумовлені транспортними можливостями бронхіального дерева і функціональними можливостями дихальних м'язів. Величина МСК може обумовлюватися також і кисневою ємністю крові, адже між показниками вмісту гемоглобіну і  $VO_{2max}$  існує прямий кореляційний зв'язок. При цьому абсолютні показники МСК знаходяться в прямій залежності від маси тіла, як правило, м'язового компонента. Збільшення маси тіла за рахунок жирового компоненту може негативно впливати на відносні показники МСК [22].

Систематичні тренування, спрямовані на удосконалення витривалості, призводять до зростання показників МСК та порогу анаеробного обміну (ПАНО), який теж характеризує аеробну продуктивність, оскільки визначає інтенсивність фізичного навантаження, вище якого в людини розвивається метаболічний ацидоз. Так, якщо  $VO_2$  під впливом тренувань збільшується в середньому на 20–30%, то ПАНО – на 40–50 % [5]. У нетренованих осіб ПАНО знаходиться на рівні 50–60 %  $VO_{2max}$ , а в бігунів-стайерів високої кваліфікації може досягати 85–90% максимального поглинання кисню. Межі зростання показників аеробної продуктивності є генетично детермінованими.

Таким чином, функціональні можливості кардіореспіраторної системи, зокрема показник МСК, однаковою мірою відбивають як рівень фізичної працездатності, так і соматичного здоров'я організму людини. При цьому рівень фізичної працездатності є кількісним показником здоров'я. Саме за здатністю організму мобілізувати свої енергетичні ресурси можна судити про рівень здоров'я індивідуума й ступінь резистентності організму до широкого спектру патогенних впливів довкілля.

При раціональній організації рухового режиму людини, підборі адекватних корекційних програм можливе підвищення кардіореспіраторної витривалості, а відпо-

відно – і стану соматичного здоров'я.

Корекція аеробної витривалості організму може реалізуватися через вдосконалення механізмів специфічної адаптації до фізичних навантажень тих систем, які лімітують аеробні процеси енергозабезпечення.

1. Агаджанян Н.А., Марачев А.Г., Бабков Г.А. Экологическая физиология человека. – М.: Издательская фирма "Круж", 1998. – 416 с.
2. Апанасенко Г.Л. Диагностика индивидуального здоровья // Валеология. – 2002. – №3. – С.27–31.
3. Апанасенко Г.Л. Начала валеологии. Индивидуальное здоровье (сущность, феноменология, стратегия управления) // Український медичний часопис. – 2002. – №5. – С.45–49.
4. Апанасенко Г.Л., Чебаненко Н.І. Якість життя як сучасна прикладна проблема медицини // Охорона здоров'я України. – 2003. – №2. – С.55–59.
5. Булатова М.М., Платонов В.Н. Спортсмен в различных климатогеографических и погодных условиях. – К.: Олимпийская литература, 1996. – 176 с.
6. Глазирін І.Д. Основи диференційованого фізичного виховання. – Черкаси: Відлуння – Плюс, 2003. – 352 с.
7. 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.
8. Драницин О.В. Зміна площі еритроцитів у спортсменів високої кваліфікації під дією фізичного навантаження // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – 2003. – №4. – С.85–88.
9. Жуков Г.М., Ринда Ф.П. Практичні та теоретичні аспекти управління здоров'ям населення // Охорона здоров'я України. – 2002. – №1. – С.32–35.
10. Іванюра І.О. Взаємозв'язок між нейродинамічними і вегетативними функціями організму учнів при адаптації до тривалих фізичних навантажень // Вісник проблем біології і медицини. – 2000. – Вип.4.
11. Квашніна Л.В. Адаптаційно-компенсаторні зміни основних функцій кардіореспіраторної системи на дозоване фізичне навантаження у здорових дітей // Актуальні проблеми педіатрії. – 2000. – №3. – С.36–39.
12. Мицкан Б.М. Здоровий спосіб життя в контексті ноосферного мислення та фактори, які впливають на ставлення до індивідуального здоров'я // Вісник Прикарпатського університету. Серія: Фізична культура. – Івано-Франківськ, 2004. – Вип.І. – С.5–13.
13. Моїсеєнко Є.В. Стан кардіореспіраторних механізмів газообміну організму підлітків 15-річного віку // Фізіологічний журнал. – 2002. – Т.48. – №2. – С.89.
14. Мозжухин А.С. Характеристика функциональных резервов человека // Проблемы резервных возможностей человека. – М.: ВНИИФК, 1982. – С.43–50.
15. Поташнюк І.В. Фізична підготовленість учнів гімназії як показник фізіологічних резервів організму // Вісник наукових досліджень. – 2003. – №2. – С.83–86.
16. Радзиевский А., Верич Г. Об оптимальности двигательной активности человека // Четвертый Международный научный конгресс "Олимпийский спорт и спорт для всех: проблемы здоровья, рекреации, спортивной медицины та реабилитации". – К., 2000. – С.416.
17. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая, Спортивная, Возрастная. – М.: Терра-Спорт, Олимпия Пресс, 2001. – С.199–201.
18. Сухарев А.Г. Здоровье и физическое воспитание. – М., 1991. – 321 с.
19. Ткаченко Л.М. Реакції дихання та кровообігу на м'язове навантаження та їх зв'язок з автономною нервовою системою // Фізіологічний журнал. – 2000. – Т.46, №4. – С.33–39.

20. Bulicz E., Murawow I. *Zdrowie człowieka i jego diagnostyka. Efekty zdrowotne aktywności ruchowej.* – Radom: Politechnica R, 2003. – 533 s.
21. King A.S. *The Cardiorespiratory System: Integration of Normal and Pathological Structure and Function.* – Iowa State Press, 1999. – 630 p.
22. Richard F., Arveiler D. *Body mass index, hypertension and 5-year coronary heart disease incidence in middle aged men: the PRIME Study // Hypertens.* – 2003. – №3. – P.519–524.