

## ОРИГІНАЛЬНА СТАТТЯ

УДК 616.12-008:616.126.422:796.015.6

# СТАН КАРДІОГЕМОДИНАМІКИ ПІД ЧАС ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ОСІБ З ДВОСТУЛКОВИМ КЛАПАНОМ АОРТИ



Неханевич Олег Борисович,  
olegmed@inbox.ru

Неханевич О.Б.

ДЗ “Дніпропетровська медична академія МОЗ України”, м. Дніпропетровськ, Україна

**Резюме.** Метою роботи стало встановлення динаміки показників систолічної та діастолічної функції лівого шлуночка серця під час фізичних навантажень різної потужності за даними ехокардіографії у спортсменів з двостулковим клапаном аорти. Для вирішення поставлених завдань нами були обстежені 39 спортсменів віком від 8 до 16 років, які займались футболом. В основну групу включили 9 спортсменів з двостулковим клапаном аорти. В контрольну групу увійшли 30 спортсменів відповідного віку, статі та спортивної кваліфікації з нормальною будовою аортального клапану. Всім спортсменам проводилась ехокардіографія під час виконання фізичного навантаження на велоергометрі. Результати дослідження показали, що спортсмени з двостулковим клапаном аорти в стані спокою характеризувались збільшеним діаметром аорти та погіршенням діастолічної функції лівого шлуночка ( $p < 0,05$ ). Поріг толерантності до фізичних навантажень у спортсменів з двостулковим клапаном аорти був статистично значимо нижчим у порівнянні з контрольною групою за рахунок порушення систолічної та діастолічної функції лівого шлуночка серця. Раннім симптомом фізичного перенапруження серцево-судинної системи у спортсменів з двостулковим клапаном аорти було збільшення співвідношення  $E/e'$ . Останнє може використовуватись для діагностики резерву діастолічної функції міокарду.

**Ключові слова:** спортсмени, двостулковий клапан аорти, систолічна та діастолічна функція серця, фізичне навантаження.

**Вступ.** Найбільш частим вродженим пороком серця у дорослих є двостулковий клапан аорти (ДКА), розповсюдженість якого в популяції сягає 2 % [8]. При відносно сприятливому перебігу в дитячому й юнацькому віці в динаміці до третьої-четвертої декади життя він часто проявляється формуванням ускладнень: регургітації, кальцифікуючого стенозу аорти, інфекційного ендокартиту, диссекції, дилатації та аневризми аорти [2, 15, 19], які підвищують вірогідність раптової серцевої смерті (РСС). При цьому значна кількість випадків РСС відбувається у асимптомних пацієнтів [16].

Особливого сенсу ці питання набувають при вирішенні можливості допуску до спортивних навантажень і плануванні оздоровчих та відновних тренувань у пацієнтів з ДКА. Більшість клініцистів сходяться на тому, що ДКА часто сполучається з дефектом синтезу та трансформації волокон сполучної тканини [18], що призво-

дить, до дилатації кореня або висхідної частини аорти навіть при відсутності гемодинамічно значущої дисфункції аортального клапану [19]. Про це також свідчать часті поєднання ДКА з синдромом Марфана, синдромом Лоєз-Діаса та іншими ознаками сполучнотканинної дисплазії серця (пролапсами клапанів, аневризмами міжпередсердної перегородки) [6, 9]. Порушення будови сполучнотканинного каркасу аорти при цьому може служити основою для дилатації та диссекції її стінки внаслідок зростання гідродинамічного тиску під час інтенсивних фізичних навантажень [10]. Особливої уваги в останні часи набуває питання зниження скоротливої функції міокарду лівого шлуночка у пацієнтів з слабкістю сполучнотканинного каркасу не пов'язане з дилатацією аорти й розвитком аортальної недостатності, яке отримало назву кардіоміопатії при Марфаноподібних синдромах [12]. Тому, для пацієнтів з ДКА американською асоціацією

серця були запропоновані більш жорсткі вимоги щодо планування занять спортом та оздоровчими фізичними навантаженнями [7]. Але недоліком сучасного підходу до оцінки можливого ризику серцево-судинних подій у таких пацієнтів є врахування стану морфології та гемодинаміки у серці лише у стані спокою. При цьому не враховуються зміни кардіогемодинаміки під час виконання фізичних навантажень. Тому, удосконалення критеріїв лікарського контролю за особами з ДКА під час оздоровчого та спортивного тренування є своєчасною та актуальною проблемою.

Дана робота виконувалась у відповідності з планом науково-дослідної теми “Медико-біологічне забезпечення фізичної реабілітації, спортивних та оздоровчих тренувань” (номер державної реєстрації 0113U007653) кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини та валеології ДЗ “Дніпропетровська медична академія МОЗ України”.

**Метою роботи** стало встановлення динаміки показників систолічної та діастолічної функції лівого шлуночка серця під час фізичних навантажень різної потужності за даними ехокардіографії у спортсменів з двостулковим клапаном аорти.

**Матеріали та методи дослідження.** Для вирішення поставлених завдань нами були обстежені 39 осіб віком від 8 до 16 років (середній вік склав  $10,8 \pm 2,5$  років), які займалися футболом. На момент початку обстеження спортсмени мали в середньому спортивний стаж  $3,2 \pm 1,4$  роки. Середня тривалість тренувальних занять на тиждень складала  $6,4 \pm 1,1$  години. В дослідження включали спортсменів-початківців, які мали II (43,4 %) та I (17,9 %) розряди і 56,4 % спортсменів не мали спортивної кваліфікації.

У стані фізіологічного спокою проводили електродіагностичне та ехокардіографічне (ЕхоКГ) обстеження спортсменів за стандартною методикою [3, 11]. За результатами ЕхоКГ було відібрано 9 спортсменів з ДКА без або з I ст. тяжкості недостатності клапану аорти, які склали основну групу. В контрольну групу увійшли 30 спортсменів відповідного віку, статі та спортивної кваліфікації з нормальною будовою аортального клапану. Після цього пацієнти виконували навантаження на вертикальному велоергометрі “Ketler XI” зі східчастим зростанням навантаження без періодів відпочинку. Навантаження на кожному ступені збільшувалось на 1 Вт/кг й тривало 2 хвилини. Критеріями припинення навантаження були клінічні, функціональні чи електрокардіографічні абсолютні показання до припинення навантаження згідно рекомендацій Американської асоціації серця [13]. Наприкінці кожного ступеню навантаження проводили ЕхоКГ дослідження: оцінювалась динаміка фракції викидання та систолічного вкорочення лівого шлуночку (ЛШ) у парастернальній позиції за довгою віссю серця, величина трансмітрального потоку та рух фіброзного кільця мітрального клапану у чотирьохкамерній апікальній позиції. У відновному періоді з 3-ї до 5-ї хвилини виконували електрокардіографічне та ЕхоКГ обстеження за стандартними методиками. Всім спортсменам проводилось ЕхоКГ обстеження на апараті Philips HDI 5000 (виробництва США, 2004 р.) з використанням 2-4 МГц фазованого датчику в 2D, M, кольоровому, імпульсно-хвильового та постійно-хвильовому доплерівських режимах. Виміри розмірів й об’ємів

камер серця проводились у відповідності з рекомендаціями Європейської ехокардіографічної асоціації [11]. Діастолічна функція ЛШ оцінювалась за величинами трансмітрального потоку при імпульсно-хвильовій доплерографії й швидкості руху фіброзного кільця мітрального клапану в латеральній його частині при тканинній доплерографії у відповідності з рекомендаціями Європейської ехокардіографічної асоціації [17]. Використовували показники максимальної швидкості раннього діастолічного ( $E$ , см/с) та пізнього діастолічного (внаслідок скорочення передсердь –  $A$ , см/с) потоків на мітральному клапані, максимальної швидкості ранньодіастолічного ( $e'$ , см/с) та пізньодіастолічного ( $a'$ , см/с) руху фіброзного кільця мітрального клапану та їх співвідношення ( $E/A$ ,  $e'/a'$ ,  $E/e'$ ).

Через тиждень після першого дослідження проводили тест PWC170 на велоергометрі за стандартною методикою для оцінки фізичної працездатності [4].

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою пакету ліцензійних прикладних програм STATISTICA (6.1, серійний номер AGAR909E415822FA) [5]. Аналізували вид розподілу показників за допомогою W-критерію Шапіро-Уїлка. Визначали достовірності відмінностей між показниками з урахуванням типу розподілу за допомогою t-критерію Стюдента, U-критерію Манна-Уїтні та критерію хі-квадрат Пірсона. Для визначення впливу факторів, що досліджувались, на групи обстеження використовували дисперсійний аналіз ANOVA/MANOVA. Пороговим рівнем статистичної значимості отриманих результатів було взято  $p < 0,05$ . Результати подані у вигляді  $M \pm SD$ .

Робота проводилась з дотриманням нормативних документів комісії з медичної етики, розроблених з урахуванням положень Конвенції Ради Європи “Про захист прав гідності людини в аспекті біомедицини” (1997 р.) та Хельсінкської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2008 р.). Обстежені спортсмени та їх батьки перед початком інформувались про завдання, хід та можливі негативні наслідки дослідження та надавали письмову згоду на його проведення.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Найбільш визнаним показником глобальної систолічної функції ЛШ є фракція викиду (ФВ) та фракція систолічного скорочення (ФСС), які характеризують відсоткове співвідношення кінцево-діастолічного та кінцево-систолічного об’ємів та розмірів ЛШ відповідно [1]. Результати дослідження стану показників глобальної систолічної функції серця спортсменів з ДКА у стані спокою характеризувались зменшеною величиною ФВ та ФСС, але вона не досягала статистичної значимості ( $p > 0,05$ ), при цьому відмічалось збільшення діаметру луковичі аорти у порівнянні з контрольною групою (табл. 1).

В останні часи з’явилися праці, що доводять можливість використання в якості ранніх ознак перенапруження серцевої діяльності симптомів порушення релаксації міокарду, тобто діастолічної функції серця при цьому у таких пацієнтів ФВ може зберігатися на нормальному рівні [14]. Оскільки продуктивність роботи серця залежить не лише від його здатності викидати кров в аорту в систолу, але й від його можливості заповнюватися кров’ю в діастолу, критерієм порушеної діастолічної

Таблиця 1.

## Показники систолічної та діастолічної функції серця спортсменів за результатами еходоплеркардіографії у стані спокою, (M±SD)

Показник	ДКА, (n=9)	Контрольна група, (n=30)
ФВ, %	65,2±2,3	68,0±4,0
ФСС, %	36,9±2,4	38,5±3,3
Е\А, од.	1,65±0,44*	2,24±0,53
Е/е', од.	7,64±1,34*	5,69±1,78
Діаметр аорти, см	2,74±0,31*	2,03±0,41

**Примітка:** \* –  $p < 0,05$ , ФВ, ФСС – фракція викидання та фракція систолічного скорочення лівого шлуночка, відповідно, Е – максимальна швидкість раннього діастолічного наповнення, А – максимальна швидкість наповнення у передсердну систолу, е' – максимальна швидкість ранньодіастолічного руху фіброзного кільця мітрального клапану, а' – максимальна швидкість руху фіброзного кільця мітрального клапану під час передсердної систоли.

Таблиця 2.

## Динаміка показників систолічної функції серця спортсменів при фізичних навантаженнях різної потужності, (M±SD)

Показник, (%)	Стан спокою	Рівень навантаження			Після навантаження	
		1 Вт/кг	2 Вт/кг	3 Вт/кг		
ДКА n=9	ФВ, %	65,2±2,3	75,1±8,7	75,2±10,1	75,6±12,7	68,2±8,7
	ФСС, %	36,9±2,4	39,9±3,5	41,9±9,4	38,0±9,0*	37,2±6,4
	Е/е', од.	7,64±1,34	9,90±2,86*	12,3±5,00*	18,5±7,1*	15,7±4,3*
Контрольна група, n=30	ФВ, %	68,0±4,0	70,1±3,0	74,2±7,1	78,7±6,9	69,6±5,0
	ФСС, %	38,5±3,3	39,9±8,3	40,1±4,0	41,2±6,1	39,1±3,4
	Е/е', од.	5,69±1,78	5,06±1,21	5,39±1,20	6,46±2,31	5,26±7,03

**Примітка:** \* –  $p < 0,05$ , ФВ, ФСС – фракція викидання та фракція систолічного скорочення лівого шлуночка, відповідно, ДКА – двостулковий клапан аорти, Е – максимальна швидкість раннього діастолічного наповнення, е' – максимальна швидкість раннього діастолічного руху фіброзного кільця мітрального клапану.

функції є збільшення тиску наповнення ЛШ. Дослідивши групу спортсменів з ДКА у стані фізіологічного спокою, ми встановили статистично значиме погіршення у них показників діастолічної функції ЛШ (табл. 1). Наведені дані співпадають з результатами роботи Demir M., 2013 [9].

Дослідження динаміки показників систолічної функції ЛШ при виконанні фізичних навантажень різної потужності вказало на те, що у спортсменів з ДКА при збільшенні інтенсивності фізичних навантажень приріст ФВ та ФСС стабілізувався та навіть знижувався на рівні навантаження статистично значимо нижчому, ніж в контрольній групі (табл. 2). Це вказує на менший резерв скоротливої здатності міокарду ЛШ у спортсменів з ДКА. Крім того, через 5 хвилин відновного періоду показники глобальної систолічної функції у групі спортсменів з ДКА статистично відрізнялись від вихідних, що свідчить про подовження періоду реституції.

Аналогічні дані ми отримали при аналізі динаміки діастолічної функції ЛШ (табл. 2). При цьому ознаки діастолічної дисфункції у осіб з ДКА спостерігались при навантаженні 1 та 2 Вт/кг, що вказує на можливість використовувати показники релаксації міокарда в якості більш ранніх симптомів фізичного перенапруження серцево-судинної системи у порівнянні з показниками глобальної насосної функції серця. Після припинення навантаження ознаки діастолічної дисфункції залишались на протязі більше 5 хвилин, що підтверджує неадекватність адаптаційних механізмів у спортсменів з ДКА.

Результати дослідження ступеню релаксації міокарду в процесі виконання фізичних навантажень в групі спортсменів без ДКА вказують, що при навантаженнях серед-

ньою на субмаксимальній потужності швидкості Е та е' у нормі зростають пропорційно. Таким чином співвідношення Е/е' залишається незмінним або незначно знижується. У осіб з порушеною релаксацією міокарду зі збільшенням навантаження збільшення ег менше, ніж Е, що призводить до збільшення співвідношення Е/ег (табл. 2). Ці дані свідчать про можливість використання стрес-ехокардіографії для діагностики резерву діастолічної функції міокарду у спортсменів з ДКА.

**Висновки.**

1. Спортсмени з двостулковим клапаном аорти в стані спокою характеризувались збільшеним діаметром аорти та погіршенням діастолічної функції лівого шлуночка ( $p < 0,05$ ).

2. Поріг толерантності до фізичних навантажень у спортсменів з двостулковим клапаном аорти був статистично значимо нижчим у порівнянні з контрольною групою за рахунок порушення систолічної та діастолічної функції лівого шлуночка серця.

3. Раннім симптомами фізичного перенапруження серцево-судинної системи у спортсменів з двостулковим клапаном аорти було збільшення співвідношення Е/ег. Останнє може використовуватись для діагностики резерву діастолічної функції міокарду.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у співставленні особливостей діастолічної та систолічної функції лівого шлуночка серця у осіб з двостулковим клапаном аорти з показниками загальної та спеціальної фізичної працездатності у спортсменів різних видів спорту.

*Рецензент: член-кор. НАМН України, д.мед.н., професор Нетяженко В.З.*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Болезни сердца и сосудов / Ш. Ахенбах, И. Акин, Т.А. Акнес [и др.] ; под ред. А.Д. Кэмм, Т.Ф. Люшер, П.В. Серруис ; пер. с англ. под ред. Е.В. Шляхто. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 2289 с.
2. Земцовский Э.В. Аномалии сердца: попытка ревизии рабочей классификации с позиции кардиолога-клинициста / Э.В. Земцовский, Э.Г. Малев // Бюллетень федерального центра сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова. – 2011. – №. – С. 67-73.
3. Настанова з кардіології / В.М. Коваленко, М.І. Лутай, В.В. Братусь [та ін.] ; За ред. В.М. Коваленка. – К. : МОПОН, 2009. – 1368 с.
4. Фізична реабілітація, спортивна медицина / В.В. Абрамов, В.В. Клапчук, О.Б. Неханевич [та ін.] ; за ред. професора В.В. Абрамова та доцента О.Л. Смирнової. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2014. – 455 с.
5. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / Халафян А.А. – М.: ООО "Бином-Пресс", 2007. – 512 с.
6. "A syndrome of altered cardiovascular, craniofacial, neurocognitive and skeletal development caused by mutations in TGFBR1 or TGFBR2" / B. L. Loeys, J. Chen, E. R. Neptune [et al.] // *Nature Genetics*. – 2005. – Vol. 37 (3). – P. 275–281.
7. 36th Bethesda Conference: recommendations for determining eligibility for competition in athletes with cardiovascular abnormalities / [Bonow R. O., Cheitlin M., Crawford M., Douglas P. S.] // *J Am Coll Cardiol*. – 2005. – Vol. 14. – P. 1334-40.
8. Bicuspid aortic valve is heritable / Cripe L., Andelfinger G., Martin L. J. [et al.] // *J Am Coll Cardiol*. – 2004. – Vol. 44 (1). – P. 138-143.
9. Demir M. Left ventricular systolic and diastolic function in subjects with a bicuspid aortic valve without significant valvular dysfunction / Demir M. // *Exp Clin Cardiol*. – 2013. – Vol. 18 (1). – P. 1-4.

### СОСТОЯНИЕ КАРДИОГЕМОДИНАМИКИ ВО ВРЕМЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК У ЛИЦ С ДВУСТВОРЧАТЫМ КЛАПАНОМ АОРТЫ

Неханевич О. Б.

ГУ "Днепропетровская медицинская академия  
МЗ Украины", г. Днепропетровск, Украина

**Резюме.** Целью работы стало установление динамики показателей систолической и диастолической функции левого желудочка сердца во время физических нагрузок различной мощности по данным эхокардиографии у спортсменов с двустворчатым клапаном аорты. Для решения поставленных задач нами были обследованы 39 спортсменов в возрасте от 8 до 16 лет, которые занимаются футболом. В основную группу включили 9 спортсменов с двустворчатым клапаном аорты. В контрольную группу вошли 30 спортсменов соответствующего возраста, пола и спортивной квалификации с нормальным строением аортального клапана. Всем спортсменам проводилась эхокардиография во время выполнения физической нагрузки на велозргометре. Результаты исследования показали, что спортсмены с двустворчатым клапаном аорты в состоянии покоя характеризовались увеличенным диаметром аорты и ухудшенной диастолической функцией левого желудочка ( $p < 0,05$ ). Порог толерантности к физическим нагрузкам у спортсменов с двустворчатым клапаном аорты был статистически значимо ниже в сравнении с контрольной группой за счет нарушения систолической и диастолической функции левого желудочка сердца. Ранним симптомом физического перенапряжения сердечно-сосудистой системы у спортсменов с двустворчатым клапаном аорты было увеличение соотношения  $E/e'$ . Последнее может использоваться для диагностики резерва диастолической функции миокарда.

10. Effects of sports activity in athletes with bicuspid aortic valve and mild aortic regurgitation / Galanti G., Stefani L., Toncelli L. [et al.] // *Br J Sports Med*. – 2010. – Vol. 44. – P. 275-9.

11. European Association of Echocardiography recommendations for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies / Evangelista A., Flachskampf F., Lancellotti P. [et al.] // *Eur. J. Echocardiogr*. – 2008. – Vol. 9. – P. 438-448.

12. Evidence for Marfan cardiomyopathy / F. Alpendurada, J. Wong, A. Kiotsekoglou [et al.] // *Eur J Heart Fail*. – 2010. – Vol. 12 (10). – P. 1085-91.

13. Exercise Standards for Testing and Training: A Scientific Statement From the American Heart Association / G.F. Fletcher, P.A. Ades, P. Kligfield [et al.] // *Circulation*. – 2013. – Vol. 128. – P. 873-934.

14. Exercise-induced changes of left ventricular diastolic function in postmenopausal amateur marathon runners: assessment by echocardiography and cardiac biomarkers / F. Knebel, S. Spethmann, S. Schatke [et al.] // *European journal of preventive cardiology*. – 2014. – Vol. 21 (6). – P. 782-790.

15. Laforest B. Genetic Insights into Bicuspid Aortic Valve Formation / B. Laforest, M. Nemer // *Cardiology Research and Practice*. – 2012. – Vol. 1. – P. 1-8.

16. Outcome of 622 adults with asymptomatic, hemodynamically significant aortic stenosis during prolonged follow-up / Pellikka P. A., Sarano M. E., Nishimura R. A. [et al.] // *Circulation*. – 2005. – Vol. 111. – P. 3290-5.

17. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography / S. F. Nagueh, C. P. Appleton, T. C. Gillebert [et al.] // *Eur J Echocardiogr*. – 2009. – Vol. 10. – P. 165-93.

18. The bicuspid aortic valve / Braverman A. C., Guven H., Bear-dlee M. A. [et al.] // *Curr Probl Cardiol*. – 2005. – Vol. 30. – P. 470-522.

19. Valvular Heart Disease: Diagnosis and Management / [K. Maganti, V. H. Rigolin, M. E. Sarano, R. O. Bonow] // *Mayo Clin Proc*. – 2010. – P. 85 (5). – P. 483-500.

**Ключевые слова:** спортсмены, двустворчатый клапан аорты, систолическая и диастолическая функция сердца, физические нагрузки.

### CARDIOHAEMODYNAMIC STATE DURING EXERCISE IN PATIENTS WITH BICUSPID AORTIC VALVE

O. B. Nekhanevich

SE "Dnipropetrovsk medical academy of Health  
Ministry of Ukraine", Dnipropetrovsk

**Summary.** The aim was to establish the dynamics of the systolic and diastolic function of the left ventricle of the heart during exercise of different capacities according to echocardiography in athletes with bicuspid aortic valve. To achieve the objectives we have examined 39 athletes aged 8 to 16 years, who were involved in football. In the study group included 9 athletes with bicuspid aortic valve. In the control group included 30 athletes of appropriate age, sex and sports training with normal aortic valve structure. All athletes echocardiography performed during the execution of exercise on a bicycle ergometer. The results showed that athletes with bicuspid aortic valve at rest characterized by increased aortic diameter and deterioration of left ventricular diastolic function ( $p < 0.05$ ). The threshold of tolerance to physical exertion in athletes with bicuspid aortic valve was statistically significantly lower than the control group at the expense of systolic and diastolic function of the left ventricle. Early symptoms of physical overexertion by cardiovascular system in athletes with bicuspid aortic valve was increasing the ratio  $E/e'$ . It can be used to diastolic myocardial function reserve diagnostic.

**Key words:** athletes, bicuspid aortic valve, systolic and diastolic heart function, exercise.