

¹Klinika Kardiologii i Nadciśnienia Tętniczego Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

²Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

³Studies Coordinating Centre, Division of Hypertension and Cardiovascular Rehabilitation, Department of Cardiovascular Diseases, University of Leuven, Leuven, Belgium

⁴Department of Epidemiology, Maastricht University, Maastricht, Holandia

Ciśnienie tętnicze i wskaźniki sztywności tętnic w 5-letniej obserwacji

Blood pressure and arterial stiffness indices in 5-years follow-up

Summary

Background Augmentation index (AI) a measure of enhanced wave reflection and pulse pressure have been proposed as a bedside measure of aortic stiffness. The objective of the present study was to assess changes in blood pressure (BP) parameters and AI in general population after 5-years follow-up.

Material and methods From the general population we recruited 197 members from random families (99 parents and 98 offspring [age at baseline: 51.4 and 25.5 years] who constituted 110 normotensives and 87 hypertensives). Initially and after mean follow-up 4.8 ± 0.3 years we recorded the radial arterial waveform using the SphygmoCor device. We evaluated peripheral AI (PAI) and central AI (CAI). Significance levels of between-group comparisons of the change from baseline were assessed by a general linear model that adjusted for baseline value.

Results In both generations as well as in normo- and hypertensive groups we observed comparable increase in BMI and decrease in heart rate. We found higher increase in aortic SBP with lesser decrease in central DBP in offspring and in normotensives while CPP increase was higher in parents and in participants with initially diagnosed hypertension ($p < 0.005$). We observed greater elevation of bra-

chial SBP with simultaneous lesser reduction in DBP with similar increase in peripheral PP in offspring and in normotensives. Changes in PAI and CAI were more pronounced in younger generation and resulted respectively 4.4 vs 2.9%; $p = 0.004$ and 5.2 vs 3.7%; $p = 0.0001$. Moreover we observed higher increase in PAI (4.6 vs 4.3%; $p = 0.006$) and in CAI (4.8 vs 4.6%; $p = 0.005$) in hypertensives.

Conclusions The aortic pulse pressure more effectively indicate age and blood pressure related changes in arterial wall stiffening than brachial pressure. Our findings indicate that AI increased in offspring and can be used as effective tool to detect the progressive increase in aortic stiffness in younger individuals.

key words: blood pressure, arterial stiffness, augmentation index, longitudinal observation

Arterial Hypertension 2010, vol. 14, no 6, pages 443–450.

Adres do korespondencji: dr n. med. Wiktorja Wojciechowska
I Klinika Kardiologii i Nadciśnienia Tętniczego CM UJ
ul. Kopernika 17, 31–501 Kraków
tel.: (12) 424 73 00, faks: (12) 424 73 20
e-mail: wwita@poczta.onet.pl



Copyright © 2010 Via Medica, ISSN 1428–5851

Wstęp

Zmiana struktury i funkcji dużych naczyń tętniczych wiąże się z przedwczesnym rozwojem chorób sercowo-naczyniowych. Ocena sztywności tętnic, choć znalazła miejsce w obowiązujących wytycznych Europejskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego dotyczących diagnostyki i terapii nadciśnienia tętniczego, pozostaje mało wykorzystywana w codziennej praktyce klinicznej [1]. Jest to spowodowane zarówno ograniczoną dostępnością aparatury, jak i bra-

kiem wystandaryzowanych metod badania zmiany struktury i funkcji ściany dużych tętnic.

Zastosowanie w randomizowanych badaniach klinicznych nieinwazyjnej oceny centralnego ciśnienia [2, 3] potwierdziło jego znaczenie jako istotnego czynnika ryzyka zgonów u pacjentów z krańcową niewydolnością nerek [4], jak również zdarzeń sercowo-naczyniowych u osób z chorobą niedokrwinną serca [5].

Wraz z wiekiem dochodzi do zmniejszenia własności elastycznych dużych tętnic, co prowadzi do wcześniejszego powrotu fal odbitych (jeszcze w fazie skurczu), tym samym zwiększając późnoskurczowe ciśnienie i obniżając wartość rozkurczowego ciśnienia tętniczego. Spośród dostępnych badań nad wpływem starzenia się na zmianę sztywności tętnic [6–11] większość dotyczyła analizy prędkości fali tętna [6, 8], czy wskaźnika wzmocnienia [8, 9, 11] w wybranych grupach zdrowych ochotników. W badaniu *The Anglo-Cardiff Collaborative Trial* (ACCT) oceniano zależne od wieku zmiany centralnego i obwodowego ciśnienia tętna u zdrowych osób [8] i u pacjentów z czynnikami ryzyka sercowo-naczyniowego lub z udokumentowaną chorobą sercowo-naczyniową [12]. We wcześniejszym opracowaniu autorów niniejszej pracy zostały przedstawione wartości referencyjne zarówno obwodowego i centralnego ciśnienia tętna, jak i wskaźników wzmocnienia dla poszczególnych grup wiekowych na podstawie przekrojowej analizy trzech europejskich badań kohortowych [11].

Przedmiotem niniejszego opracowania jest analiza stopnia zmiany obwodowych i centralnych parametrów ciśnieniowych w 5-letniej obserwacji w dwóch różnych pokoleniach oraz w podgrupach osób z nadciśnieniem tętniczym i bez tego schorzenia.

Materiał i metody

Badana populacja

Wyjściowo badanie przeprowadzono u 294 osób z 83 rodzin nuklearnych (dwupokoleniowych) zrekrutowanych w ramach *European Project on Genes in Hypertension* (EPOGH) [13]. Grupę badaną stanowiły 133 osoby z pokolenia rodziców oraz 161 ich dorosłych dzieci. Protokół badania zaakceptowała Komisja Bioetyczna Uniwersytetu Jagiellońskiego. Po okresie obserwacji (wynoszącym średnio $4,8 \pm 0,3$ roku) zbadano ponownie 197 osób (ok. 67% populacji wyjściowej), w tym 99 rodziców i 98 ich dorosłych dzieci.

Badane parametry ciśnieniowe i sztywności tętnic

W obserwacji wyjściowej i odległej ten sam zespół badawczy stosował identyczny protokół badania. Pomiarów ciśnienia tętniczego (BP, *blood pressure*) dokonano sfigmomanometrem rtęciowym w warunkach standardowych. Wartość BP w pomiarach tradycyjnych obliczono jako średnią z 5 pomiarów. Nadciśnienie tętnicze rozpoznawano, jeżeli wartość ciśnienia tętniczego skurczowego (SBP, *systolic blood pressure*) lub rozkurczowego (DBP, *diastolic blood pressure*) w pomiarach tradycyjnych była równa lub większa odpowiednio od 140 mm Hg czy 90 mm Hg, lub jeśli chory zażywał leki przeciwnadciśnieniowe.

Do badania własności ściany naczyniowej wykorzystano metodę analizy fali tętna, która umożliwia nieinwazyjną ocenę zarówno obwodowej, jak i aortalnej fali tętna. Po 5-minutowym odpoczynku badanego dokonywano 8-sekundowej rejestracji fal tętna za pomocą tonometru aplanacyjnego (Micro-Tip pressure transducer Model SPT-301, Millar Instruments, Houston, Texas, Stany Zjednoczone) wbudowanego w sondę w kształcie ołówka i sprzężonego z przenośnym komputerem z oprogramowaniem SphygmoCor, wersja 7.1 (AtCor Medical Pty., Ltd., Australia) [14]. Uzyskaną falę kalibrowano na podstawie wartości SBP i DBP zmierzonych sfigmomanometrem na tętnicy ramiennej [14]. Uśredniona promieniowa fala tętna — wynik 8-sekundowej rejestracji — była podstawą do wyrowadzenia korespondującej centralnej fali tętna przy zastosowaniu uniwersalnej matematycznej funkcji przejścia [15]. Na podstawie uzyskanych fal tętna (obwodowej i centralnej) obliczano wskaźnik wzmocnienia ciśnienia skurczowego (AI, *augmentation index*). Obwodowy wskaźnik wzmocnienia (PAI, *peripheral augmentation index*) zdefiniowano jako iloraz szczytów skurczowych drugiego i pierwszego na fali tętna, pomnożony przez 100%, natomiast centralny wskaźnik wzmocnienia (CAI, *central augmentation index*) jako różnicę szczytów drugiego i pierwszego na aortalnej fali tętna wyrażoną jako procent ciśnienia tętna. Ponadto oceniano centralne ciśnienie tętna (CPP, *central pulse pressure*) i PPP, jako różnicę SBP i DBP odpowiednio w aortcie i na obwodzie.

Inne badania

U każdego uczestnika wykonywano badanie przedmiotowe z uwzględnieniem pomiaru masy ciała i wzrostu, które posłużyły do wyliczenia wskaźnika masy ciała (BMI, *body mass index*). Ponadto na

podstawie standardowego kwestionariusza zebrano informacje dotyczące aktualnych i przebytych chorób, nadciśnienia tętniczego oraz występowania tego schorzenia u krewnych, stosowania leków obniżających BP i innych oraz stylu życia (w tym używek i aktywności fizycznej). Dodatkowo od kobiet zbierano wywiad ginekologiczny. U wszystkich uczestników programu na podstawie przeprowadzonych badań wykluczono wtórny charakter nadciśnienia tętniczego.

Analiza statystyczna

Do opracowania baz danych i analizy statystycznej wyników wykorzystano oprogramowanie SAS System, wersja 8.1 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, Stany Zjednoczone). W teście Shapiro-Wilka (PROC UNIVARIATE) została sprawdzona zgodność rozkładu analizowanych zmiennych ciągłych z rozkładem normalnym. Średnie wartości poszczególnych zmiennych porównywano przy zastosowaniu testu *t*-Studenta i testu χ^2 . Poziom istotności dla różnic między grupami w zakresie zmian badanych parametrów w trakcie obserwacji oceniano przy zastosowaniu regresji liniowej z uwzględnieniem wartości wyjściowych.

Wyniki

Charakterystyka badanej populacji

W tabeli I przedstawiono charakterystykę kliniczną badanej grupy według pokolenia i płci. Wiek rodziców wynosił wyjściowo średnio 51,9, a potomków 26,0 roku. W pokoleniu rodziców, w porównaniu z ich dorosłymi dziećmi, BMI ($27,1 \pm 4,2$ v. $23,3 \pm 3,6$ kg/m²; $p < 0,001$), SBP i DBP, CPP oraz PAI i CAI były istotnie wyższe.

W młodszym pokoleniu, mężczyźni cechowała istotnie wyższa wartość SBP. Różnic tych nie obserwowano w starszym pokoleniu. Zarówno obwodowe, jak i centralne SBP były niższe, a AI wyższe u kobiet w porównaniu z mężczyznami młodszego pokolenia.

Wyjściowo i w obserwacji odległej różnica między obwodowym SBP i centralnym SBP była istotnie mniejsza u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym z porównaniu z osobami z prawidłowym BP (wyjściowo: $11,5 \pm 6,9$ v. $14,7 \pm 6,3$ mm Hg; $p = 0,001$, obserwacja odległa: $10,7 \pm 6,9$ v. $15,9 \pm 7,3$ mm Hg; $p < 0,001$). Podobnie w starszym pokoleniu w porównaniu z pokoleniem dorosłych dzieci amplifikacja BP

Tabela I. Wyjściowa charakterystyka kliniczna i czynniki stylu życia w badanej populacji

Table I. Baseline characteristics of the study participants

	Ojcowie (n = 40)	Matki (n = 59)	Synowie (n = 53)	Córki (n = 45)
Wiek (lata)	51,1 (4,4)	51,7 (5,3)	24,3 (4,2)	27,1 (5,6)*
Masa ciała [kg]	85,9 (14,3)	80,9 (14,5)	80,7 (17,1)	68,2 (18,1) [†]
Wzrost [cm]	175,2 (5,3)	162,9 (5,7) [‡]	178,4 (6,2)	166,2 (5,9) [‡]
Pelenie tytoniu	12 (30,0)	14 (23,8)	14 (26,4)	5 (11,1)
Regularne spożycie alkoholu (≥ 5 g/d.)	22 (55,0)	7 (11,9) [‡]	26 (49,1)	10 (22,2) [‡]
Nadciśnienie tętnicze	27 (67,5)	42 (71,2)	10 (18,9)	8 (17,8)
Obwodowe parametry hemodynamiczne				
Częstość akcji serca (uderzenia/min)	68,9 (11,3)	72,3 (11,7)	73,7 (13,1)	74,4 (9,5)
SBP [mm Hg] [#]	133,4 (17,5)	138,7 (18,0)	125,2 (11,9)	117,7 (15,5) [‡]
DBP [mm Hg] [#]	84,8 (9,8)	87,4 (9,7)	77,8 (9,9)	73,9 (13,7)
PP [mm Hg]	50,2 (13,6)	51,9 (12,4)	48,8 (12,5)	44,3 (9,4)*
AI (%)	81,6 (14,8)	89,1 (13,8)*	45,4 (11,5)	61,1 (18,8) [‡]
Centralne parametry hemodynamiczne				
SBP [mm Hg]	125,4 (18,1)	130,9 (18,0)	107,1 (9,6)	104,5 (17,3)*
DBP [mm Hg]	86,9 (9,8)	89,0 (10,5)	78,9 (10,4)	75,5 (13,4)
PP [mm Hg]	38,5 (11,1)	41,9 (11,9)	28,2 (6,7)	29,1 (7,2)
AI (%)	25,0 (10,7)	30,4 (10,0)*	-1,95 (10,8)	11,1 (14,3) [‡]

SBP (systolic blood pressure) — skurczowe ciśnienie tętnicze; DBP (diastolic blood pressure) — rozkurczowe ciśnienie tętnicze; PP (pulse pressure) — ciśnienie tętna; AI (augmentation index) — wskaźnik wzmocnienia. Dane przedstawiono jako średnie arytmetyczne (SD) lub jako liczba osób (odsetek, %); [#]średnia z pięciu pomiarów; * $p < 0,05$; [†] $p < 0,01$; [‡] $p < 0,001$ dla różnic między płciami w obrębie pokolenia

była mniejsza (wyjściowo: $9,6 \pm 4,8$ v. $16,9 \pm 6,4$ mm Hg; $p < 0,001$, w obserwacji odległej: $8,9 \pm 4,9$ v. $18,3 \pm 6,8$ mm Hg; $p < 0,001$).

Porównanie zmian parametrów ciśnienia tętniczego i wskaźnika wzmocnienia w podgrupach pokoleniowych

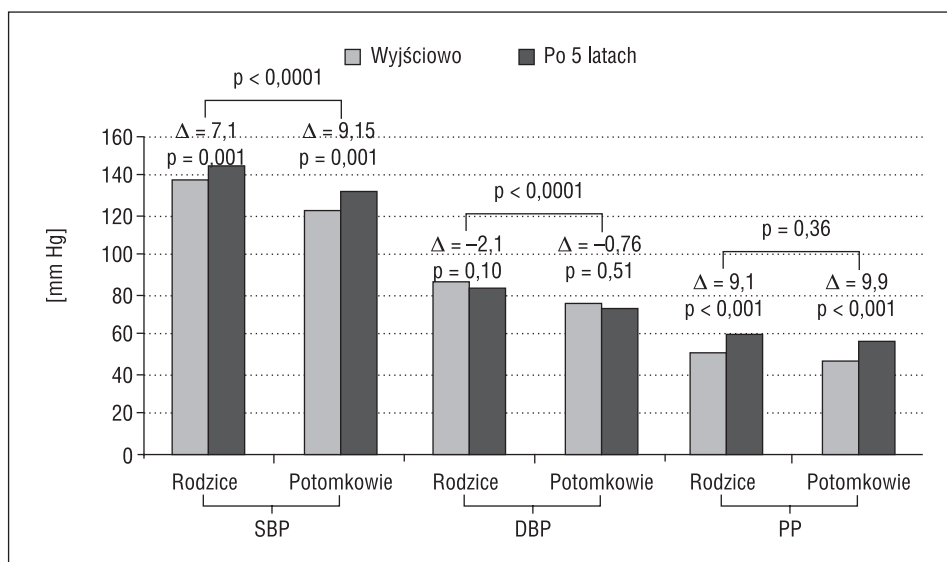
Po 5 latach obserwacji badanej grupy w pokoleniu potomków w porównaniu z pokoleniem rodziców zaobserwowano większy wzrost PSBP oraz mniejszą redukcję PDBP przy porównywalnej zmianie wartości PPP (ryc. 1). Stwierdzono większy wzrost CSBP i mniejszy spa-

dek CDBP w pokoleniu potomków przy istotniejszym wzroście wartości CPP w pokoleniu rodziców (ryc. 2).

Zmiany wartości PAI i CAI były bardziej zaznaczone w młodszym pokoleniu w porównaniu z pokoleniem rodziców (ryc. 3).

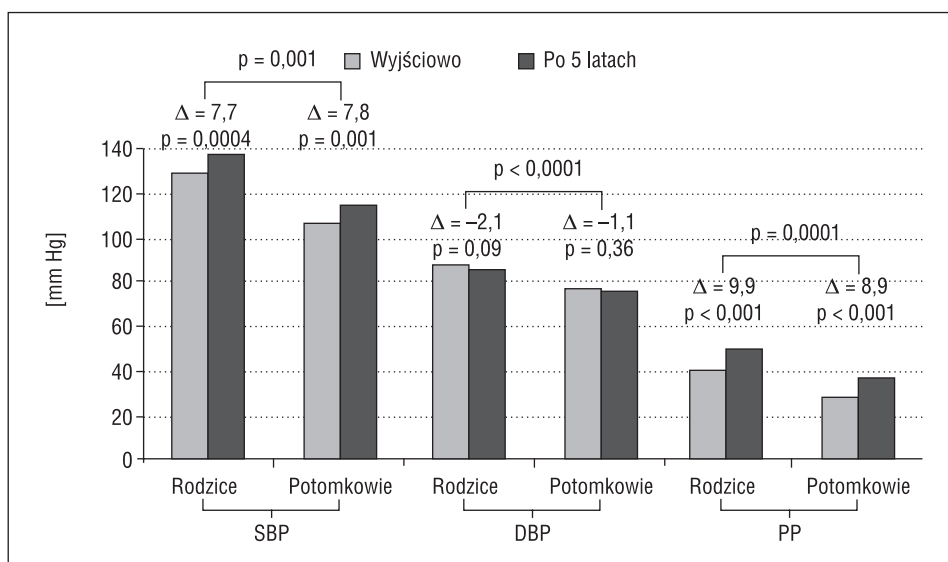
Porównanie zmian parametrów ciśnienia tętniczego i wskaźnika wzmocnienia u osób z nadciśnieniem tętniczym i prawidłowym ciśnieniem tętniczym

W grupie 110 osób wyjściowo bez nadciśnienia tętniczego w porównaniu z 87 osobami z nadciś-



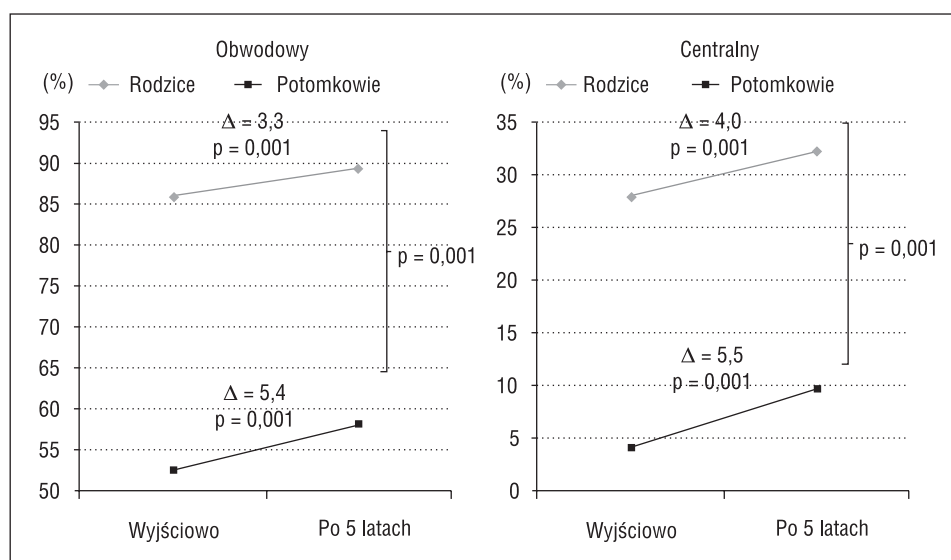
Rycina 1. Porównanie zmiany obwodowego ciśnienia tętniczego w grupie rodziców i ich dorosłych dzieci

Figure 1. Comparison of changes in peripheral blood pressure between parents and offspring



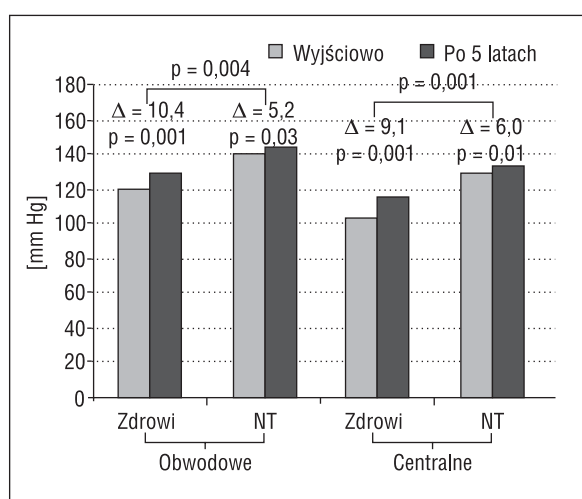
Rycina 2. Porównanie zmiany centralnego ciśnienia tętniczego w grupie rodziców i ich dorosłych dzieci

Figure 2. Comparison of changes in central blood pressure between parents and offspring



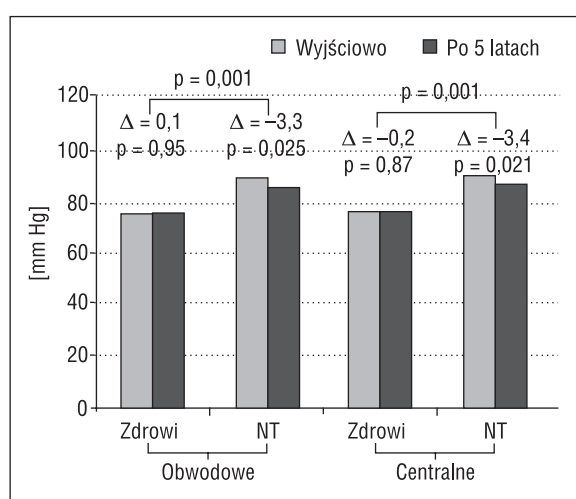
Rycina 3. Porównanie zmiany obwodowego i centralnego wskaźnika wzmocnienia w grupie rodziców i ich dorosłych dzieci

Figure 3. Comparison of changes in peripheral and central augmentation index between parents and offspring



Rycina 4. Porównanie zmiany obwodowego i centralnego skurczowego ciśnienia tętniczego w grupie osób z prawidłowym ciśnieniem tętniczym (Zdrowi) i z nadciśnieniem (NT)

Figure 4. Comparison of changes in peripheral and central systolic blood pressure between normotensives and hypertensives



Rycina 5. Porównanie zmiany obwodowego i centralnego rozkurczowego ciśnienia tętniczego w grupie osób z prawidłowym ciśnieniem tętniczym (Zdrowi) i z nadciśnieniem (NT)

Figure 5. Comparison of changes in peripheral and central diastolic blood pressure between normotensives and hypertensives

nieniem tętniczym zaobserwowano większy wzrost PSBP i CSPB (ryc. 4). Stwierdzono również mniejszą redukcję PDBP i CDBP (ryc. 5). Stopień zmiany PPP nie różnił się istotnie, podczas gdy większy wzrost wartości CPP stwierdzono u osób z rozpoznaniem wyjściowo nadciśnienia tętniczego (ryc. 6). Ponadto zaobserwowano większy wzrost PAI i CAI u osób z nadciśnieniem tętniczym w porównaniu z osobami bez tego schorzenia (ryc. 7).

Dyskusja

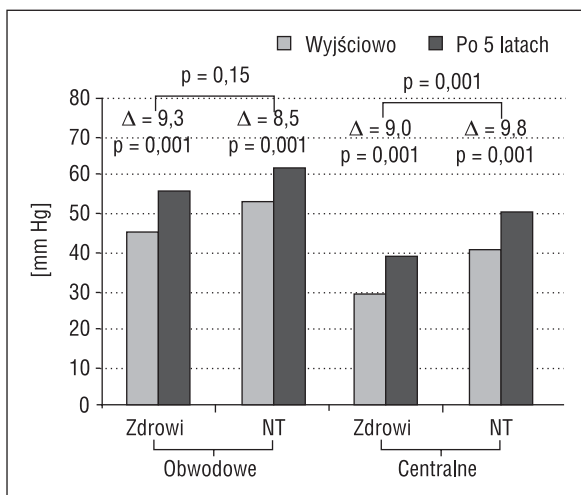
Przeprowadzona prospektywna analiza dwóch pokoleń wykazała większy wzrost CPP u starszych osób. Ponadto wraz z wiekiem CPP bardziej wzrastało u osób z nadciśnieniem tętniczym w porównaniu z osobami z prawidłowym BP. Wyniki są zgodne z fizjologią starzenia się drzewa tętniczego oraz opisywanego niekorzystnego wpływu nadciśnienia tętniczego na właściwości elastyczne dużych tętnic [16].

Wzrost CPP prowadzi do zmniejszania się różnic między wartościami BP zmierzonymi na tętnicach obwodowych i w aorcie. U zdrowych młodych osób różnica ta może wynosić nawet kilkanaście mm Hg, a u pacjentów z nadciśnieniem jest znacznie mniejsza. Uzyskane różnice wartości ciśnienia w badaniu własnym są zgodne z wynikami badania Safara i wsp., w którym u osób leczonych z powodu nadciśnienia tętniczego różnica między ciśnieniem cen-

tralnym i obwodowym wynosiła 6,8–11,3 mm Hg i zależała przede wszystkim od wartości aortalnej prędkości fali tętna — parametru określającego stopień sztywności aorty [17].

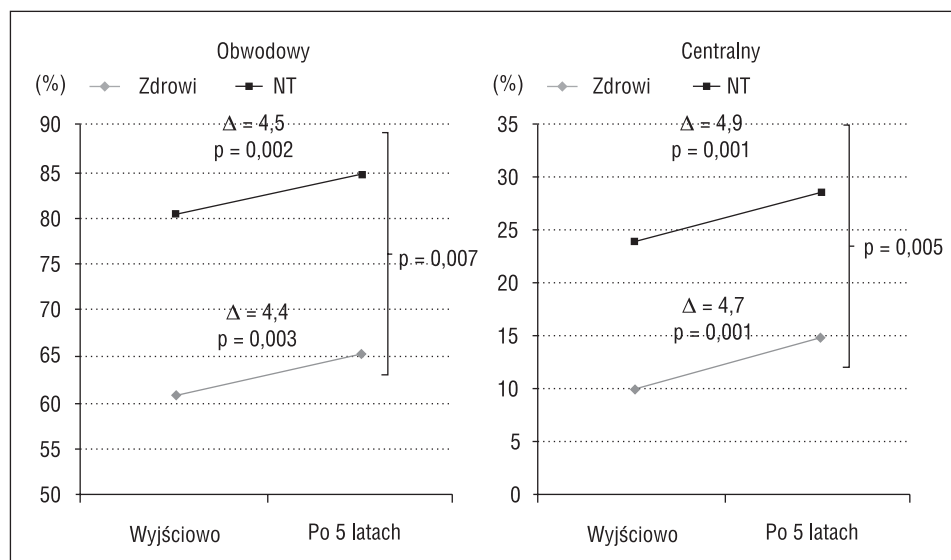
Wraz z wiekiem wzrasta PPP [18]. Wyniki dotychczasowych badań wyraźnie wskazują, że znaczący wzrost tego parametru obserwuje się zwłaszcza u osób powyżej 50. roku życia [18]. Obwodowe ciśnienie tętna w dużym stopniu zależy od objętości wyrzutowej lewej komory, która w mniejszym stopniu zmienia się z wiekiem [4], oraz od podatności dużych tętnic. Dlatego też PPP pozostaje w ścisłym związku z parametrami oceniającymi sztywność aorty [7]. Z kolei CPP równomiernie wzrasta z wiekiem [11], co powoduje, że staje się ono ważnym klinicznie parametrem. Wyniki badań ostatnich lat dowodzą, że CPP jest lepszym predyktorem ryzyka sercowo-naczyniowego niż PPP [19, 20]. Potwierdzają to wyniki własne. Obwodowe ciśnienie tętna porównywalnie wzrosło w czasie 5-letniej obserwacji, zarówno u osób z nadciśnieniem tętniczym, jak i bez tego schorzenia, jak również w obydwu grupach pokoleniowych, natomiast wartość CPP w istotny sposób wzrosła u osób z nadciśnieniem i w starszym pokoleniu. Wynika to zapewne z wpływu zwiększonej sztywności tętnic w tych dwóch ostatnich grupach.

Podobnie jak w przypadku PPP, wartość CPP jest uwarunkowana objętością wyrzutową lewej komory, sztywnością dużych tętnic, a także szybkością powrotu do aorty odbitych fal tętna [21].



Rycina 6. Porównanie zmiany obwodowego i centralnego ciśnienia tętna w grupie osób z prawidłowym ciśnieniem tętniczym (Zdrowi) i z nadciśnieniem (NT)

Figure 6. Comparison of changes in peripheral and central pulse pressure between normotensives and hypertensives



Rycina 7. Porównanie zmiany obwodowego i centralnego wskaźnika wzmocnienia w grupie osób z prawidłowym ciśnieniem tętniczym (Zdrowi) i z nadciśnieniem (NT)

Figure 7. Comparison of changes in peripheral and central augmentation index between normotensives and hypertensives

W niniejszym badaniu stwierdzono większy wzrost AI u młodszych osób, czyli w pokoleniu dorosłych dzieci. Wartość amplifikacji aortalnego ciśnienia, która odzwierciedla część aortalnego skurczowego ciśnienia, uwarunkowanej powrotem fal odbitych, wzrasta liniowo z wiekiem [8]. Fala ciśnieniowa w każdym punkcie przewodu tętniczego jest wynikiem nałożenia się na siebie fali pierwotnej i odbitej. Im bardziej sprężysta jest ściana przewodu, jak ma to miejsce w naczyniach młodych zdrowych osób, tym mniejsza jest prędkość fali tętna, co skutkuje późniejszym powrotem fali odbitej. Wraz ze wzrostem sztywności naczynia, jak u starszych osób, fala wędruje szybciej, a fala odbita powraca w fazie skurczu, co w rezultacie prowadzi do wysokiego SBP oraz niskiego DBP [21]. W młodszych pokoleniu AI wzrasta istotniej z wiekiem w porównaniu z pokoleniem rodziców, aczkolwiek naczynia tętnicze są elastyczne, dlatego wielkość amplifikacji aortalnego SBP jest niewielka. Z kolei u starszych osób AI w mniejszym stopniu wrasta z wiekiem [8, 11], natomiast prędkość fali tętna — wskaźnik sztywności aorty — znacznie bardziej [8], co powoduje większy wzrost PP w starszym pokoleniu. Zaobserwowany u osób z nadciśnieniem większy wzrost AI przy większej sztywności tętnic jest zapewne przyczynkiem znaczącego wzrostu CPP w porównaniu z osobami z prawidłowym BP. Wyniki wielu dotychczas przeprowadzonych badań potwierdzają liniowe zwiększanie się wartości AI z wiekiem, natomiast Mitchell i wsp. stwierdzili, że jego wzrost jest mniejszy u starszych osób [22].

W niniejszym prospektywnym opracowaniu stopnie zmian PP i AI były tylko nieco większe niż w grupie zdrowych uczestników badania EPOGH [11]. Podobne wyniki w zakresie zależnej od wieku zmiany ciśnienia i AI wykazano również w cytowanym już badaniu ACCT [8]. Autorzy badali PBP i CBP oraz AI w populacji osób bez nadciśnienia tętniczego i bez wywiadu chorób sercowo-naczyniowych [8]. W badanej grupie, która objęła również osoby leczone przeciwnadciśnieniowo, autorzy niniejszej pracy stwierdzili, że mimo mniejszego narastania w ciągu 5 lat u osób z nadciśnieniem tętniczym PSBP i CSBP, CPP wzrasta w większym stopniu w porównaniu z osobami z prawidłowym BP. Wyniki badań ostatnich lat dowodzą odmienności wpływów na CPP poszczególnych leków przeciwnadciśnieniowych [23]. W niniejszym badaniu autorzy ograniczyli się do oceny ogólnej grupy, bez wyszczególnienia podgrup w zależności od stosowanej terapii, z powodu małej ich liczebności i stosowania terapii skojarzonej przez większość chorych na nadciśnienie.

Wnioski

Aortalne ciśnienie tętna jest czulszym wskaźnikiem usztywnienia aorty związanego z wiekiem i nadciśnieniem tętniczym niż PPP. Wskaźnik wzmocnienia istotnie wzrastał w obserwacji odległej w pokoleniu potomków, co potwierdza jego przydatność w ocenie progresji sztywności aorty u młodych osób.

Streszczenie

Wstęp Spośród nieinwazyjnych parametrów oceny dużych naczyń tętniczych, wartości ciśnienia tętna (PP) i wskaźnika wzmocnienia (AI) fali tętna mają znaczenie prognostyczne. Celem badania była ocena zmiany ciśnienia tętniczego (BP) i AI w 5-letniej obserwacji.

Materiał i metody Badaniem objęto 197 osób z losowo wybranych rodzin (99 rodziców i 98 ich dorosłych potomków w wieku na początku badania odpowiednio średnio 51,4 i 25,5 roku), w tym 110 osób z prawidłowym BP i 87 z nadciśnieniem. Wyjściowo i po okresie obserwacji wynoszącym $4,8 \pm 0,3$ roku, BP mierzono sfigmomanometrem rtęciowym, rejestrowano falę tętna przy zastosowaniu tonometrii aplanacyjnej (SphygmoCor, PWV Medical, Australia). Oceniano obwodowy wskaźnik wzmocnienia (PAI) i centralny wskaźnik wzmocnienia (CAI) oraz PP. Poziom istotności statystycznej dla różnic między grupami w zakresie zmian badanych parametrów w trakcie obserwacji oceniano przy zastosowaniu regresji liniowej z uwzględnieniem wartości wyjściowych.

Wyniki Zarówno w grupie rodziców, jak i dorosłych dzieci, jak również u osób z prawidłowym BP i nadciśnieniem w obserwacji odległej stwierdzono porównywalny wzrost wskaźnika masy ciała (BMI) i spadek częstości akcji serca. Obserwowano większy wzrost centralnego skurczowego ciśnienia tętniczego (CSBP) z mniejszym spadkiem centralnego rozkurczowego ciśnienia tętniczego (CDBP) w pokoleniu potomków i wśród osób z prawidłowym BP przy istotniejszym wzroście wartości centralnego ciśnienia tętna (CPP) w pokoleniu rodziców i osób z nadciśnieniem ($p < 0,005$). Podobnie, obserwowano większy wzrost obwodowego skurczowego ciśnienia tętniczego (PSBP), a w związku z tym mniejszą redukcję rozkurczowego ciśnienia (PDBP) z porównywalną zmianą wartości obwodowego ciśnienia tętna (PPP) w pokoleniu potomków i u osób z prawidłowym BP. Zmiany wartości PAI i CAI były bardziej

zaznaczone w młodszym pokoleniu w porównaniu z pokoleniem rodziców i wyniosły odpowiednio 4,4 v. 2,9%; $p = 0,004$ i 5,2 v. 3,7%; $p = 0,0001$. Ponadto zaobserwowano większy wzrost PAI (4,6 v. 4,3%; $p = 0,006$) i CAI (4,8 v. 4,6%; $p = 0,005$) u osób z nadciśnieniem w porównaniu z osobami z prawidłowym BP.

Wnioski Aortalne ciśnienie tętna jest czulszym wskaźnikiem usztywnienia aorty związanego z wiekiem i BP niż PPP. Wyniki badania wskazują, że AI istotnie wzrasta w pokoleniu potomków, co potwierdza jego przydatność w ocenie progresji sztywności aorty u młodych osób.

słowa kluczowe: ciśnienie tętnicze, sztywność tętnic, wskaźnik wzmocnienia, obserwacja długoterminowa

Nadciśnienie Tętnicze 2010, tom 14, nr 6, strony 443–450.

Piśmiennictwo

1. Mancia G., De B.G., Dominiczak A. i wsp. 2007 Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J. Hypertens.* 2007; 25: 1105–1187.
2. Poulter N.R., Wedel H., Dahlof B. i wsp. Role of blood pressure and other variables in the differential cardiovascular event rates noted in the Anglo-Scandinavian Cardiac Outcomes Trial-Blood Pressure Lowering Arm (ASCOT-BPLA). *Lancet* 2005; 366: 907–913.
3. London G.M., Asmar R.G., O'Rourke M.F., Safar M.E. Mechanism(s) of selective systolic blood pressure reduction after a low-dose combination of perindopril/indapamide in hypertensive subjects: comparison with atenolol. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2004; 43: 92–99.
4. Safar M.E., Blacher J., Pannier B. i wsp. Central pulse pressure and mortality in end-stage renal disease. *Hypertension* 2002; 39: 735–738.
5. Jankowski P., Kawecka-Jaszcz K., Bryniarski L. i wsp. Fractional diastolic and systolic pressure in the ascending aorta are related to the extent of coronary artery disease. *Am. J. Hypertens.* 2004; 17: 641–646.
6. Avolio A.P., Chen S.G., Wang R.P., Zhang C.L., Li M.F., O'Rourke M.F. Effects of aging on changing arterial compliance and left ventricular load in a northern Chinese urban community. *Circulation* 1983; 68: 50–58.
7. Avolio A.P., Deng F.Q., Li W.Q. i wsp. Effects of aging on arterial distensibility in populations with high and low prevalence of hypertension: comparison between urban and rural communities in China. *Circulation* 1985; 71: 202–210.
8. McEniery C.M., Yasmin, Hall I.R., Qasem A., Wilkinson I.B., Cockcroft J.R. Normal vascular aging: differential effects on wave reflection and aortic pulse wave velocity: the Anglo-Cardiff Collaborative Trial (ACCT). *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 46: 1753–1760.
9. Mitchell G.F., Parise H., Benjamin E.J. i wsp. Changes in arterial stiffness and wave reflection with advancing age in healthy men and women: the Framingham Heart Study. *Hypertension* 2004; 43: 1239–1245.
10. Wilkinson I.B., Franklin S.S., Hall I.R., Tyrrell S., Cockcroft J.R. Pressure amplification explains why pulse pressure is unrelated to risk in young subjects. *Hypertension* 2001; 38: 1461–1466.
11. Wojciechowska W., Staessen J.A., Nawrot T. i wsp. Reference values in white Europeans for the arterial pulse wave recorded by means of the SphygmoCor device. *Hypertens. Res.* 2006; 29: 475–483.
12. McEniery C.M., Yasmin, McDonnell B. i wsp. Central pressure: variability and impact of cardiovascular risk factors: the Anglo-Cardiff Collaborative Trial II. *Hypertension* 2008; 51: 1476–1482.
13. Kawecka-Jaszcz K. Badanie EPOGH — European Project on Genes in Hypertension. *Nadciśnienie Tętnicze* 2002 (supl. A): 43–45.
14. Nichols W.W., O'Rourke M.F. Sphygmocardiography. W: Nichols W.W., O'Rourke M.F. (red.). *McDonald's Blood flow in arteries*. Arnold, London 1998; 450–477.
15. Chen C.H., Nevo E., Fetics B. i wsp. Estimation of central aortic pressure waveform by mathematical transformation of radial tonometry pressure. Validation of generalized transfer function. *Circulation* 1997; 95: 1827–1836.
16. Cwynar M., Wojciechowska W., Kawecka-Jaszcz K., Grodzicki T. Mechanizmy przebudowy dużych naczyń tętniczych. *Przegl. Lek.* 2002; 53 (supl. 3): 1–8.
17. Safar M.E., Blacher J., Protogerou A., Achimastos A. Arterial stiffness and central hemodynamics in treated hypertensive subjects according to brachial blood pressure classification. *J. Hypertens.* 2008; 26: 130–137.
18. Franklin S.S., Gustin W., Wong N.D. i wsp. Hemodynamic patterns of age-related changes in blood pressure. The Framingham Heart Study. *Circulation* 1997; 96: 308–315.
19. Jankowski P., Kawecka-Jaszcz K., Czarnecka D. i wsp. Ascending aortic, but not brachial blood pressure-derived indices are related to coronary atherosclerosis. *Atherosclerosis* 2004; 176: 151–155.
20. Jankowski P., Kawecka-Jaszcz K. Central blood pressure and cardiovascular risk. *J. Hypertens.* 2009; 27: 1713–1714.
21. Nichols W.W., Edwards D.G. Arterial elastance and wave reflection augmentation of systolic blood pressure: deleterious effects and implications for therapy. *J. Cardiovasc. Pharmacol. Ther.* 2001; 6: 5–21.
22. Mitchell G.F., Parise H., Benjamin E.J. i wsp. Changes in arterial stiffness and wave reflection with advancing age in healthy men and women: the Framingham Heart Study. *Hypertension* 2004; 43: 1239–1245.
23. Williams B., Lacy P.S., Thom S.M. i wsp. Differential impact of blood pressure-lowering drugs on central aortic pressure and clinical outcomes: principal results of the Conduit Artery Function Evaluation (CAFE) study. *Circulation* 2006; 113: 1213–1225.