

¹Klinika Choroby Wieńcowej Instytutu Kardiologii w Warszawie

²Samodzielna Pracownia Hemodynamiki Instytutu Kardiologii w Warszawie

³Oddział Kardiologii Centralnego Szpitala Kolejowego w Warszawie

Czynniki wpływające na strukturę i elastyczność aorty piersiowej

Factors affecting the structure and elasticity of thoracic aorta

Summary

Background The purpose of the study was to evaluate by means of transesophageal echocardiography (TEE) the factors affecting the structure and elasticity of the thoracic aorta.

Material and methods The study population consisted of 102 patients (26 women) aged 57 ± 10 years. Information of risk factors of atherosclerosis was obtained by interview. All patients underwent TEE for other reasons, examination was completed by imaging of the thoracic aorta.

Results Aortic diameter, the intima-media thickness and distensibility indices were measured. Diameter and thickness of thoracic aorta were positively correlated with age ($r = 0.22$,

$p = 0.03$; $r = 0.27$ $p = 0.005$ respectively). Young's modulus and B modulus were also related to age ($r = 0.42$, $p < 0.0001$; $r = 0.37$, $p = 0.0002$ respectively). Hypertensive subjects had higher wall thickness (0.10 ± 0.03 vs. 0.13 ± 0.04 , $p < 0.05$). Advanced atherosclerosis of the aorta was related to higher stiffness of the aorta.

Conclusion Aortic elasticity is related mostly to age and atherosclerosis.

key words: aorta, transesophageal echocardiography, atherosclerosis, elasticity, age, hypertension

Arterial Hypertension 2004, vol. 8, no 1, pages 9–14.


Wstęp

Wiele lat musiało upłynąć, aby dokonała się zmiana paradygmatu dotycząca znaczenia skurczowego ciśnienia tętniczego jako czynnika ryzyka zdarzeń naczyniowych. W 7 Raporcie JNC podkreślono, że po 50 rż. skurczowe ciśnienie tętnicze (SBP, *systolic blood pressure*) o wartości ponad 140 mm Hg jest silniejszym czynnikiem ryzyka zdarzeń sercowo-naczyniowych niż ciśnienie rozkurczowe (DPB, *diastolic blood pressure*) [1]. Wiedza dotycząca przyczyn skurczowego nadciśnienia tętniczego jest jednak ograniczona. Od wielu lat obser-

wowano związek między SBP a miażdżycą aorty [2]. Wykazano, że w izolowanym skurczowym nadciśnieniu tętniczym stwierdza się zmniejszoną podatność aorty [3], która w dużej mierze jest uzależniona od właściwości elastycznych jej ściany. Zmniejszenie elastyczności ściany aorty powoduje jej większą sztywność, wzrost SBP i wzrost amplitudy tętna. Uważa się, że wzrost amplitudy tętna spowodowany sztywnością ściany aorty jest silnym czynnikiem ryzyka zdarzeń sercowo-naczyniowych [4, 5]. Podwyższone SBP oraz wzrost amplitudy tętna wiążą się z miażdżycą aorty, podczas gdy DBP nie wykazuje tej zależności [6].

Badanie ultradźwiękowe aorty, możliwe dzięki echokardiografii przezprzelykowej (TEE, *transesophageal echocardiography*), umożliwia ocenę struktury i mechanicznych własności jej ściany oraz ocenę zmian miażdżycowych. Celem badania była ocena za pomocą TEE czynników wpływających na strukturę i elastyczność aorty piersiowej.

Adres do korespondencji: dr hab. med. Tomasz Pasierski
Oddział Kardiologii, Centralny Szpital Kolejowy
ul. Bursztynowa 2, 04-749 Warszawa
e-mail: pasier@compinet.pl

 Copyright © 2004 Via Medica, ISSN 1428-5851

Praca finansowana z projektu badawczego KBN 4 P05B 01811

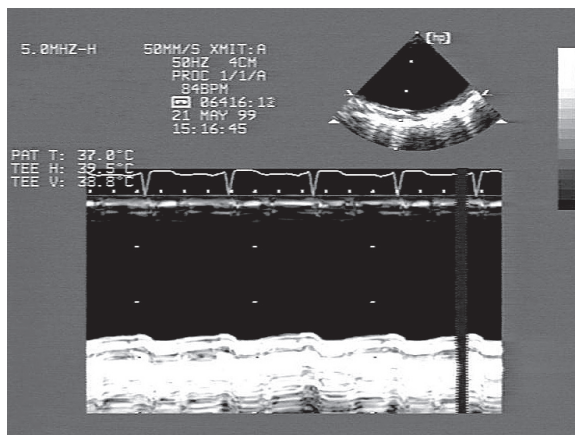
Materiał i metody

Grupę badanych stanowiło 102 chorych (26 kobiet) w wieku 57 ± 10 lat hospitalizowanych w II Klinice Choroby Wieńcowej i II Klinice Kardiologii Instytutu Kardiologii w Warszawie. Na podstawie danych z wywiadu oceniano obecność czynników ryzyka miażdżycy. Naciśnienie tętnicze rozpoznawano przy zastosowaniu leczenia hipotensyjnego lub po co najmniej 2-krotnym stwierdzeniu przez lekarza podwyższonej wartości ciśnienia tętniczego powyżej 140/90 mm Hg. Cukrzycę uznawano za obecną, jeżeli wcześniej rozpoznał ją lekarz. Palenie tytoniu definiowano jako aktualne i jako minione, gdy minęło 5 lat od jego zaprzestania. U wszystkich chorych badano na czczo lipidogram obejmujący oznaczenia metodą enzymatyczną cholesterolu całkowitego, frakcji LDL (*low-density lipoprotein*), HDL (*high-density lipoprotein*) oraz triglicerydów.

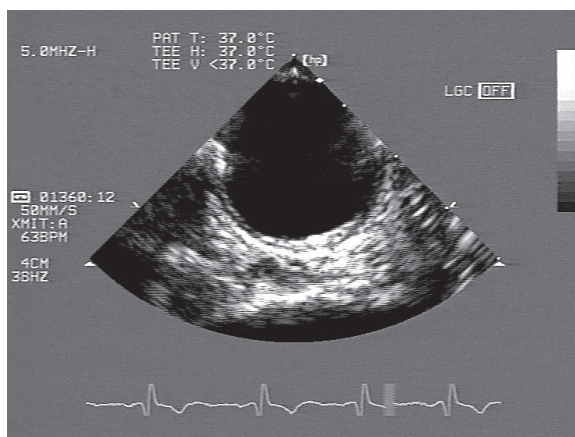
U wszystkich chorych ze wskazań klinicznych wykonano TEE, które rozszerzono o ocenę elastyczności aorty piersiowej. Przyczyną wykonywania TEE było uzupełnienie przedoperacyjnej diagnostyki wady serca. Badanie TEE wykonywano aparatem HP Sonos 5500 z zastosowaniem wielopłaszczyznowej sondy 5-MHz w rutynowy sposób. Badania rejestrowano na kasecie VHS. Oceniano grubość błony środkowo-wewnętrznej, której odpowiadała grubość pierwszej warstwy hipochoogenicznej w dystalnej ścianie naczynia [3] (ryc. 1). Średnicę światła tętnicy oceniano jako odległość między ostatnim prążkiem echa ściany bliższej a wiodącym prążkiem echa ściany dalszej. Pomiarów dokonywano na obszarze wolnym od blaszek miażdżycowych zdefiniowanych jako pogrubienie błony środkowo-wewnętrznej o ponad 50% w stosunku do sąsiedniej ściany naczynia (ryc. 2). Blaszkę miażdżycową klasyfikowano jako złożoną, kiedy jej grubość wynosiła ponad 5 mm, a jej powierzchnia była nierówna (owrzodzenie) lub pokryta skrzepliną (ryc. 3).

W trakcie badania u chorych oceniano wartości ciśnienia tętniczego na tętnicy ramiennej metodą Korotkowa. Na podstawie wartości ciśnienia skurczowego oraz rozkurczowego z uwzględnieniem skurczowej (SS) i rozkurczowej (SR) średnicy naczynia oraz grubości ściany (GS) obliczono statyczny obwodowy moduł Younga = $[(SBP - DBP) / (SS - SR)] \cdot SR / 2GS$ oraz moduł elastyczności $\beta = \ln(SBP/DBP) / ((SS - SR) / SR)$ [7]. Wskaźniki te są większe wówczas, gdy aorta jest sztywniejsza.

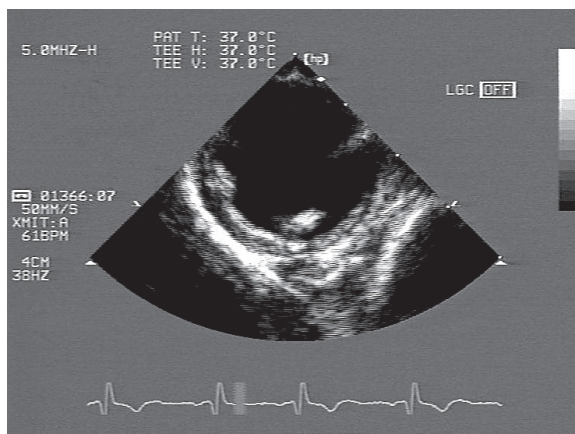
Badanie uzyskało akceptację Terenowej Komisji Nadzoru nad Dokonywaniem Badań na Ludziach, działającej w Instytucie Kardiologii w Warszawie.



Rycina 1. Echokardiogram aorty piersiowej w prezentacji M
Figure 1. M-mode echocardiogram of thoracic aorta



Rycina 2. Blaszkę miażdżycową w aorcie piersiowej
Figure 2. Atherosclerotic plaque in thoracic aorta



Rycina 3. Złożona blaszka miażdżycowa w aorcie piersiowej
Figure 3. Complex atherosclerotic plaque in thoracic aorta

Wyniki

Charakterystykę badanej grupy przedstawia tabela I. Mężczyźni stanowili 75% chorych. Nadciśnienie tętnicze rozpoznano u 48% badanych. Zaburzenia lipidowe stwierdzono u 39% chorych, przy czym średnie stężenie cholesterolu całkowitego wynosiło 203 ± 42 mg/dl.

Średnica aorty piersiowej wynosiła $24,1 \pm 4,2$ mm w całej badanej grupie (tab. II), a grubość błony środkowo-wewnętrznej $1,16 \pm 0,35$ mm. Z kolei moduł

Tabela I. Charakterystyka badanej grupy

Table I. Characteristics of the study population

Wiek (lata)	$57,2 \pm 10,3$
Mężczyźni (%)	75
Nadciśnienie tętnicze (%)	48
Cukrzyca (%)	9
Cholesterol całkowity [mg/dl]	203 ± 42
Cholesterol frakcji LDL [mg/dl]	127 ± 39
Cholesterol frakcji HDL [mg/dl]	44 ± 15
Triglicerydy [mg/dl]	151 ± 69
Palenie tytoniu (%)	71

Tabela II. Struktura i wskaźniki elastyczności aorty piersiowej w badanej grupie

Table II. Structure and elastic indices of the thoracic aorta in study group

Wskaźniki aorty	
Średnica aorty piersiowej w rozkurczu [mm]	$24,1 \pm 4,2$
Grubość błony środkowo-wewnętrznej [mm]	$1,16 \pm 0,35$
Moduł elastyczności β	$1,12 \pm 0,72$
Moduł Younga [10^6 dyn/cm ²]	$12,09 \pm 8,18$

Tabela III. Współczynniki korelacji Pearsona parametrów aorty z wiekiem i lipidami

Table III. Pearson's correlation coefficients of aortic parameters with age and lipids

Wskaźniki aorty	Wiek	Cholesterol całkowity	Cholesterol LDL	Cholesterol HDL, triglicerydy
Średnica aorty w skurczu [mm]	NS	$-0,23; p = 0,02$	$-0,27; p = 0,009$	NS
Średnica aorta w rozkurczu [mm]	$0,22; p = 0,03$	$-0,23; p = 0,02$	$-0,25; p = 0,02$	NS
Grubość błony środkowo-wewnętrznej [mm]	$0,27; p = 0,005$	NS	NS	NS
Moduł elastyczności β	$0,42; p < 0,0001$	NS	NS	NS
Moduł Younga	$0,37; p = 0,0002$	NS	NS	NS

elastyczności β wynosił $1,12 \pm 0,72$, a moduł Younga — $12,09 \pm 8,18 \times 10^6$ dyn/cm².

Średnica aorty piersiowej w rozkurczu oraz grubość błony środkowo-wewnętrznej była dodatnio skorelowana z wiekiem ($r = 0,22, p = 0,03$ i $r = 0,27, p = 0,005$) (tab. III). Z wiekiem był również dodatnio skorelowany moduł elastyczności β ($r = 0,42, p < 0,0001$) oraz moduł Younga ($r = 0,37, p = 0,0002$). U chorych z nadciśnieniem tętniczym grubość błony środkowo-wewnętrznej była większa (tab. IV), natomiast nie stwierdzono między nimi różnic dotyczących wskaźników elastyczności aorty piersiowej. Nie występowały różnice między kobietami i mężczyznami dotyczące średnicy, grubości aorty i wskaźników elastyczności aorty.

Pacjentów ze stwierdzoną blaszką miażdżycową w aorcie błona środkowo-wewnętrzna była grubsza, a wskaźnik elastyczności β — wyższy (tab. V). Natomiast jeżeli zmiany miażdżycowe były bardziej zaawansowane i rozpoznano złożoną blaszkę miażdżycową (tab. VI), wówczas chorzy ci mieli szerszą aortę, grubszą ścianę aorty oraz wyższy moduł elastyczności β i moduł Younga.

Nie stwierdzono korelacji między stężeniem cholesterolu a grubością błony środkowo-wewnętrznej i wskaźnikami elastyczności aorty piersiowej (tab. III). Nie wykazano również wpływu palenia tytoniu na analizowane parametry. Natomiast u chorych na cukrzycę występował wyższy wskaźnik elastyczności β .

Dyskusja

Echokardiograficzne badanie przezprzełykowe umożliwia ocenę struktury oraz własności mechanicznych ściany aorty. Właściwości elastyczne aorty badane za pomocą TEE ściśle korelują z innymi wskaźnikami sztywności tętnic, takimi jak szybkość fali tętna w aorcie [3]. Ponadto wykazano, że głównym czynnikiem determinującym poszerzenie i po-

Tabela IV. Charakterystyka wskaźników aorty piersiowej u chorych z nadciśnieniem i u osób bez nadciśnienia tętniczego**Table IV.** Characteristics of thoracic aorta parameters in normotensive and hypertensive subjects

Wskaźniki aorty	NT-	NT+	p
Wymiar aorty w skurczu [mm]	2,51 ± 0,38	2,66 ± 0,48	NS
Wymiar aorty w rozkurczu [mm]	2,33 ± 0,37	2,50 ± 0,47	0,06
Grubość błony środkowo-wewnętrznej [mm]	0,10 ± 0,03	0,13 ± 0,04	0,01
Moduł elastyczności β	1,02 ± 0,76	1,28 ± 0,71	NS
Moduł Younga [10^6 dyn/cm ²]	11,6 ± 9,6	12,9 ± 7,2	NS

Tabela V. Średnica, grubość i sztywność aorty u chorych z blaszką miażdżycową i u osób bez blaszki miażdżycowej**Table V.** Aortic diameter, thickness and stiffness in subjects with and without atherosclerotic plaque

Parametry aorty	Blaszka (-)	Blaszka (+)	p
Wymiar aorty w skurczu [mm]	2,54 ± 0,38	2,62 ± 0,47	NS
Wymiar aorty w rozkurczu [mm]	2,35 ± 0,37	2,46 ± 0,46	NS
Grubość błony środkowo-wewnętrznej [mm]	0,10 ± 0,02	0,123 ± 0,04	0,03
Moduł elastyczności β	0,91 ± 0,70	1,32 ± 0,69	0,005
Moduł Younga [10^6 dyn/cm ²]	10,5 ± 9,2	13,5 ± 6,9	NS

Tabela VI. Średnica, grubość i sztywność aorty u chorych ze złożoną blaszką miażdżycową lub u osób bez złożonej blaszki miażdżycowej**Table VI.** Aortic diameter, thickness and stiffness in subjects with and without complex atherosclerotic plaque

Wskaźniki aorty	Złożona		p
	Blaszka (-)	Blaszka (+)	
Wymiar aorty w skurczu [mm]	2,53 ± 0,37	2,76 ± 0,60	NS
Wymiar aorty w rozkurczu [mm]	2,35 ± 0,35	2,63 ± 0,58	0,05
Grubość błony środkowo-wewnętrznej [mm]	0,11 ± 0,03	0,13 ± 0,04	0,02
Moduł elastyczności β	1,00 ± 0,67	1,59 ± 0,74	0,0001
Moduł Younga [10^6 dyn/cm ²]	11,2 ± 8,1	15,6 ± 7,8	0,03

grubienie ściany aorty oraz zwiększenie sztywności jej ścian jest wiek. Z wiekiem wzrasta sztywność ściany aorty i jej dużych odgałęzień, co powoduje podwyższenie SBP i zwiększenie amplitudy tętna. Zarówno wiek, jak i nadciśnienie tętnicze uważa się za niezależne czynniki ryzyka rozwoju miażdżycy.

Pearson i wsp. analizowali wpływ wieku, płci i nadciśnienia tętniczego na strukturę aorty piersio-

wej w grupie 83 pacjentów [7]. Autorzy ci wykazali, że wiek był dodatnio skorelowany zarówno z grubością ściany aorty, jak i ze wskaźnikami elastyczności aorty. Chorzy z nadciśnieniem tętniczym charakteryzowali się znamienne większą grubością ściany aorty oraz istotnie wyższymi wskaźnikami elastyczności ściany aorty. Płeć nie wpływała na oceniane parametry.

W grupie badanej przez autorów również potwierdzono dodatnią korelację między grubością błony środkowo-wewnętrznej aorty i wskaźnikami elastyczności a wiekiem. Podobnie nie stwierdzono różnic między kobietami i mężczyznami. Chorzy z nadciśnieniem tętniczym charakteryzowali się znamienne większą grubością ściany aorty, ale nie różnili się elastycznością aorty. Różnica ta prawdopodobnie wynikała z wieku badanych. Badani przez autorów pacjenci z nadciśnieniem tętniczym należeli do młodszej grupy wiekowej ($60 \pm 9,0$ lat) niż osoby badane przez Pearsona [7] (67 ± 8 lat) i to prawdopodobnie jest przyczyną lepszej elastyczności aorty.

Pasierski i wsp. również wykazali, że zaawansowany wiek wiązał się z poszerzeniem aorty i zmniejszeniem jej podatności [8]. W populacji SPARC (*Stroke Prevention: Assessment of Risk in a Community*) obejmującej 581 badanych wykazano także związek między wiekiem i miażdżycą aorty [6]. Stwierdzono również korelację między SBP, amplitudą tętna a miażdżycą aorty. Korelacja ta nie dotyczyła wartości DBP.

Leary i wsp. oceniali elastyczność dużych tętnic w grupie młodych (11–20 lat) i starszych osób (36–52 lata) [9]. Moduł Younga dotyczący aorty piersiowej był 4-krotnie wyższy w grupie osób starszych. Lacombe i wsp. badali grupę 49 zdrowych ochotników w wieku 19–75 lat i również wykazali wysoką korelację wskaźników elastyczności aorty z wiekiem [10]. Uważa się, że wskaźniki elastyczności aorty wykazują małe zmiany u osób do 50 rż. Po 50 rż. obserwuje się liniową zależność między wiekiem i sztywnością aorty, a wskaźniki elastyczności stają się około 2-krotnie wyższe.

Powstaje pytanie, dlaczego wraz z wiekiem zwiększa się sztywność ściany aorty? Może o tym decydować zwiększona ilość kolagenu w stosunku do elastyny, zwiększona grubość ściany naczynia z powodu przerostu ściany lub zmiany w napięciu mięśniówki gładkiej naczynia. Najbardziej prawdopodobne wydają się zmiany strukturalne dotyczące ilości kolagenu i elastyny w ścianie aorty oraz zmiany w napięciu mięśniówki gładkiej ściany.

Związek między nadciśnieniem tętniczym a miażdżycą aorty nie jest prostym związkiem przyczynowo-skutkowym. Potwierdzają go wyniki badań autopsyjnych [11, 12]. Zależność między nadciśnieniem tętniczym i miażdżycą aorty oraz amplitudą tętna i miażdżycą aorty obserwowano u chorych z wadami zastawkowymi serca [13] i z migotaniem przedsionków [14]. Badanie SPARC także potwierdza związek podwyższonego SBP i amplitudy tętna z miażdżycą aorty. Jednak istnieją również publikacje, w których autorzy nie potwierdzają związku nadciśnienia tętniczego z miażdżycą aorty [15, 16]. Nadciśnienie tętnicze sprzyja rozwojowi miażdżycy i w tym mechanizmie

może dochodzić do wzrostu sztywności ściany i dalszego wzrostu SBP. Z kolei miażdżycy aorty powoduje zmniejszenie elastyczności proksymalnych odcinków aorty, co jest przyczyną wzrost wartości SBP. Wykazanie związku między wzrostem SBP i amplitudy tętna oraz braku związku między DBP a miażdżycą aorty może potwierdzać takie rozumowanie.

Autorzy w swojej pracy analizowali parametry struktury aorty i jej elastyczności w odniesieniu do obecności blaszki miażdżycowej w aorcie. Chorzy z blaszką miażdżycową w aorcie (52% badanych) charakteryzowali się większą grubością ściany i wyższym współczynnikiem elastyczności β . Natomiast chorzy, u których stwierdzano obecność złożonej blaszki miażdżycowej (22% badanych), charakteryzowali się również szerszą aortą i wyższym modulem Younga. Obserwacje te potwierdzają fakt, że złożona blaszka miażdżycowa współlistnieje z bardziej zaawansowanymi zmianami w ścianie aorty.

Wyniki pracy autorów nie potwierdziły związku między zaburzeniami lipidowymi a grubością i elastycznością aorty. Choć związek między hiperlipidemią i miażdżycą wykazano w wielu publikacjach [17], to jedna z ostatnich dużych prac echokardiograficznych tego faktu nie potwierdza [14]. Prawdopodobnie hipercholesterolemia odgrywa mniejszą rolę w rozwoju miażdżycy aorty niż w miażdżycy tętnic wieńcowych.

Również w grupie pacjentów przebadanej przez autorów nie wykazano wpływu palenia tytoniu na strukturę i elastyczność aorty. Natomiast chorzy na cukrzycę charakteryzowali się wyższym wskaźnikiem elastyczności β .

Wyniki badań przeprowadzonych przez autorów są zgodne z innymi doniesieniami, że z wiekiem dochodzi do grubienia ściany aorty i zwiększania jej sztywności. Wykazano również, że osoby z nadciśnieniem tętniczym mają grubszy ścianę aorty. Obecnie uważa się, że zwiększona sztywność naczyń współlistnieje z chorobami układu sercowo-naczyniowego. Fakt ten może być spowodowany wzrostem amplitudy tętna z powodu zwiększonej sztywności naczyń i związkiem między sztywnością ściany naczynia a miażdżycą. Istnieją sugestie, że sztywność naczyń może być niezależnym czynnikiem ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego.

Wnioski

1. Średnica aorty, jej grubość oraz wskaźniki elastyczności aorty były dodatnio skorelowane z wiekiem.
2. Chorzy z nadciśnieniem tętniczym charakteryzowali się większą grubością błony środkowo-wewnętrznej.
3. Zaawansowana miażdżycy aorty wiąże się ze zwiększoną sztywnością jej ściany.

Streszczenie

Wstęp Celem pracy była ocena za pomocą echokardiograficznego badania przezprzelykowego (TEE) czynników wpływających na strukturę i elastyczność aorty piersiowej.

Materiał i metody Badaniami objęto 102 chorych (26 kobiet) w wieku 57 ± 10 lat. Na podstawie danych z wywiadu analizowano obecność czynników ryzyka miażdżycy. U wszystkich chorych wykonano ze wskazań klinicznych badanie TEE, które rozszerzono o ocenę aorty piersiowej. Analizowano średnicę aorty, grubość błony środkowo-wewnętrznej oraz wskaźniki elastyczności aorty.

Wyniki Średnica aorty oraz grubość błony środkowo-wewnętrznej była dodatnio skorelowana z wiekiem (odpowiednio: $r = 0,22$, $p = 0,03$; $r = 0,27$, $p = 0,005$). Moduł Younga i moduł elastyczności β również były dodatnio skorelowane z wiekiem (odpowiednio: $r = 0,42$, $p < 0,0001$; $r = 0,37$, $p = 0,0002$). Chorzy z nadciśnieniem tętniczym charakteryzowali się grubsza błoną środkowo-wewnętrzną ($0,10 \pm 0,03$ vs. $0,13 \pm 0,04$, $p < 0,05$). Zaawansowana miażdżycza wiązała się ze zwiększoną sztywnością jej ściany.

Wniosek Głównymi czynnikami determinującymi sztywność aorty są wiek i zaawansowanie miażdżycy.

słowa kluczowe: aorta, echokardiografia przezprzelykowa, miażdżycza, elastyczność, wiek, nadciśnienie tętnicze

Nadciśnienie Tętnicze 2004, tom 8, nr 1, strony 9–14.

Piśmiennictwo

1. Chobanian A., Bakris G., Black H. i wsp. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure. *JAMA* 2003; 289: 2561–2572.
2. Fineberg M.H. Systolic hypertension; its relationship to atherosclerosis of the aorta and larger arteries. *Am. J. Med. Sci.* 1927; 173: 835–842.
3. Safar M.E., Simon A.C., Levenson J.A. Structural changes of large arteries in sustained essential hypertension. *Hypertension* 1984; 6 (supl. III): III117–III121.

4. Benetos A., Safar M., Rudnichi A. i wsp. Pulse pressure: a predictor of long-term cardiovascular mortality in a French male population. *Hypertension* 1997; 30: 1410–1415.
5. Millar J.A., Lever A.F., Burke V. Pulse pressure as a risk factor for cardiovascular events in the MRC Mild Hypertension Trial. *J. Hypertens.* 1999; 17: 1065–1072.
6. Agmon Y., Khandheria B.J., Meissner I. i wsp. Independent association of high blood pressure and aortic atherosclerosis. A population-based study. *Circulation* 2000; 102: 2087–2093.
7. Pearson A.C., Guo R., Orsinelli D.A., Binkley P.F., Pasiński T.J. Transesophageal echocardiographic assessment of the effects of age, gender, and hypertension on thoracic aortic wall size, thickness and stiffness. *Am. Heart J.* 1994; 128: 344–351.
8. Pasiński T.J., Binkley P.F., Pearson A.C. Evaluation of aortic distensibility with transesophageal echocardiography. *Am. Heart J.* 1992; 123: 1288–1293.
9. Learoyd B.M., Taylor M.G. Alterations with age in the viscoelastic properties of human arterial walls. *Circ. Res.* 1966; 18: 278–292.
10. Lacombe F., Dart A., Dewar E., Jennings G., Cameron J., Laufer E. Arterial elastic properties in man: a comparison of echo-Doppler indices or aortic stiffness. *Eur. Heart J.* 1992; 13: 1040–1045.
11. Virmani R., Avolio A.P., Mergner W.J. i wsp. Effect of aging on aortic morphology in populations with high and low prevalence of hypertension and atherosclerosis. *Am. J. Pathol.* 1991; 139: 1119–1129.
12. Homma S., Ishii T., Tsugane S. i wsp. Different effects of hypertension and hypercholesterolemia on the natural history of aortic atherosclerosis by the stage of intimal lesions. *Atherosclerosis* 1997; 128: 85–95.
13. Tribouilloy C., Peltier M., Andrejak M. i wsp. Correlation of thoracic aortic atherosclerotic plaque detected by multiplane transesophageal echocardiography and cardiovascular risk factors. *Am. J. Cardiol.* 1998; 82: 1552–1555.
14. Blackshear J.L., Pearce L.A., Hart R.G. i wsp. for the Stroke Prevention in Atrial Fibrillation Investigators Committee on Echocardiography. Aortic plaque in atrial fibrillation: prevalence, predictors, and thromboembolic implications. *Stroke* 1999; 30: 834–840.
15. Nishino M., Masugata H., Yamada Y. i wsp. Evaluation of thoracic aortic atherosclerosis by transesophageal echocardiography. *Am. Heart J.* 1994; 127: 336–344.
16. Davila-Roman V.G., Barzilai B., Wareing T.H. i wsp. Atherosclerosis of the ascending aorta: prevalence and role as an independent predictor of cerebrovascular events in cardiac patients. *Stroke* 1994; 25: 2010–2016.
17. Tribouilloy C.M., Peltier M., Iannetta-Peltier M.C. i wsp. Relation between low-density lipoprotein cholesterol and thoracic aortic atherosclerosis. *Am. J. Cardiol.* 1999; 84: 603–605.