

Використання показників жорсткості та енергетики міокарда як маркерів старіння серцево-судинної системи

Л.А. Бодрецька, І.С. Шаповаленко, І.А. Антонюк-Щеглова,
О.В. Бондаренко, С.С. Наскалова, В.Б. Шатило

ДУ «Інститут геронтології ім. Д.Ф. Чеботарьова НАМН України», Київ;
e-mail:naskalov@bigmir.net

Вивчити вікові зміни показників жорсткості міокарда лівого шлуночка і можливість їх використання для визначення біологічного віку людини. Обстежено 188 практично здорових людей (15 жінок та 73 чоловіків), яких розподілили за віком на 5 груп: I – 30–39 років (n = 25), II – 40–49 років (n = 40), III – 50–59 років (n = 38), IV – 60–69 років (n = 46), V – 70–79 років (n = 39). Проведено клінічне обстеження, ехокардіографію, розраховано біологічний вік серцево-судинної системи (ССС) за шкалою Флемінга. У практично здорових людей з віком статистично значимо збільшуються показники жорсткості міокарда лівого шлуночка та енергетичної вартості роботи серця, зменшується потенціальна енергія. Перевищення біологічного віку обстежених щодо їх календарного віку виявлено у 4 (10%, 95%ДІ 2,6–21,5, P = 0,05), 12 (31,6%, 95%ДІ 17,6–47,6, P = 0,05) та 14 (30,4%, 95%ДІ 17,8–44,8, P = 0,05) осіб віком 40–49, 50–59 та 60–69 років відповідно, що свідчить про прискорене старіння ССС. Встановлено прямий кореляційний зв'язок помірної сили між біологічним віком та показниками енергетичної вартості роботи серця. Показники жорсткості міокарда та енергії, витраченої на скорочення серця, доцільно використовувати як маркери старіння для визначення біологічного віку ССС.

Ключові слова: біологічний вік серцево-судинної системи; жорсткість міокарда; енергетична вартість роботи серця.

ВСТУП

Вікові зміни серцево-судинної системи (ССС) відіграють важливу роль у процесах старіння організму, визначають його темп і очікувану тривалість життя. У зв'язку цим низка кількісних параметрів функціонування ССС, які є маркерами старіння, входять до формул визначення біологічного віку [1]. Водночас «класичний» інтегральний показник насосної функції серця – фракція викиду лівого шлуночка (ФВЛШ), який протягом тривалого часу використовується для діагностики та контролю лікування хворих із серцево-судинними захворюваннями, мало змінюється в процесі фізіологічного старіння, а тому не може використовуватись як маркер старіння ССС для визначення біологічного віку людини. Для

© Л.А. Бодрецька, І.С. Шаповаленко, І.А. Антонюк-Щеглова, О.В. Бондаренко, С.С. Наскалова, В.Б. Шатило

життєдіяльності організму більш важливим є не відсоток крові, що викидається за одне скорочення серця, а адекватне забезпечення насосною функцією серця потреб тканин у кисні. Тому актуальним є пошук таких маркерів старіння, які кількісно характеризують зміни жорсткості міокарда ЛШ як найбільш ранніх проявів вікових змін ССС.

Мета дослідження – вивчити вікові зміни показників жорсткості міокарда ЛШ і можливість їх використання для визначення біологічного віку людини.

МЕТОДИКА

У дослідження включено 188 практично здорових людей (115 жінок та 73 чоловіків), яких розподілили за віком: I група – 30–39

років ($n = 25$), II – 40–49 років ($n = 40$), III – 50–59 років ($n = 38$), IV – 60–69 років ($n = 46$), V – 70–79 років ($n = 39$). В обстеженні не брали участь пацієнти з загостренням або некомпенсованими станами хронічних захворювань серцево-судинної, травної, дихальної систем організму, з цукровим діабетом 1-го та 2-го типу, з онкологічними захворюваннями. Осіб з серцевою недостатністю, що мали збережену скоротливу здатність, виключали згідно з рекомендаціями фахівців з клініки Mayo [2].

Біологічний вік ССС визначали за шкалою Флемінга, використовуючи показники: календарний вік, стать, вміст загального холестерину, ліпопротеїдів низької щільності, рівня артеріального тиску (АТ) [3].

Безпосередньо перед початком ультразвукового дослідження серця у всіх обстежених вимірювали АТ систолічний (САТ) та діастолічний (ДАТ) методом Короткова за стандартним протоколом у положенні сидячи [4]. До вимірювання обстежених відпочивав протягом 5 хв. При діаметрі плеча менше ніж 32 см використовували стандартну манжетку, у разі більше ніж 32 см – спеціальну манжетку. Манжетку накладали на плече так, щоб її нижній край був на 2-3 см вище від внутрішньої складки ліктьового згину. АТ вимірювали тричі з інтервалом 1-2 хв і розраховували середнє значення. Частоту серцевого скорочення (ЧСС) визначали після третього вимірювання АТ. Ехокардіографічне дослідження проводили лише за умов нормальних значень АТ та ЧСС.

Показники центральної гемодинаміки, систолічної та діастолічної функції ЛШ, структурно-функціональних особливостей ЛШ, масу міокарда лівого шлуночка (ММЛШ) визначали методом двомірної ехокардіографії з доплерографічним дослідженням на апараті «Xario SSA-660A» фірми «Toshiba» (Японія) за стандартною методикою з використанням датчика PST-30BT 3,0 МГц.

Показники жорсткості міокарда ЛШ визначали розрахунком шлуночково-арте-

ріального спряження (ШАС), артеріальної (АЖ) та шлуночкової жорсткості (ШЖ) за формулами [5, 6]:

$$\text{ШЖ} = 0,9 \times \text{САТ} / \text{КСО},$$

$$\text{АЖ} = 0,9 \times \text{САТ} / \text{УО},$$

$$\text{ШАС} = \text{АЖ} / \text{ШЖ}$$

САТ – систолічний артеріальний тиск,

КСО – кінцево-систолічний об'єм ЛШ,

УО – ударний об'єм ЛШ.

Діастолічну жорсткість (ДЖ) розраховували за формулою:

$\text{ДЖ} = E / e'_{\text{латеральне}} / \text{УО}$, де E – максимальна швидкість трансмітрального кровотоку в фазу раннього наповнення ЛШ,

$e'_{\text{латеральне}}$ – швидкість раннього діастолічного руху латерального сегмента кільця мітрального клапана.

Шлуночково-артеріальне спряження правого шлуночка (ШАС) розраховували за формулою:

$\text{ШАС} = \text{TAPSE} / \text{ТЛА}$, де TAPSE – систолічна екскурсія кільця трикуспідального клапана (tricuspid annular plane systolic excursion),

ТЛА – систолічний тиск у легеневій артерії.

Параметри, що характеризують енергію роботи ЛШ, розраховували за методикою, запропонованою Chirinos та співавт. [6, 7]:

$\text{ПЕ} = \text{КСТ} \times \text{КСО} / 2 - \text{КДТ} \times \text{КСО} / 4$, де ПЕ – потенційна енергія (невикористана енергія при скороченні ЛШ),

КСТ – кінцево-систолічний тиск ЛШ, розрахований за формулою $0,9 \times \text{САТ}$,

КСО – кінцево-систолічний об'єм ЛШ,

КДТ – кінцево-діастолічний тиск ЛШ, розрахований за формулою $0,9 \times \text{ДАТ}$.

$\text{УР} = \text{КСТ} \times \text{УО}$, де УР – ударна робота ЛШ (потрачена енергія на викид крові),

КСТ – кінцево-систолічний тиск,

УО – ударний об'єм ЛШ.

$\text{ЗТО} = \text{УР} + \text{ПЕ}$, де ЗТО – зона тиск-об'єм (загальна енергія ЛШ).

Механічну ефективність роботи ЛШ за формулою: $\text{МЕР} = \text{УР} / \text{ЗТО}$.

Статистичну обробку результатів проводили із застосуванням програми Medstat [8]. Середнє значення показників визнача-

ли за допомогою пакету аналізу у системі Office Excel 2007, Microsoft. Для перевірки розподілу на нормальність використовували W-критерій Шапіро-Уїлка. При нормальному розподілі для порівняння застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA), міжгрупові відмінності – за методом множинних порівнянь Шеффе. Для виявлення зв'язку між показниками використано кореляційний аналіз з коефіцієнтом лінійної кореляції Пірсона. Для порівняння частоти якісних показників застосовували метод кутового перетворення Фішера, розраховували критерій χ^2 Пірсона для таблиць спряженості з поправкою Йейтса.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати обстеження хворих представлено в табл. 1. Слід відмітити збільшення, в межах нормальних референтних значень, САТ та

ДАТ, починаючи з віку 40–49 років, міжгрупова різниця для САТ: 30–39 та 40–49 років ($F = 4,20$), 30–39 та 50–59 років ($F = 3,80$), 30–39 та 60–69 років ($F = 4,67$), 30–39 та 70–79 років ($F = 5,18$); для ДАТ 30–39 та 40–49 років ($F = 5,14$), 30–39 та 50–59 років ($F = 2,47$), 30–39 та 60–69 років ($F = 4,15$). Вірогідної різниці між групами осіб старших за 40 років не виявлено. ЧСС не мала відмінностей у обстежених різного віку. Спостерігалось статистично значиме зменшення з віком розмірів ЛШ.

З віком у обстежених не виявлялися зміни УО та ФВ ЛШ, а вірогідно збільшувалися ММ та ВТС, що характеризує компенсаторну гіпертрофію міокарда ЛШ, починаючи з 60–69 років. Міжгрупові відмінності були вірогідними для ВТС: 30–39 та 60–69 років ($F = 7,56$), 30–39 та 70–79 років ($F = 3,81$); для ММ 30–39 та 60–69 років ($F = 4,08$) 30–39 та 70–79 років ($F = 4,22$). Враховуючи, що у па-

Таблиця 1. Показники дослідження серцево судинної системи у здорових людей різного віку ($M \pm m$)

Показник	30–39 років (n = 25)	40–49 років (n = 40)	50–59 років (n = 38)	60–69 років (n = 46)	70–79 років (n = 39)	P
Систолічний артеріальний тиск, мм рт.ст	112,80 $\pm$ 1,86	126,30 $\pm$ 1,87	125,8 $\pm$ 1,64	126,7 $\pm$ 1,64	127,9 $\pm$ 2,42	<0,001
Діастолічний артеріальний тиск, мм рт. ст	72,04 $\pm$ 1,54	81,30 $\pm$ 1,31	78,53 $\pm$ 1,34	80,15 $\pm$ 1,25	75,49 $\pm$ 1,12	<0,001
Частота серцевих скорочень, хв ⁻¹	62,48 $\pm$ 2,67	63,92 $\pm$ 1,41	64,95 $\pm$ 1,23	66,00 $\pm$ 1,25	65,18 $\pm$ 1,56	0,621
Кінцево систолічний об'єм, мл	39,69 $\pm$ 2,73	42,00 $\pm$ 2,25	38,15 $\pm$ 2,30	32,81 $\pm$ 1,88	31,31 $\pm$ 1,76	0,002
Кінцево діастолічний об'єм, мл	98,40 $\pm$ 4,63	104,60 $\pm$ 4,43	92,29 $\pm$ 3,78	86,95 $\pm$ 4,32	87,22 $\pm$ 3,93	0,013
Ударний об'єм, мл	58,71 $\pm$ 2,45	62,54 $\pm$ 2,75	56,51 $\pm$ 2,19	54,13 $\pm$ 2,73	56,62 $\pm$ 2,87	0,204
Фракція викиду лівого шлуночка, %	60,39 $\pm$ 6,82	60,19 $\pm$ 7,47	60,23 $\pm$ 8,77	62,52 $\pm$ 6,37	64,26 $\pm$ 9,04	0,089
Індекс маси міокарда лівого шлуночка, г/м ²	94,66 $\pm$ 28,35	120,70 $\pm$ 32,83	118,70 $\pm$ 33,15	128,90 $\pm$ 38,37	130,60 $\pm$ 34,44	<0,001
Відносна товщина стінок лівого шлуночка	0,39 $\pm$ 0,06	0,44 $\pm$ 0,08	0,45 $\pm$ 0,09	0,48 $\pm$ 0,08	0,46 $\pm$ 0,07	<0,001

цієнтів не було збільшення САТ та ДАТ вище від референтних значень, ознаки гіпертрофії можна пояснити необхідністю забезпечення об'єму крові, адекватного потребам організму, що створює збільшене навантаженням на ЛШ.

ШАС є параметром, що характеризує серцеву і артеріальну механіку та фізіологію взаємодії шлуночків та артеріальної системи. Жорсткість вказує на зміну тиску в шлуночку при зміні його об'єму. АЖ – сукупність показників навантаження артерій: периферичний опір, імпеданс та системний артеріальний комплаєнс. ШЖ свідчить про скоротливу здатність та систолічну жорсткість, розглядається як незалежний від навантаження індекс скоротливості ЛШ, але залежний від геометрії та біохімічних властивостей міокарда, що є основою розвитку його жорсткості. ШЖ тим вища, чим більша маса міокарда, товщина стінок і менший внутрішній діаметр ЛШ, що характерно для концентричної гіпертрофії та ремоделювання ЛШ з віком (табл. 1) [9, 10].

Визначені нами показники жорсткості міокарда шлуночків у здорових людей різних вікових груп представлено в табл. 2. Виявлено статистично значиме підвищення ЖА з віком, тоді як міжгрупові відмінності відсутні. Жорсткість міокарда ЛШ зростає з віком, на це вказують виявлені вірогідні

відмінності між групами віком 30–39 та 70–79 років ($F = 20,79$), 40–49 та 70–79 років ($F = 23,54$), 50–59 та 70–79 років ($F = 19,32$), 60–69 та 70–79 років ($F = 17,51$). Водночас співвідношення ШАС між віковими групами не відрізняється і знаходиться в межах нормальних референтних значень (0,6–1,2), що свідчить про адаптаційне забезпечення максимально ефективної роботи ЛШ та максимально можливого УО від заданого КДО.

Фактично, що менше співвідношення АЖ/ШЖ, то більшою є затрачена енергія на виконання роботи ЛШ і вища механічна її ефективність. Це також є компенсаторним механізмом. Значення ДЖ не відрізнялося між групами. Виявлено статистично значиме зменшення TAPSE/ТЛА – між обстеженими віком 30–39 та 70–79 років ($F = 4,39$), 40–49 та 70–79 років ($F = 2,81$), що свідчить про зростання жорсткості також і правого шлуночка у людей старших за 70 років.

При вивченні моделі ШАС було показано, що оптимальна робота ЛШ можлива при співставних значеннях АЖ і ШЖ, допустиме співвідношення в нормі від 0,6 до 1,2 [6, 7]. У нашій роботі в групах старшого віку відмічається тенденція до зменшення цього показника, що свідчить про збільшення енергозатрат та підвищення механічної роботи ЛШ (табл. 3).

Таблиця 2. Показники жорсткості міокарду у здорових людей різного віку ($M \pm m$)

Показник	30–39 років (n = 25)	40–49 років (n = 40)	50–59 років (n = 38)	60–69 років (n = 46)	70–79 років (n = 39)	P
Артеріальна жорсткість, мм рт. ст./мл	1,79 ± 0,07	1,95 ± 0,09	2,14 ± 0,11	2,33 ± 0,13	2,23 ± 0,12	0,014
Шлуночкова жорсткість, мм рт. ст./мл	2,89 ± 0,22	3,04 ± 0,19	3,38 ± 0,21	4,12 ± 0,29	4,20 ± 0,29	<0,001
Шлуночково-артеріальне спряження	0,68 ± 0,04	0,69 ± 0,04	0,70 ± 0,05	0,61 ± 0,03	0,59 ± 0,04	0,127
Діастолічна жорсткість, см·с ⁻¹ ·мл ⁻¹	0,10 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,155
Систолічна екскурсія кільця трикуспідального клапана/тиск у легеневій артерії, мм/мм рт. ст	1,82 ± 0,11	1,62 ± 0,11	1,49 ± 0,10	1,39 ± 0,09	1,14 ± 0,09	<0,001

Таблиця 3. Показники енергетичної вартості роботи лівого шлуночку в різних вікових групах ($M \pm m$)

Показник	30–39 років (n = 25)	40–49 років (n = 40)	50–59 років (n = 38)	60–69 років (n = 46)	70–79 років (n = 39)	P
Ударна робота, мм рт.ст.×мл/м ²	5608 ± 334	6545 ± 315	6454 ± 355	7262 ± 362	7814 ± 416	0,002
Потенціальна енергія, мм рт.ст.×мл/м ²	1371 ± 95	1632 ± 99	1462 ± 88	1276 ± 76	1258 ± 72	0,011
Зона тиск об'єм, мм рт. ст.×мл/м ²	6979 ± 407	8178 ± 368	7916 ± 381	8538 ± 391	9072 ± 435	0,018
Механічна ефективність роботи, %	0,80 ± 0,01	0,79 ± 0,01	0,80 ± 0,02	0,85 ± 0,01	0,85 ± 0,01	<0,001

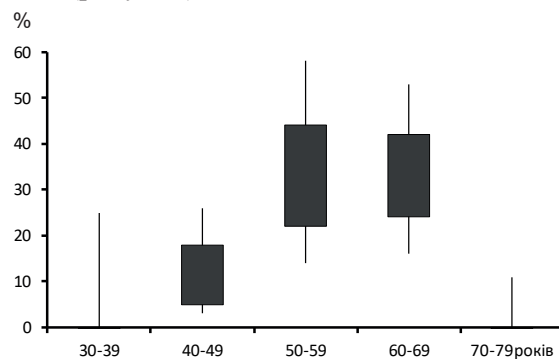
Параметри, що характеризують енергетичну вартість роботи серця, дають змогу визначити, чи є оптимальним його функціонування, енергетичним еквівалентом якого є мінімальні затрати енергії при здійсненні впорядкованої роботи (див. табл. 3). Встановлено, що з віком збільшується енергія, що витрачається на зовнішню роботу ЛШ, про це свідчать відмінності УР між обстеженими віком 30–39 та 70–79 років ($F = 3,66$; $P < 0,01$). У віковій групі 70–79 років порівняно з 40–49-річними зменшується значення ПЕ роботи ЛШ ($F = 2,47$; $P = 0,03$).

При старінні збільшується загальна енергетична вартість роботи ЛШ. На це вказує різниця значення ЗТО між обстеженими віком 40–49 та 70–79 років ($F = 2,75$; $P = 0,03$). Вірогідно вищою є МЕР ЛШ в обох групах людей старших за 60 років. Виявлено достовірні відмінності між групами 40–49 та 60–69 років ($F = 3,29$), 40–49 та 70–79 років ($F = 3,97$), 50–59 та 60–69 років ($F = 2,52$), 50–59 та 70–79 років ($F = 3,14$).

Отримані результати свідчать про збільшення з віком енергетичних затрат при виконанні впорядкованої роботи ССС. Враховуючи це, можна зробити припущення про розвиток переходу енергії впорядкованого процесу у неупорядкований. Це стає можливим при підвищенні жорсткості та зменшенні об'ємів міокарда, збільшенні в'язкості крові, регургітації крові на клапанах, що створює вихрові потоки крові в порожнинах серця, збільшення супротиву судинної системи за рахунок жорсткості

[11, 12]. Усі ці процеси розвиваються з віком та потребують більших енергетичних затрат на функціонування ССС. Водночас існують праці, що доводять порушення енергетичного обміну в міокарді, зокрема зниження ефективності роботи білків-транспортів енергетичних субстратів через мембрани, ферментів гліколізу та окисних реакцій мітохондрій, зменшення експресії білків у кардіоміоцитах [13]. Поєднання різноспрямованих процесів синтезу та використання енергії в міокарді відіграє свою роль у «зношуванні» ССС, зменшенні здатності до відновлювання, утримання стабільності системи з віком [14, 15].

В обстежених віком 40–49, 50–59 та 60–69 років спостерігалася більша частота виявлення перевищення біологічного віку відносно календарного, 4 (10%, 95%ДІ 2,6–21,5, $P = 0,05$), 12 (31,6%, 95%ДІ 17,6–47,6, $P = 0,05$) та 14 (30,4%, 95%ДІ 17,8–44,8, $P = 0,05$) відповідно. Це свідчить про прискорене старіння ССС (рисунок).



Частота виявлення осіб з прискореним старінням серцево-судинної системи залежно від віку. $\chi^2 = 12,60$, $P = 0,013$

Таблиця 4. Коефіцієнти парної кореляції та їх значимість для показників жорсткості та енергетичних затрат міокарду

Показник	30–39 років (n = 25)		40–49 років (n = 40)		50–59 років (n = 38)		60–69 років (n = 46)		70–79 років (n = 39)		30–79 років (n = 188)	
	календар- ний вік	біологіч- ний вік	календар- ний вік	біологіч- ний вік	календар- ний вік	біологіч- ний вік	календар- ний вік	біологіч- ний вік	календар- ний вік	біологіч- ний вік	календар- ний вік	біологіч- ний вік
Артеріальна жорсткість, мм рт.ст./мл	0,02	0,05	0,03	0,05	0,14	0,01	0,11	-0,05	0,12	0,16	0,24	0,21
Шлуночкова жорсткість, мм рт.ст./мл	-0,05	-0,12	0,05	-0,12	0,07	0,01	0,31	0,42	-0,03	0,29	0,32	0,26
Шлуночково-артеріальне спряження	-0,02	0,12	-0,02	-0,12	0,07	-0,09	-0,34	-0,44	0,20	-0,12	-0,15	-0,09
Діастолічна жорсткість, см·с ⁻¹ ×мл ⁻¹	0,18	0,23	0,19	0,23	0,13	0,04	0,06	-0,28	0,09	-0,15	0,03	-0,04
TAPSE/ГЛІА, мм/мм рт.ст.	0,05	0,34	0,05	0,34	0,12	0,22	0,13	0,35	0,31	-0,03	-0,31	-0,09
Ударна робота, мм рт. ст.·мл/м ²	-0,16	0,03	0,16	0,03	0,01	0,46	0,08	0,44	0,20	0,51	0,29	0,43
Потенціальна енергія, мм рт. ст.·мл/м ²	0,07	0,18	0,07	0,18	0,03	0,28	-0,13	0,17	0,15	0,02	-0,17	0,01
Зона тиск-об'єм, мм рт. ст. мл/м ²	-0,14	0,08	0,13	0,08	0,01	0,50	0,05	0,45	0,13	0,51	0,22	0,41
Механічна ефективність роботи, %	-0,12	-0,23	0,12	0,24	-0,06	0,12	0,19	0,31	-0,04	0,33	0,31	0,25

Для з'ясування можливості використання показників жорсткості міокарда як маркерів старіння ССС розраховано кореляційні зв'язки між показниками жорсткості міокарда та енергетичних затрат на роботу, з одного боку, та календарним віком і біологічним віком обстежених, з іншого боку (табл. 4). Для всіх обстежених (30–79 років, 188 осіб) кореляційний зв'язок середньої сили був між біологічним віком та загальною енергією, витраченою на ударну роботу, а також загальною енергією ЛШ, тоді як кореляції перерахованих показників з календарним віком не виявлено. При кореляційному аналізі показників у межах кожної вікової групи встановлено, що вірогідні зв'язки між показниками енергії та біологічним віком починають виявлятися у 50–59 років. Крім того, в групі 60–69 та 70–79 років виявлено середньої сили зв'язок між біологічним віком та значення механічної роботи ЛШ. Коефіцієнт ШЖ корелює з біологічним віком у групі обстежених 60–69 років.

ВИСНОВКИ

1. У практично здорових людей з віком збільшуються показники жорсткості міокарда ЛШ та енергії, витраченої на скорочення серця, зменшується залишкова енергія.

2. Встановлено кореляційні зв'язки помірної сили між біологічним віком та показниками енергетичної вартості роботи серця.

3. Показники жорсткості міокарда та енергії, витраченої на скорочення серця, доцільно використовувати як маркери старіння для визначення біологічного віку серцево-судинної системи.

Роботу виконано в рамках науково-дослідної роботи відділу клінічної фізіології і патології внутрішніх органів ДУ «Інститут геронтології ім. Д.Ф. Чеботарьова НАМН України» „Розробити технологію діагностики темпу і профілю старіння людини з використанням нейромережєвих алгоритмів” (№ держре-

єстрації 0119U103980). Установою, що фінансує дослідження, є Академія медичних наук України.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of co-authors of the article.

**L.A. Bodretska, I.S. Shapovalenko,
I.A. Antonyuk-Shcheglova, O.V. Bondarenko,
S.S. Naskalova, V.B. Shatilo**

USE OF INDICATORS OF STIFFNESS AND ENERGY OF THE MYOCARDIUM AS MARKERS OF AGING OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

D.F. Chebotarev Institute of Gerontology NAMS of Ukraine, Kyiv; e-mail: naskalov@bigmir.net

Age-related changes in the stiffness characteristics of the left ventricular (LV) myocardium and the possibility of using them to determine a person's biological age (BA) were investigated. 188 practically healthy people (115 women and 73 men) were examined, divided by age into 5 groups: I - 30-39 years old (n = 25), II - 40-49 years old (n = 40), III - 50-59 years old (n = 38), IV - 60-69 years old (n = 46), V - 70-79 years old (n = 39). All were examined clinically, echocardiography was performed, the biological age of the cardiovascular system (CVS) was calculated according to the Framingham scale. In practically healthy people, with age, the indicators of left ventricular myocardial stiffness and the energy cost of the heart work statistically significantly increase, and residual energy decreases. Excess BA of the examined in relation to their calendar age was detected in 4 (10%, 95% CI 2.6-21.5), 12 (31.6%, 95% CI 17.6-47.6) and 14 (30.4%, 95% CI 17.8-44.8) persons in age groups 40-49, 50-59 and 60-69 years, respectively, which indicates accelerated aging of the CVS. A direct correlation of moderate strength between biological age and indicators of the energy cost of the work of the heart has been established. It is advisable to use indicators of myocardial stiffness and energy spent on heart contraction as markers of aging to determine BA CVS.

Key words: biological age of the cardiovascular system; myocardial stiffness; energy cost of the heart.

REFERENCES

1. Vovkanych LS. Characteristics of methods for determining the biological age of man (mini-review). Healthy lifestyle: collection. Science. Lviv; 2008. 28:19-26.

2. Reddy YNV, Carter RE, Obokata M, Redfield MM, Borlaug BA. A simple, evidence-based approach to help guide diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction. *Circulation*. 2018 Aug 28;138(9):861-70.
3. D'Agostino RB Sr, Vasan RS, Pencina MJ, Wolf PA, Cobain M, Massaro JM, Kannel WB. General cardiovascular risk profile for use in primary care: the framingham heart study. *Circulation*. 2008 Feb 12;117(6):743-53.
4. Weber MA, Schiffrin EL, White WB, Mann S, Lindholm LH, Kenerson JG, et al. Clinical practice guidelines for the management of hypertension in the community: a statement by the American Society of Hypertension and the International Society of Hypertension. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2014 Jan;16(1):14-26.
5. Ikonomidis I, Aboyans V, Blacher J, Brodmann M, Brutsaert DL, Chirinos JA, et al. The role of ventricular-arterial coupling in cardiac disease and heart failure: assessment, clinical implications and therapeutic interventions. A consensus document of the European Society of Cardiology Working Group on Aorta & Peripheral Vascular Diseases, European Association of Cardiovascular Imaging, and Heart Failure Association. *Eur J Heart Fail*. 2019 Apr;21(4):402-24.
6. Chirinos JA. Ventricular-arterial coupling: Invasive and non-invasive assessment. *Artery Res*. 2013 Mar;7(1):10.1016/j.artres.2012.12.002.
7. Chirinos JA, Sweitzer N. Ventricular-arterial coupling in chronic heart failure. *Card Fail Rev*. 2017 Apr;3(1):12-8.
8. Lyah YuE, Guryanov VG, Homenko VE, Panchenko OA. Fundamentals of computer biostatistics: analysis of information in biology, medicine and pharmacy by the Med-Stat statistical package. Donetsk: Papakitsa EC; 2006.
9. Kobalava ZD, Kotovskaya YuV, Bogomaz AV. New methods of assessment of subclinical changes in the cardiovascular system in arterial hypertension. *Ration Pharmacother Cardiol*. 2016;12(3):317-24.
10. Kobalava ZD, Lukina OI, Meray I, Villevalde SV. Ventricular-arterial coupling parameters and its prognostic value in patients with decompensated heart failure. *Russ J Cardiol*. 2020;25(1):3695.
11. Bukharov IB. Optimal structural and functional organization of the circulatory and external respiration systems. *Mathemat Model*. 2005;17(9):3-26.
12. Khazov VS. Development of ideas about the fundamental principles of the occurrence of coronary heart disease. System analysis of the regulation of the activity of the heart in the norm. *Russ Arch Int Med*. 2012;(6).
13. Astashkin EI, Glezer MG. Influence of aging on some key stages of energy metabolism of cardiomyocytes. *Clin Gerontol*. 2008;14 (11);3-10.
14. Anokhin PK. Key questions of the theory of functional system. M., Nauka. 1980.
15. Luchkova AYU, Strutynska NA, Sagach VF. The influence of calcium accumulation on the function of electron transport chain in the old rat heart mitochondria. *Fiziol Zh*. 2018; 64(5): 16-25.

Матеріал надійшов до редакції 19.01.2022