

# Wpływ wysiłku dynamicznego na dopplerowskie parametry czynności rozkurczowej lewej komory serca u pacjentów z jednonaczyniową chorobą wieńcową oraz u osób zdrowych

## Influence of dynamic exercise on doppler parameters of left ventricular diastolic function in single vessel coronary artery disease and healthy population

Robert Skalik<sup>1</sup>, Ludmiła Borodulin-Nadzieja<sup>1</sup>, Anna Janocha<sup>1</sup>,  
Ireneusz Całkosiński<sup>1</sup>, Dariusz Biały<sup>2</sup>, Arkadiusz Derkacz<sup>2</sup> i Rafał Poręba<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Katedra i Zakład Fizjologii Akademii Medycznej we Wrocławiu

<sup>2</sup>Oddział Kardiodiagnostyki Katedry i Kliniki Kardiologii Akademii Medycznej we Wrocławiu

<sup>3</sup>Klinika Chorób Wewnętrznych, Zawodowych i Nadciśnienia Tętniczego  
Akademii Medycznej we Wrocławiu

### Abstract

**Background:** *The aim of the study was to compare the influence of dynamic exercise on selected doppler parameters of global left ventricular diastolic function in single vessel coronary artery disease patients and in healthy population.*

**Material and methods:** *135 patients entered the study. Coronary artery disease (CAD) was angiographically confirmed in 84 patients. Epicardial coronary arteries proved to be normal in 51 patients, who were qualified for coronary arteriography because of suspected CAD. These pts entered the control group. Echocardiographic evaluation of selected doppler parameters of global left ventricular diastolic function at rest and on exertion (bicycle ergometry) was performed in all patients.*

**Results:** *The obtained values of the measured doppler LV diastolic function parameters at rest in CAD patients differed significantly from the ones in healthy population. IVRT and tdecE were significantly longer in CAD patients than in healthy population. E/A ratio was reduced in CAD patients when compared to healthy persons. The doppler LV diastolic function parameters did not change in response to exercise in CAD patients when compared with baseline values. The significant increase in E velocity, decrease in tdecE and IVRT in comparison with baseline values were observed in healthy population.*

---

Adres do korespondencji: Dr med. Robert Skalik  
Katedra i Zakład Fizjologii AM we Wrocławiu  
ul. Chałubińskiego 10, 50–68 Wrocław  
tel. (0 71) 784 00 91, faks (0 71) 784 00 92  
e-mail: rskalik@fizjo.am.wroc.pl  
Nadesłano: 29.05.2003 r. Przyjęto do druku: 14.12.2003 r.

**Conclusions:** *The results presented above and literature show that there are big differences in response of global LV diastolic function parameters to exercise both in CAD patients and healthy population. The investigated global diastolic function parameters did not change significantly in response to physical stress in CAD patients.* (Folia Cardiol. 2004; 11: 101–109)

**dynamic exercise, single coronary vessel disease, left ventricular diastolic function**

## Wstęp

Od wielu lat prowadzi się badania dotyczące wpływu wysiłku dynamicznego na czynność skurczową lewej komory serca u osób zdrowych i u pacjentów z rozpoznaną chorobą naczyń wieńcowych [1, 2]. Natomiast dotychczas ostatecznie nie ustalono znaczenia powysiłkowej oceny dopplerowskich parametrów funkcji rozkurczowej lewej komory w diagnostyce choroby niedokrwiennej serca (CAD, *coronary artery disease*). Wiadomo, że podczas ostrego niedokrwienia wywołanego wysiłkiem upośledzenie czynności rozkurczowej następuje przed zaburzeniami funkcji skurczowej [3]. Dlatego też według niektórych autorów ocena zaburzeń funkcji rozkurczowej podczas badań obciążeniowych w połączeniu z oceną funkcji skurczowej, szczególnie u pacjentów z chorobą jednonaczyniową, może być użyteczna przy ocenie stopnia niedokrwienia mięśnia sercowego [4]. Dotychczas nie udało się jednak ustalić jednego modelu zachowania się parametrów funkcji rozkurczowej pod wpływem wysiłku u osób z CAD. W badaniach Lewisa i wsp. [5] porównano wartości parametrów funkcji diastolicznej serca po wysiłku u osób zdrowych oraz chorych z potwierdzoną angiograficznie chorobą wieńcową. Stwierdzono poprawę czynności rozkurczowej lewej komory serca po wysiłku u osób zdrowych, natomiast u pacjentów z CAD wykazano, że obciążenie wysiłkiem fizycznym powodowało nasilenie dysfunkcji rozkurczowej mięśnia sercowego. Podobne wyniki uzyskali Kuecherer i wsp. [6], przy czym u osób zdrowych nie stwierdzili oni zmiany wartości dopplerowskiej fali wczesnego napływu mitralnego (fala E) pod wpływem wysiłku fizycznego.

W piśmiennictwie niewiele jest prac oceniających dopplerowskie parametry funkcji rozkurczowej lewej komory serca pod wpływem obciążenia (próba dobutaminowa, wysiłek fizyczny) zarówno u osób zdrowych, jak i pacjentów z CAD. Szczególnie dotyczy to oceny wpływu wysiłku fizycznego na funkcję rozkurczową lewej komory.

Celem pracy było porównanie wpływu wysiłku dynamicznego na wybrane dopplerowskie para-

metry czynności rozkurczowej lewej komory serca u pacjentów z jednonaczyniową chorobą wieńcową oraz u osób zdrowych.

## Materiał i metody

W badaniu wzięło udział 135 osób. U 84 badanych próba wysiłkowa na bieżni ruchomej była dodatnia elektrokardiograficznie oraz na podstawie koronarografii rozpoznano chorobę jednonaczyniową (zwążenie naczynia co najmniej 70%) — grupa A. U 51 osób skierowanych na diagnostykę inwazyjną serca z powodu podejrzenia choroby wieńcowej obraz naczyń wieńcowych był prawidłowy (w angiogramach stwierdzano całkowicie prawidłowy obraz naczyń lub niewielkie zmiany przyścienne zwężające światło naczynia < 10–20%) — grupa B. Osoby te stanowiły grupę kontrolną. Charakterystykę pacjentów z jednonaczyniową chorobą wieńcową oraz osób z grupy kontrolnej przedstawiono w tabeli 1. U wszystkich badanych wykonano badanie echokardiograficzne metodą transtorakalną za pomocą aparatu firmy Hewlett-Packard typu Sonos 2000 z głowicą 2,5 Mhz, z pomiarem wybranych dopplerowskich parametrów globalnej funkcji rozkurczowej lewej komory serca w spoczynku, a następnie po próbie obciążeniowej przeprowadzonej na ergometrze rowerowym.

Spośród parametrów funkcji rozkurczowej lewej komory serca oceniano: maksymalną prędkość fali wczesnego napełniania ( $E_{max}$  [cm/s]), maksymalną prędkość fali późnego napełniania (fala przed-sionkowa) ( $A_{max}$  [cm/s]), stosunek maksymalnych prędkości fal wczesnego do późnego napełniania ( $E/A_{max}$ ), czas deceleracji fali wczesnego napełniania ( $t_{decE}$  [s]), czas relaksacji izowolumetrycznej (IVRT [ms]). Do echokardiograficznych badań wysiłkowych zakwalifikowano chorych z dodatnią elektrokardiograficznie próbą wysiłkową oraz potwierdzoną angiograficznie jednonaczyniową chorobą wieńcową, u których na podstawie wywiadu zebranego w dniu badania stwierdzono objawy stabilnej dławicy piersiowej (klasa I–III według *Canadian Cardiovascular Society*).

**Tabela 1.** Charakterystyka badanych grup**Table 1.** Characteristic of study groups

	Chorzy z jednonacyniową chorobą wieńcową	Grupa kontrolna
Liczba badanych (ogółem)	84	51
Kobiety	40	25
Mężczyźni	44	26
Wiek (lata)		
kobiety	50,1 ± 11,2	51 ± 12,1
mężczyźni	56,1 ± 8,5	58,2 ± 8,4

### Elektrokardiograficzny test wysiłkowy na bieżni

Elektrokardiograficzne testy wysiłkowe przeprowadzono, wykorzystując zestaw do prób wysiłkowych, składający się z bieżni ruchomej Treadmill 1800 oraz z urządzenia sterującego-analizującego Case 15 firmy Marquette Electronics Inc. (Milwaukee Wisconsin, Stany Zjednoczone, 1991). Wszystkie testy wysiłkowe przeprowadzono zgodnie z protokołem Bruce'a.

Test wysiłkowy przerywano, jeśli:

- tętno pacjenta osiągnęło kryterium THR (*target heart rate*) obliczone automatycznie według wzoru:  $THR = 220 - \text{wiek pacjenta}$ ,
- wystąpiły narastające dolegliwości dławicowe,
- w zapisie EKG odnotowano deniwelację odcinka ST  $\geq 3,0$  mm lub uniesienie odcinka ST  $\geq 2$  mm,
- wystąpiły: duszność, znaczne osłabienie, zawroty głowy, dolegliwości o typie chromania przystankowego, znaczące zaburzenia rytmu serca, istotny wzrost ciśnienia skurczowego krwi  $\geq 240$  mm Hg lub znaczący spadek o co najmniej 20 mm Hg.

Elektrokardiograficzny test wysiłkowy uznawano za dodatni, jeżeli stwierdzano:

- uniesienie odcinka ST przynajmniej o 2 mm w stosunku do linii izoelektrycznej;
- horyzontalne do poziomu izoelektrycznego PQ lub skośne od góry ku dołowi obniżenie odcinka ST o przynajmniej 1 mm w punktach położonych 80 ms od punktu J.

### Badanie echokardiograficzne wysiłkowe

**Warunki przeprowadzenia badania.** Badanie echokardiograficzne wysiłkowe wykonywano za pomocą ergometru rowerowego. Z echokardiograficznego badania wysiłkowego wykluczono osoby, u których stwierdzono:

- spoczynkowe ciśnienie tętnicze wynoszące powyżej 180/110 mm Hg, nadciśnienie tętnicze w wywiadzie,

- przerost przegrody międzykomorowej (grubość przegrody międzykomorowej  $> 13$  mm mierzonej w projekcji przymostkowej długiej),
- wadę zastawkową serca,
- kardiomiopatię pierwotną,
- pozapalne uszkodzenie mięśnia sercowego,
- zespół preekscytacji lub blok odnóg pęczka Hisa w zapisie EKG spoczynkowego,
- obecność schorzeń narządu ruchu lub układu oddechowego (POCHP),
- nadciśnienie płucne.

Na 48 godzin przed badaniem przerywano terapię lekami  $\beta$ -adrenolitycznymi, blokerami kanałów wapniowych oraz nitrataми o przedłużonym działaniu, natomiast nitraty krótkodziałające odstawiano na 12 godzin przed badaniem. Całość badania rejestrowano na taśmie magnetowidowej.

Procedura wykonywanych badań echokardiograficznych była następująca: w dniu badania (bezpośrednio przed badaniem) wykonywano zapis spoczynkowego EKG, mierzono ciśnienie tętnicze oraz częstość skurczów serca. Następnie osoby badane podłączano do kardiomonitora, co umożliwiała ciągłą obserwację zapisu EKG podczas ćwiczeń na ergometrze rowerowym. Podczas wykonywania ćwiczeń monitorowano parametry, takie jak: czas trwania próby, akcję serca, aktualne obciążenie mierzone w watach, zapis EKG na kardiomonitorze. Co 3 minuty dokonywano pomiaru ciśnienia tętniczego za pomocą manometru zegarowego (tab. 2). Każde badanie wysiłkowe na ergometrze rowerowym rozpoczynano od obciążenia 25 W, które zwiększano co 3 minuty o 25 W. Wysiłek wykonywano z szybkością około 70 obrotów/min. Test wysiłkowy na ergometrze rowerowym przerywano gdy:

- pacjent osiągnął kryterium tętna THR, obliczonego automatycznie według wzoru:  $THR = 220 - \text{wiek chorego}$ ,
- narastały dolegliwości dławicowe,
- w zapisie EKG wystąpiły deniwelacja odcinka ST  $\geq 3,0$  mm lub uniesienie odcinka ST  $\geq 2$  mm,

**Tabela 2.** Parametry oceniane podczas echokardiograficznego badania wysiłkowego**Table 2.** Parameters assessed with exercise stress echocardiography

	Osoby z jednonacyniową chorobą wieńcową	Grupa kontrolna
Tętno maksymalne	135 ± 9,0	165 ± 10*
Ciśnienie skurczowe [mm Hg]	180 ± 21,0	182 ± 11,0
Ciśnienie rozkurczowe [mm Hg]	75 ± 12,1	70 ± 10,1
Maksymalne osiągnięte obciążenie [W]	45 ± 10,0	105 ± 5,0*

\*Różnica istotna statystycznie pomiędzy grupą pacjentów z chorobą jednonacyniową i osobami zdrowymi dla badanego parametru

- pojawiły się: duszność, znaczne osłabienie, zawroty głowy, dolegliwości o typie chromania przystankowego,
- wystąpiły istotne zaburzenia rytmu serca (bloki przedsionkowo-komorowe, zespół preekscytacji, komorowe zaburzenia rytmu serca),
- zanotowano znaczny wzrost ciśnienia skurczowego  $\geq 240$  mm Hg lub istotny jego spadek o co najmniej 20 mm Hg.

W momencie zakończenia badania wysiłkowego rejestrowano częstość skurczów serca, przy której zakończono test, maksymalne uzyskane obciążenie mierzone w watach oraz całkowity czas trwania testu. Bezpośrednio po zakończeniu testu wysiłkowego na ergometrze rowerowym (ok. 20 s) wykonywano badanie echokardiograficzne w pozycji leżącej, podczas którego oceniano wyżej wymienione parametry czynności rozkurczowej lewej komory. Dopplerowskie badanie przepływu mitralnego wykonywano, umieszczając bramkę dopplerowską w projekcji koniuszkowej 4-jamowej na szczycie otwarcia płatków zastawki mitralnej tak, aby uzyskać maksymalną prędkość przepływu w fazie wczesnego napełniania. Za pomocą fali pulsacyjnej mierzono prędkość maksymalną fali E oraz A. Na podstawie uzyskanych wartości obliczono wartość wskaźnika E/A. Czas deceleracji fali wczesnego napełniania mierzono od szczytu fali E max do końca jej trwania. Czas relaksacji izowolumetrycznej mierzono za pomocą fali ciągłej, umieszczając bramkę dopplerowską między drogą napływu i odpływu lewej komory, umożliwiając w ten sposób jednoczesne uwidocznienie dopplerowskiego spektrum przepływu mitralnego i aortalnego. Pomiaru IVRT dokonywano od momentu zakończenia przepływu aortalnego do początku przepływu mitralnego. Pomiar dopplerowskich parametrów przepływu mitralnego oraz IVRT wykonywano, uwzględniając 5 kolejnych ewolucji serca oraz uśredniając uzyskane wyniki.

### Analiza statystyczna

Analizę statystyczną przeprowadzono, wykorzystując komputerowy pakiet do obliczeń statystycznych STATISTICA 5.0. Badania prowadzono zgodnie z zasadami randomizacji. Wyniki przedstawiono w postaci średnich ( $\bar{X}$ ) i ich odchyłeń standardowych (SD, *standard deviation*). Za istotne statystycznie przyjęto wartości dla  $p < 0,05$ .

### Wyniki

Stwierdzono istotną statystycznie różnicę pomiędzy wartościami niektórych parametrów globalnej funkcji rozkurczowej lewej komory serca mierzonych w spoczynku u pacjentów z chorobą jednonacyniową oraz osób zdrowych (tab. 3). Wartość wskaźnika E/A była istotnie statystycznie mniejsza, a czas deceleracji fali E (tdecE) oraz IVRT były istotnie statystycznie dłuższe u pacjentów z chorobą jednonacyniową niż u osób zdrowych ( $p < 0,05$ ). Natomiast po uwzględnieniu średniej wieku badanych pacjentów z chorobą jednonacyniową ( $55,98 \pm 10,21$  roku) nie stwierdzono istotnych różnic między uzyskanymi średnimi wartościami badanych parametrów w grupie osób chorych a wartościami zanotowanymi u osób zdrowych w wieku powyżej 50 lat określonymi przez Kleina i wsp. [7]. U 60% badanych z jednonacyniową chorobą wieńcową stwierdzono zaburzenia funkcji rozkurczowej o typie upośledzonej relaksacji, a u 40% — prawidłowy napływ mitralny z prawidłowym napływem z żył płucnych.

U pacjentów z jednonacyniową chorobą wieńcową nie obserwowano istotnych statystycznie zmian wartości parametrów czynności rozkurczowej pod wpływem wysiłku w porównaniu z wartościami wyjściowymi (tab. 4). Podobnie w grupie osób z chorobą jednonacyniową i upośledzoną relaksacją lewej komory nie zaobserwowano istotnych

**Tabela 3.** Parametry czynności rozkurczowej lewej komory serca w spoczynku**Table 3.** Parameters of left ventricular diastolic function at rest

	Osoby z jednonacyniową chorobą wieńcową (84 osoby)	Grupa kontrolna (51 osób)
E [cm/s]	69,33 ± 14,8	75,3 ± 13,6
A [cm/s]	67,9 ± 16,0	56,11 ± 14,01
E/A*	1,02 ± 0,36	1,34 ± 0,51
tdecE [ms]*	211,41 ± 36,7	181,72 ± 38,2
IVRT [ms]*	93,35 ± 20,7	71,27 ± 14,8

\*Różnica istotna statystycznie pomiędzy grupą pacjentów z chorobą jednonacyniową i osobami zdrowymi dla badanego parametru ( $p < 0,05$ )

**Tabela 4.** Parametry czynności rozkurczowej lewej komory serca**Table 4.** Parameters of left ventricular diastolic function

	A	A I'	B	B I'
E [cm/s]	69,33 ± 14,8	74,08 ± 20,23	75,3 ± 13,6	92,1 ± 23,8*
A [cm/s]	67,9 ± 16,0	72,45 ± 19,94	56,11 ± 14,0	69,5 ± 21,9
E/A	1,02 ± 0,36	1,02 ± 0,56	1,34 ± 0,51	1,32 ± 0,44
tdecE [ms]	211,41 ± 36,7	202,85 ± 46,8	181,72 ± 38,2	169,7 ± 31,5*
IVRT [ms]	93,35 ± 20,7	94,83 ± 27,8	71,27 ± 14,8	54,36 ± 11,5*

A — spoczynkowa ocena parametrów funkcji rozkurczowej w grupie pacjentów z chorobą jednonacyniową poddanych echokardiograficznej próbie wysiłkowej (84 osoby); B — spoczynkowa ocena parametrów funkcji rozkurczowej w grupie osób zdrowych (51 osób); A I' i B I' — powysiłkowa ocena parametrów funkcji rozkurczowej w grupie A i B; \*wartości badanych parametrów pod wpływem obciążenia w grupie osób zdrowych nie różniły się istotnie od wartości parametrów w grupie chorych przy częstotliwości tętna 135/min (tętno maksymalne uzyskane w grupie osób z chorobą wieńcową — tab. 2); \*różnica istotna statystycznie pomiędzy grupą A i grupą A I' lub grupą B i B I' dla badanego parametru ( $p < 0,05$ )

zmian dopplerowskich parametrów funkcji rozkurczowej pod wpływem obciążenia. U osób zdrowych wysiłek spowodował istotny wzrost wartości fali E, skrócenie czasu deceleracji fali E oraz IVRT w stosunku do wartości stwierdzanych w spoczynku. Stwierdzono także istotną statystycznie różnicę wartości uzyskanego tętna maksymalnego oraz obciążenia podczas wysiłku w obu grupach (135/min — chorzy vs. 165/min — zdrowi), co potencjalnie mogło wpłynąć na uzyskane wyniki (tab. 2). Jednak po uwzględnieniu średniej częstotliwości tętna uzyskanego na szczycie wysiłku w grupie osób chorych (135/min) oraz wartości badanych parametrów zarówno w grupie chorych, jak i zdrowych, zmierzonych przy wyżej wymienionej wartości tętna, nie zanotowano istotnych różnic statystycznych parametrów czynności rozkurczowej między obiema grupami (tab. 2).

## Dyskusja

Tradycyjnie uważa się, że niedokrwienie mięśnia sercowego wywołane obciążeniem powoduje najpierw zaburzenia funkcji rozkurczowej typu relaksacji [8, 9]. Niemniej jednak dane z piśmiennic-

stwa, dotyczące wpływu wysiłku na parametry funkcji rozkurczowej lewej komory są sprzeczne. Według niektórych autorów wysiłek fizyczny u osób z chorobą wieńcową powoduje zaburzenia funkcji rozkurczowej typu restrykcyjnego [9, 10]. Jeszcze inni autorzy nie stwierdzili istotnych zmian parametrów czynności rozkurczowej pod wpływem obciążenia u osób z CAD [11]. Istnieje kilka przyczyn tak znacznych rozbieżności wyników wymienionych badań. Ciśnienie napełniania lewej komory może mieć różną wartość w różnych badaniach, ponadto może ono zależeć od typu obciążenia użytego w celu wywołania niedokrwienia serca, stopnia nasilenia dysfunkcji skurczowej, niedomykalności mitralnej oraz stopnia nasilenia niedokrwienia mięśnia sercowego przed badaniem [4, 8]. Różnice dotyczą także zachowania się parametrów czynności rozkurczowej pod wpływem wysiłku u osób zdrowych [6, 12].

Podczas ostrego niedokrwienia upośledzenie funkcji rozkurczowej wyprzedza zaburzenia czynności skurczowej [3]. Dlatego według niektórych badaczy ocena zaburzeń funkcji rozkurczowej podczas badań obciążeniowych mogłaby znaleźć zastosowanie w diagnostyce niedokrwienia serca [4].

Należy jednak stwierdzić, że już spoczynkowa ocena echokardiograficzna większości badanych parametrów czynności rozkurczowej ma dość niską wartość diagnostyczną w wykrywaniu niedokrwienia mięśnia sercowego [13–15]. Zatem ocena powysiłkowa funkcji rozkurczowej przy wykrywaniu niedokrwienia serca może być również bardzo nieobiektywna. W związku z tym należy najpierw zastanowić się, czy istnieje charakterystyczny i indywidualny dla tego schorzenia model zachowań parametrów funkcji rozkurczowej zarówno w spoczynku, jak i pod wpływem obciążenia różny od modelu u osób zdrowych. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono istotne statystycznie różnice wartości spoczynkowych wskaźnika E/A, czasu deceleracji fali E oraz IVRT między osobami zdrowymi a chorymi. Różnice wartości pozostałych badanych parametrów nie były istotne statystycznie. Jest to zgodne z wynikami badań Kornacewicz-Jach i wsp. [16], w których stwierdzano istotną różnicę wartości parametrów czynności rozkurczowej w spoczynku pomiędzy pacjentami z jednonacyniową chorobą wieńcową a osobami zdrowymi. Natomiast według Meluzin'a i wsp. [13] oraz Kucherera i wsp. [14] nie można ocenić stopnia nasilenia zmian miażdżycowych w naczyniach wieńcowych na podstawie oceny parametrów funkcji rozkurczowej. Po uwzględnieniu średniej wieku pacjentów z chorobą jednonacyniową ( $55,98 \pm 10,21$  roku) wykazano, że średnie wartości badanych parametrów funkcji rozkurczowej w tej grupie nie odbiegają istotnie od wartości zanotowanych u osób zdrowych powyżej 50 rż. [7]. Stwierdzone różnice pomiędzy wynikami badań różnych autorów potwierdzają fakt, że trudne, a prawdopodobnie niemożliwe jest wypracowanie jednego modelu zachowań parametrów funkcji rozkurczowej u osób z CAD, zwłaszcza jeśli nie uwzględnia się określonych przedziałów wiekowych. Potwierdzają to wyniki ostatnich badań Schirmera i wsp. [17].

W badanej grupie osób z chorobą jednonacyniową nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian wartości parametrów czynności rozkurczowej lewej komory serca po wysiłku. U ponad połowy badanych z jednonacyniową chorobą wieńcową w spoczynkowym badaniu echokardiograficznym zaobserwowano dysfunkcję rozkurczową lewej komory o typie zaburzeń relaksacji. Wiadomo, że u chorych z rozkurczową dysfunkcją serca obserwuje się nieprawidłową zależność pomiędzy prędkością relaksacji lewej komory a częstotliwością rytmu serca — wzrost częstości skurczów serca podczas wysiłku nie wiąże się z przyspieszeniem relaksacji [18]. Zatem brak istotnego wzrostu szybkości fali wczesnego napełniania E oraz wartości wskaźnika E/A

pod wpływem wysiłku w grupie z chorobą wieńcową wynikał najprawdopodobniej z upośledzenia mechanizmów adaptacyjnych lewej komory serca, zwłaszcza funkcji diastolicznej, do wysiłku w warunkach niedokrwienia. Fakt ten w kolejnych badaniach potwierdzili Bodi i wsp. [4], którzy nie zaobserwowali istotnych statystycznie zmian powysiłkowych wartości większości badanych parametrów czynności rozkurczowej u osób z chorobą jednonacyniową. Jedynie czas deceleracji fali E uległ istotnemu statystycznie wydłużeniu, ale nastąpiło to zarówno u chorych z cechami niedokrwienia mięśnia sercowego w echokardiograficznym badaniu obciążeniowym, jak i u pacjentów bez tych cech [4]. Może to wskazywać na zależność czasu deceleracji fali E od czynników innych niż niedokrwienie. U osób zdrowych stwierdzono istotny wzrost wartości fali E, skrócenie czasu deceleracji fali E oraz IVRT pod wpływem obciążenia. Także Bodi i wsp. [4] obserwowali pod wpływem obciążenia istotny statystycznie wzrost wartości fali E u pacjentów z jednonacyniową chorobą wieńcową. Fakt ten może świadczyć o niskiej swoistości powysiłkowej oceny czynności rozkurczowej przy wykrywaniu niedokrwienia serca. Według Bodiego i wsp. [8] takie zachowanie fali wczesnego napełniania u osób chorych wynikało najprawdopodobniej z poprawy napełniania lewej komory serca pod wpływem obciążenia (fizjologiczna stymulacja współczulna). Natomiast w grupie osób zdrowych, poza wyżej wymienionym mechanizmem, istotną rolę odgrywał brak niedokrwienia mięśnia sercowego przy maksymalnym wysiłku [19, 20]. Zarówno wskaźnik E/A, jak i fala wczesnego napełniania E oraz fala późnego napełniania A nie są czułymi wskaźnikami niedokrwienia mięśnia sercowego podczas obciążenia wysiłkiem [4]. Ponadto wartość wskaźnika E/A oraz pozostałych dopplerowskich parametrów czynności rozkurczowej w dużym stopniu zależy od wartości ciśnienia tętniczego, poprzednio przebytego zawału serca oraz wieku badanych [19, 20]. Według Nishimury i wsp. [21] wiek istotnie wpływa na funkcję rozkurczową lewej komory. Częstość występowania dysfunkcji rozkurczowej według tych autorów gwałtownie wzrasta wraz z wiekiem, niezależnie od współistniejących patologii.

W grupie osób z jednonacyniową chorobą wieńcową 53,04% pacjentów przebyło zawał serca, co mogło także istotnie wpłynąć na ocenę powysiłkową funkcji rozkurczowej. Stwierdzone zaburzenia czynności rozkurczowej lewej komory w spoczynku w grupie chorych mogą fałszować obraz zmian powysiłkowych badanych parametrów funkcji diastolicznej podczas ostrego niedokrwienia [4].

Zarówno w grupie pacjentów z jednonacyniową chorobą wieńcową, jak i u osób zdrowych zaobserwowano skrócenie czasu deceleracji fali E pod wpływem wysiłku, przy czym istotny statystycznie spadek wartości  $t_{decE}$  dotyczył osób zdrowych. Potwierdzają to wyniki badań Stoddarda i wsp. [2] oraz Bodiego i wsp. [4], którzy zaobserwowali skrócenie czasu deceleracji fali E w grupie osób zdrowych oraz pacjentów z chorobą wieńcową. Z kolei według Kangro i wsp. [22] u osób zdrowych wysiłek fizyczny nie wpływa istotnie na wartość czasu deceleracji fali E. Czas relaksacji izowolumetrycznej u osób zdrowych uległ istotnemu skróceniu tylko w grupie osób zdrowych ( $p < 0,05$ ), natomiast u osób chorych nie stwierdzono istotnej statystycznie zmiany wartości IVRT.

Na podstawie przedstawionych wyników badań oraz danych z piśmiennictwa można stwierdzić, że występują duże różnice zachowań parametrów czynności rozkurczowej lewej komory serca w odpowiedzi na wysiłek fizyczny zarówno u pacjentów z CAD, jak i u osób zdrowych. W grupie chorych z potwierdzoną angiograficznie jednonacyniową chorobą wieńcową nie odnotowano istotnych statystycznie zmian badanych parametrów funkcji rozkurczowej pod wpływem wysiłku fizycznego [11]. Utrudnia to, a wręcz uniemożliwia zastosowanie tej metody diagnostycznej przy obiektywnej ocenie stopnia niedokrwienia mięśnia sercowego. Stwierdzenie braku przyspieszenia procesu relaksacji lewej komory podczas wysiłku fizjologicznego można jednak uznać za dodatkowy parametr, wspomagający proces diagnostyczny u osób z istotnym podejrzeniem CAD lub niewydolności rozkurczowej lewej komory, np. w przebiegu choroby wieńcowej. Według nowej koncepcji Zile i Brutsaerta [23] w ocenie zaburzeń relaksacji lewej komory, zarówno metodami inwazyjnymi, jak i nieinwazyjnymi, niezmiernie ważnym czynnikiem jest ocena czynności rozkurczowej w różnych warunkach obciąże-

nia wysiłkiem fizycznym lub obciążenia farmakologicznego. Szczególnie interesujący może być tutaj pomiar wskaźnika  $E/E'$ , który pozwala nieinwazyjnie ocenić warunki napełniania lewej komory, a tym samym określić stan funkcji rozkurczowej serca w spoczynku oraz pod wpływem obciążenia [24]. Metoda ta jest połączeniem oceny wczesnego napływu mitralnego za pomocą konwencjonalnej pulsacyjnej fali dopplerowskiej oraz ruchu pierścienia mitralnego z użyciem pulsacyjnego dopplera tkanekowego. W badanej grupie osób zdrowych szybkość fali E była oprócz IVRT jedynym parametrem, którego wartość najwyraźniej zmieniła się pod wpływem wysiłku fizycznego ( $p < 0,001$  dla E vs.  $p < 0,05$  dla  $t_{decE}$ ). Tym samym jego ocena w połączeniu z analizą ruchu tkanek pierścienia mitralnego za pomocą dopplera tkanekowego przypuszczalnie może stać się istotnym elementem diagnostyki zaburzeń czynności rozkurczowej nie tylko u osób z podejrzeniem choroby wieńcowej, ale również u chorych z niewydolnością rozkurczową w przebiegu innych patologii. Poczynione obserwacje oraz łatwość pomiaru fali E podczas wysiłku lub bezpośrednio po jego zakończeniu w stosunku do innych parametrów dopplerowskich funkcji rozkurczowej (np. IVRT lub  $t_{decE}$ ) wydają się w istotny sposób ułatwiać nieinwazyjną ocenę wpływu wysiłku fizycznego na funkcję rozkurczową serca. Być może powysiłkowa analiza dopplerowskich parametrów czynności rozkurczowej lewej komory, zwłaszcza fali E, w połączeniu z oceną regionalnej funkcji serca za pomocą wciąż udoskonalanej metody tkankowej echokardiografii dopplerowskiej, będą powszechnie wykorzystywane w ocenie adaptacji mięśnia sercowego do podejmowania intensywnego wysiłku zarówno u osób zdrowych, jak i sportowców wyczynowych, a także w diagnostyce oraz ocenie efektów leczenia izolowanej rozkurczowej niewydolności serca [25–27].

## Streszczenie

**Wstęp:** *Celem pracy było porównanie wpływu wysiłku dynamicznego na ergometrze rowerowym na wybrane dopplerowskie parametry globalnej czynności rozkurczowej lewej komory serca u pacjentów z chorobą wieńcową jednonacyniową oraz osób zdrowych.*

**Materiał i metody:** *W badaniu wzięło udział 135 osób. U 84 badanych na podstawie koronarografii stwierdzono jednonacyniową chorobę wieńcową. U 51 osób, skierowanych na diagnostykę inwazyjną serca z powodu podejrzenia choroby wieńcowej, obraz naczyń wieńcowych był prawidłowy. Osoby te stanowiły grupę kontrolną. U wszystkich badanych dokonano echokardiograficznego pomiaru wybranych dopplerowskich parametrów globalnej czynności rozkurczowej lewej komory serca w spoczynku, a następnie po obciążeniu wysiłkiem na ergometrze rowerowym.*

**Wyniki:** *Stwierdzono istotną statystycznie różnicę pomiędzy wartościami niektórych parametrów globalnej funkcji rozkurczowej lewej komory serca mierzonych w spoczynku u pacjentów z chorobą jednonacyniową oraz osób zdrowych. Wartość wskaźnika E/A była istotnie mniejsza, a czas deceleracji fali E (tdecE) i czas relaksacji izowolumetrycznej (IVRT) znamienne dłuższe u pacjentów z chorobą jednonacyniową niż u osób zdrowych ( $p < 0,05$ ). U pacjentów z chorobą jednonacyniową nie obserwowano istotnych zmian wartości parametrów czynności rozkurczowej pod wpływem wysiłku w porównaniu z wartościami wyjściowymi. U osób zdrowych wysiłek spowodował istotny wzrost wartości fali E, skrócenie tdecE oraz IVRT w stosunku do wartości stwierdzanych w spoczynku.*

**Wnioski:** *W grupie chorych z potwierdzoną angiograficznie jednonacyniową chorobą wieńcową nie obserwowano istotnych statystycznie zmian badanych parametrów czynności rozkurczowej pod wpływem obciążenia.* (Folia Cardiol. 2004; 11: 101–109)

**wysiłek dynamiczny, jednonacyniowa choroba wieńcowa, czynność rozkurczowa lewej komory serca**

### Piśmiennictwo

1. Kraunz K., Kennedy J. Ultrasonic determination of left ventricular wall motion in normal Man: studies at rest and after exercise. *Am. Heart J.* 1970; 79: 36–43.
2. Stoddard M.F., Wohlgeleitner D., Vita N.A. i wsp. Left ventricular diastolic function: comparison of pulsed Doppler echocardiographic and hemodynamic indexes in subjects with and without coronary artery disease. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1989; 13: 327–336.
3. Hoffmann R., Hanrath P. From systole to diastole: will the detection of regional diastolic dysfunction allow recognition of coronary artery disease at an earlier stage? *Eur. Heart J.* 1999; 20: 476–477.
4. Bodi V., Sanchis J., Cortes J. i wsp. Changes in left ventricular filling pattern during dobutamine stress doppler echocardiography. *Eur. J. Echocardiogr.* 2000; 1: 196–203.
5. Lewis J.F., Verani M.S., Poliner L.R. i wsp. Effects of transluminal coronary angioplasty on left ventricular systolic and diastolic function at rest and during exercise. *Am. Heart J.* 1985; 109: 792.
6. Kuecherer H.F., Ruffmann K., Schaefer E. i wsp. Doppler echocardiographic assessment of left ventricular filling dynamics in patients with coronary heart disease and normal systolic function. *Eur. Heart J.* 1988; 9: 649–656.
7. Klein A.L., Burstow D.J., Tajik A.J. i wsp. Effects of age on left ventricular dimensions and fillings dynamics in 117 normal persons. *Mayo Clin. Proc.* 1994; 69: 212–224.
8. el-Said E.S., Roelandt J.R., Fioretti P.M. i wsp. Abnormal left ventricular early diastolic filling during dobutamine stress Doppler echocardiography is a sensitive indicator of significant coronary artery disease. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1994; 24: 1618–1624.
9. Meluzin J., Novak M., Julinek J. i wsp. Transmitral flow velocities and times during stress transthoracic echocardiography in patients with myocardial ischaemia. *Eur. Heart J.* 1993; 14: 1344–1348.
10. Wang C.H., Cherng W.J., Hung M.J. Effect of dobutamine-induced myocardial ischaemia on Doppler echocardiography after myocardial infarction. *Am. Heart J.* 1997; 134: 1058–1065.
11. Mazeika P., Nihoyannopoulos P., Joshi J. i wsp. Evaluation of dipyridamole-Doppler echocardiography for detection of myocardial ischaemia and coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* 1991; 68: 478–484.
12. Presti C.F., Walling A.D., Montemayor I. i wsp. Influence of exercise-induced myocardial ischaemia on the pattern of left ventricular diastolic filling: a Doppler echocardiographic study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1991; 18: 75–82.
13. Kuecherer H., Ruffmann K., Schaefer E. i wsp. Non-invasive determination of left ventricular diastolic filling parameters using Doppler echocardiography: clinical application in patients with coronary heart disease. *Z. Kardiol.* 1988; 77: 179–184.
14. Meluzin J., Groch L., Hornacek I. i wsp. Evaluation of diastolic filling of the left ventricle using Doppler echocardiography in patients with chronic ischaemic heart disease and with normal left ventricular function. *Vnitr. Lek.* 1997; 43: 3–6.
15. Pezard P., Furber A., Geslin P. i wsp. Isolated impairment of the regional filling of the left ventricle in the coronary patient with normal systolic function. A study by isotopic ventriculography during rest. *Arch. Mal. Coeur. Vaiss.* 1991; 84: 63–69.
16. Kornacewicz-Jach Z., Gorący J., Mikulski M. Czynność rozkurczowa lewej komory jest bardziej



- upośledzona w zaawansowanej miażdżycy naczyń wieńcowych. *Kardiol. Pol.* 1995; 42: 371–377.
17. Schirmer H., Lunde P., Rasmussen K. Mitral flow derived Doppler indices of left ventricular diastolic function. *Eur. Heart J.* 2000; 21: 1376–1386.
  18. Zile M.R., Brutsaert D.L. New concepts in diastolic dysfunction and diastolic heart failure. Part II: Causal mechanisms and treatment. *Circulation* 2002; 105: 1503–1508.
  19. Cohen G.I., Pietrolungo J.F., Thomas J.D. i wsp. A practical guide to assessment of ventricular diastolic function using Doppler echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1996; 27: 1753–1760.
  20. de Maria A.N., Wisenbaugh T.W., Smith M.D. i wsp. Doppler echocardiographic evaluation of diastolic dysfunction. *Circulation* 1991; 84 (supl. I): 1288–1295.
  21. Nishimura R.A., Tajik A.J. Evaluation of diastolic filling of left ventricle in health and disease. Doppler echocardiography is the clinician's Rosetta Stone. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1997; 30: 8–18.
  22. Kangro T., Henriksen E., Jonason T. i wsp. Doppler indexes of left ventricular filling after exercise in 50-year-old healthy persons. *Am. J. Cardiol.* 1997; 79: 1507–1511.
  23. Zile M.R., Brutsaert D.L. New concepts in diastolic dysfunction and diastolic heart failure. Part I: Diagnosis, prognosis, and measurements of diastolic function. *Circulation* 2002; 105: 1387–1393.
  24. Ommen R., Nishimura R.A., Appeltan C.P., Miller F.A., Oh J.K., Redfield M.M., Tajik A.J. Clinical utility of doppler echocardiography and tissue doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures. *Circulation* 2000; 102: 1788.
  25. Biały D., Derkacz A., Nowosad H. i wsp. Serce sportowca w obrazie echokardiograficznym. *Folia Cardiol.* 2002; 9: 529–536.
  26. Erbel R., Neumann T., Zeidan Z., Bartel T., Buck T. Echocardiography diagnosis of diastolic heart failure. *Herz* 2002; 27: 99–106.
  27. Bruch C., Schmermund A., Bartel T., Schaar J., Erbel R. Tissue Doppler imaging: a new technique for assessment of pseudonormalization of the mitral inflow pattern Echocardiography 2000; 17: 539–546.