

Vplyv krvného tlaku na karotickú tuhosť a prepojenie srdce-artérie (ventricular-arterial coupling)

Effect of blood pressure on carotid stiffness and ventricular-arterial coupling

Škultétyová D¹, Filipová S^{1,2}, Chňupa P¹

¹Kardiologická klinika Národného ústavu srdcových a cievnych chorôb, a.s. Bratislava, Slovenská republika

Škultétyová D, Filipová S, Chňupa P. **Effect of blood pressure on carotid stiffness and ventricular-arterial coupling.** Cardiology Lett. 2013;22(1):20–27

Abstract. Ultrasonography combined with echo-tracking system on common carotid artery (CCA) allows analysis of local arterial stiffness and the ventricular-arterial coupling using wave intensity analysis (WI).

The aim of the study was: 1) to compare the parameters of carotid stiffness (CT) and WI in the hypertensive group (AH group) and in the control group (C group); 2) to analyse the relationships between office systolic blood pressure (BP), office pulse pressure (PP) and the parameters of CT and WI; 3) to analyse the relationships of systolic BP and PP (24-hour BP monitoring, ABPM) with the parameters of CT and WI.

Results: The stiffness parameters on CCA dx were significantly higher in the AH group (mean stiffness index β AH group: $\beta=9\pm4$, C group: $\beta=6.9\pm2.8$, $p<0.01$; index elasticity, Ep, AH group: $Ep=144\pm79$ kPa, C group: $Ep=101.5\pm42$ kPa, $p<0.001$; pulse wave velocity, PWV, AH group: $PWV=7.2\pm1.5$ m/s, C group: $PWV=6.1$ m/s, $p<0.001$). Statistically significant correlations between office systolic BP and office PP and the stiffness parameters in both groups were obtained. Office PP correlated with the peak W1 and negative area (NA), as well. In the AH group systolic BP (ABPM) during daytime and night-time correlated with the peak W1. Similarly, PP (ABPM) during daytime and night-time correlated with the peak W1. Systolic BP (ABPM) during the daytime correlated with the NA. PP (ABPM) during the night-time was related to the time of left ventricular ejection (W1-W2).

Conclusion: The stiffness parameters were significantly elevated in the hypertensive subjects. The relationships between BP and the parameters of CT, WI may reflect the effect of BP on forward and backward travelling waves and the interaction of heart-arteries and ventricular-arterial coupling. Fig. 6, Tab. 2, Ref. 19, Online full text (Free, PDF) www.cardiology.sk

Key words: hypertension – ultrasonography – echo-tracking – arterial stiffness – carotid stiffness – ventricular-arterial coupling

Škultétyová D, Filipová S, Chňupa P. **Vplyv krvného tlaku na karotickú tuhosť a prepojenie srdce-artérie (ventricular-arterial coupling).** Cardiology Lett. 2013;22(1):20–27

Abstrakt. Ultrasonografia v kombinácii s echo-tracking systémom na spoločnej karotickej tepne (ACC) umožňuje analyzovať lokálnu artériovú tuhosť a prepojenie srdce-artérie (ventricular-arterial coupling) použitím analýzy vlnovej intenzity (wave intensity analysis, WI).

Cieľom práce bolo: 1. Porovnať parametre karotickej tuhosti (KT) a WI v skupine hypertonikov (AH skupina) a v kontrolnej skupine (K skupina). 2. Analyzovať vzťahy medzi ambulantným krvným tlakom (TK), pulzným tlakom (PP) a parametrami KT a WI. 3. Analyzovať vzťahy medzi systolickým TK a PP (24-hodinové TK monitorovanie, ABPM) s parametrami KT a WI.

Výsledky: Parametre tuhosti na ACC vpravo boli signifikantne vyššie v AH skupine (stredný index tuhosti β AH skupina: $\beta = 9 \pm 4$, K skupina: $\beta = 6,9 \pm 2,8$, $p < 0,01$; index elasticity, Ep, AH skupina: $Ep = 144 \pm 79$

Z ¹Kardiologickej kliniky Národného ústavu srdcových a cievnych chorôb
a ²Lekárskej fakulty Slovenskej zdravotníckej univerzity v Bratislave,
Slovenská republika

Do redakcie došlo dňa 20. decembra 2012; prijaté dňa 20. decembra 2012

Adresa pre korešpondenciu: MUDr. Dana Škultétyová, PhD., Oddelenie
neinvasívnej kardiológie, Kardiologická klinika, Národný ústav srdcových
a cievnych chorôb, a.s., Pod Krásnou hôrkou 1, 833 48 Bratislava, Slovenská
republika, e-mail: skultety@nusch.sk

kPa, K skupina: $E_p = 101,5 \pm 42$ kPa, $p < 0,001$; rýchlosť šírenia pulznej vlny, PWV, AH skupina: $PWV = 7,2 \pm 1,5$ m/s, K skupina: $PWV = 6,1$ m/s, $p < 0,001$). V oboch skupinách sme zistili štatisticky významné súvislosti medzi ambulantným systolickým TK, ambulantným PP a parametrami tuhosti. Ambulantný PP súvisel tiež s vrcholom W1 a s negatívnou areou (NA). V AH skupine systolický TK (ABPM) počas dennej a nočnej periódy súvisel s vrcholom W1. Podobne, PP (ABPM) počas dennej a nočnej periódy súvisel s vrcholom W1. Systolický TK (ABPM) počas dennej periódy súvisel s NA. PP (ABPM) počas nočnej periódy súvisel s časom ľavokomorovej ejekcie (W1-W2).

Záver: Parametre tuhosti boli signifikantne zvýšené u hypertenzných ľudí. Vzťahy medzi TK a parametrami KT, WI môžu odrážať efekt TK na dopredné a odrazené vlny a na prepojenie srdce-artérie – ventricular-arterial coupling. Obr. 6, Tab. 2, Lit. 19, Online full text (Free, PDF) www.cardiology.sk

Kľúčové slová: hypertenzia – ultrasonografia – echo-tracking – artériová tuhosť – karotická tuhosť – prepojenie srdce-artérie (ventricular-arterial coupling)

Kardiovaskulárne (KV) ochorenia sa celosvetovo vyznačujú vysokou incidenciou, prevalenciou a percentuálne vysokou mortalitou. Postihnutie artériového systému zohráva kľúčovú úlohu pri manifestácii, ako aj v celom priebehu KV ochorenia.

V ostatnom období sa venuje zvýšená pozornosť úlohe artériovej tuhosti a odrazeným vlnám pri rozvoji KV ochorenia. Artériová tuhosť a odrazené vlny predstavujú významné ukazovatele systolického TK a PP. Využívajú sa v klinickom sledovaní chorých s artériovou hypertenziou (AH) aj s rôznymi ďalšími KV rizikovými faktormi (1). Elastické artérie sa vekom stávajú postupne tuhšie a v prítomnosti AH sa tento proces urýchľuje. Na druhej strane pretrvávajúca AH spôsobuje remodeláciu, hypertrofiu a hyperpláziu artérií a tým zvýšenie ich rezistencie so vzostupom diastolického TK.

Artériovú tuhosť nemožno hodnotiť izolovane, pretože z patofyziologického a klinického hľadiska úzko súvisí so samotnou funkciou srdca. V literatúre sa prepojenie medzi srdcom a artériovým systémom nazýva „ventricular-arterial coupling“. Toto vzájomné prepojenie je kľúčovým determinantom KV výkonnosti, ovplyvnené je veľkosťou a efektívnosťou prenosu vývrhu ľavej komory srdca do cirkulácie. Zvýšenie artériovej tuhosti je úzko spojené so zvýšením ľavokomorovej systolickej a diastolickej tuhosti, s alebo bez hypertrofiie. Ventricular-arterial coupling môže byť kvantifikované v tlakovo-objemovej rovine (2). Ultrasonografia v kombinácii s echo-tracking systémom umožňuje na rozdiel od iných neinvazívnych metód počas jedného vyšetrenia hodnotiť srdce aj cievy. Vlnová intenzita (wave intensity, WI) je hemodynamický index, ktorý podáva obraz o ventricular-arterial coupling. Koncept WI po prvýkrát navrhli autori Parker a Jones v roku 1990 (3). WI poskytuje informáciu o dopredných a odrazených vlnách a možno ju neinvazívne merať na ľubovoľných miestach cirkulácie. Dopredne šíriace sa vlny vznikajú pri ľavokomorovej kontrakcii a odrazené vlny sa tvoria na periférii, odkiaľ sa vracajú smerom k srdcu. WI je definovaná ako produkt zmien tlaku (P) a rýchlosti krvného toku (U) počas konštantných časovo krátkych intervalov (t): $WI =$

$(dP/dt) \times (dU/dt)$. Ak je WI väčšia ako nula, potom zmeny tlaku a rýchlosti, spôsobené dopredne šíriacimi sa vlnami z ľavej komory do periférie, sú väčšie ako odrazené vlny z periférie (4).

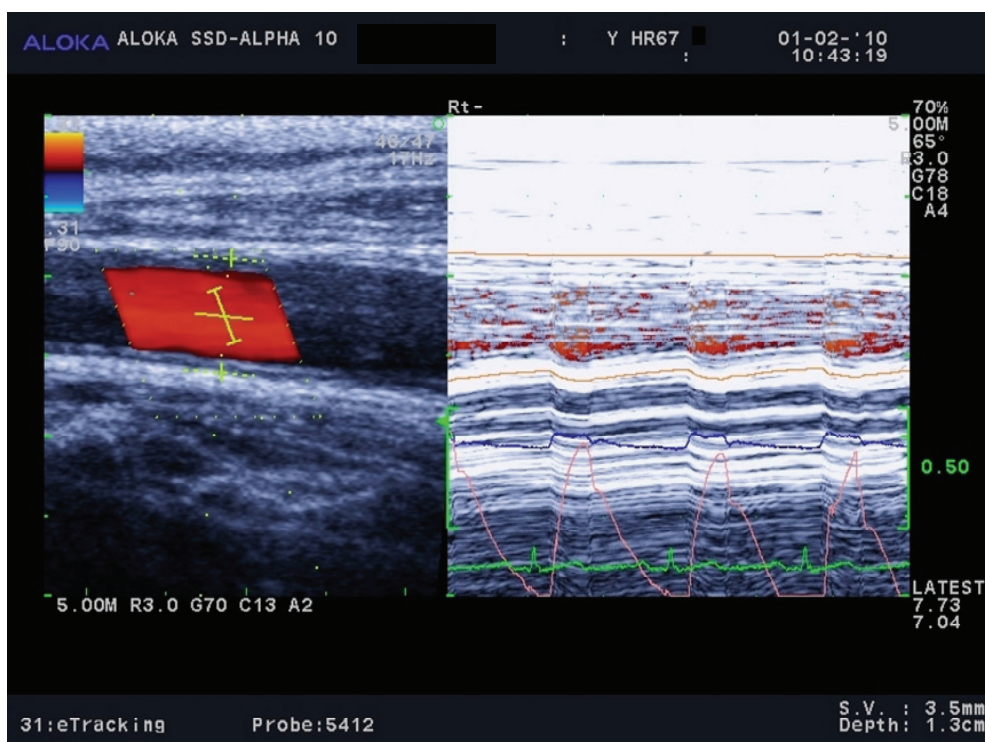
Cieľom našej práce bolo pomocou kombinácie ultrasonografie s echo-tracking systémom porovnať parametre WI a lokálnej KT v AH skupine a v K skupine zdravých dobrovoľníkov. TK je významným faktorom KT, preto sme si položili otázku, či existuje vzťah medzi parametrami ambulantného TK a ukazovateľmi WI a KT. Ambulantný TK nie je často dostatočne výpovedný vzhľadom na hodnotenie kontroly AH. U hypertonikov sme preto vybrané ukazovatele 24-hodinového ABPM analyzovali vo vzťahu k parametrom KT a WI.

Súbor pacientov a metódy

Všetci pacienti boli vyšetrení v ambulancii pre hypertenziu Národného ústavu srdcových a cievnych chorôb v Bratislave. Súbor tvorilo 58 hypertonikov (priemerného veku $52,8 \pm 11$ rokov). Rovnakým počtom boli zastúpení muži a ženy. U chorých sme vylúčili sekundárnu etiológiu AH. V čase vyšetrenia pacienti netrpeli iným závažným KV postihnutím. Pacienti pri medikamentóznej liečbe mali stabilné hodnoty TK. Echokardiograficky sme u všetkých hypertonikov nášho súboru zistili zachovanú systolickú funkciu ľavej komory srdca ($EFLK > 50\%$). Prevažná časť chorých (73 %) mala poruchu relaxácie.

Súbor K tvorili 29 zdravých dobrovoľníci (s priemerným vekom $49,2 \pm 15$ rokov, 11 mužov a 18 žien). V čase vyšetrenia dobrovoľníci nemali zistené KV ochorenie a neužívali KV medikamentóznú liečbu.

V oboch súboroch sme ambulantné meranie brachiálneho TK vykonali pred každým ultrasonografickým vyšetrením. Merali sme v sede pri štandardných podmienkach na ľavej hornej končatine pomocou automatického oscilometrického prístroja Microlife BP 100 PLUS (Microlife AG, Švajčiarsko). Výsledok bol priemerom troch meraní. V práci sme bližšie hodnotili systolický a pulzný TK.



Obrázok 1 Ultrasonografia v kombinácii s echo-tracking systémom

Figure 1 Ultrasonography combined with echo-tracking system

V skupine AH sme zrealizovali ABPM pomocou prístroja SunTech-Oscar 2 (Sun Tech Medical, Inc., New Carolina, USA). TK sme merali štandardným spôsobom každých 30 minút. Bližšie sme analyzovali priemerné hodnoty TK počas dennej a nočnej periódy.

V oboch súboroch sme ultrasonografické vyšetrenie v kombinácii s echo-tracking systémom uskutočnili pomocou prístroja Aloka ProSound Alpha 10 (Aloka Co., Ltd., Tokyo, Japonsko). Vyšetrenia vykonával ten istý lekár. Pomocou 7,5 MHz lineárnej sondy sme vyšetřovali ACC na oboch stranách krku, výsledky sú uvádzané z pravej ACC. Všetkým pacientom sme ultrasonograficky pred vyšetrením KT vylúčili závažnejšie aterosklerotické postihnutie v extrakraniálnom karotickom povodí. Echo-tracking systém umožňuje pomocou snímačov merať na vonkajšej prednej a zadnej stene ACC kontinuálne zmeny priemeru tepny v systole a v diastole vo forme kriviek pri simultánnom monitorovaní EKG (**obrázok 1**). Krivky zmien priemeru sú analogické s tlakovými krivkami (5, 6). Na kalibráciu kriviek zmien priemeru sme použili brachiálny TK.

Lokálnu KT sme hodnotili pomocou nasledovných parametrov: β (zmeny priemeru a tlaku, merané na tom istom mieste), E_p - (relatívne zmeny priemeru a tlaku), arteriálnu poddajnosť (arterial compliance, AC, absolútne zmeny prie-

meru, alebo plochy k tlaku) a jednobodovú PWV (rýchlosť šírenia pulznej vlny artériovým segmentom) (5, 7, 8).

Pri hodnotení WI sa používajú viaceré ukazovatele. Karotická WI má dva pozitívne vrcholy. Prvým vrcholom je W1, ktorý vzniká vo včasnej fáze systoly a zvyšuje sa úmerne so srdcovou kontraktilitou. Vrchol W1 súvisí s maximálnou rýchlosťou vzostupu tlaku v ľavej komore. Druhým pozitívnym vrcholom je W2. Tento vrchol vzniká na konci ejekčnej fázy ľavej komory a súvisí s časom konštantným pre ľavokomorovú relaxáciu. Medzi vrcholmi W1 a W2 sa nachádza záporne smerujúci vrchol, NA, ktorá zobrazuje efekt odrazených vln. Pri analyzovaní WI sú dôležité dva časové úseky: prvý časový úsek medzi vlnou R na EKG a vrcholom W1 zodpovedá preejekčnej perióde a druhý časový úsek medzi vrcholmi W1 a W2 predstavuje trvanie ejekčnej periódy (9) (**obrázok 2**).

Štatistické spracovanie

Stredné hodnoty číselných hodnôt sú vyjadrené mediánom a smerodajnou odchýlkou. Nepárový Studentov T test s nerovnosťou rozptylu sme použili na hodnotenie významnosti rozdielov stredných hodnôt medzi dvoma skupinami.



Obrázok 2 Parametre vlnovej intenzity (WI)

Figure 2 Parameters of wave intensity (WI)

červená krivka – krivka zmien priemeru (red curve – diameter change curve), modrá krivka – krivka rýchlosti toku (blue curve – flow velocity curve), žltá krivka – krivka WI (yellow curve – curve of WI), zelená krivka – EKG (green curve – ECG), NA – negatívna area (negative area), R-W1 – preejekčná perióda (preejection period), W1-W2 – ejekčná perióda (ejection period), β – β tuhosť (β stiffness), Ep – index elasticity (index of elasticity), AC – arteriálna poddajnosť (arterial compliance), PWV – rýchlosť šírenia pulznej vlny (pulse wave velocity)

Univariantnú korelačnú analýzu sme realizovali pomocou Pearsonovho korelačného koeficientu.

Výsledky

V AH skupine boli stredné hodnoty ambulantného TK 150/90 mmHg a pulzného TK 57mmHg. Stredný TK podľa ABPM bol počas dennej periódy 141/81 mmHg a počas nočnej periódy 128/68 mmHg. Stredný PP bol počas dennej periódy 58 mmHg a počas nočnej periódy 54 mmHg. V K súbore boli stredné hodnoty ambulantného TK 140/80 mmHg a PP 50 mmHg.

Parametre KT, ktoré odrážajú zvýšenú artériovú tuhosť (β , Ep a PWV) boli v AH súbore signifikantne zvýšené oproti K skupine (tabuľka 1).

Pri porovnávaní ukazovateľov WI v oboch súborech sme nezistili štatisticky významné rozdiely. U hypertonikov sme pozorovali tendenciu k vyšším hodnotám NA, avšak výsledky nedosiahli štatistickú významnosť (tabuľka 2).

V oboch súborech sme zistili štatisticky významné súvislosti medzi ambulantným systolickým TK a ukazovateľmi KT. U hypertonikov systolický TK koreloval s parametrami KT, ako sú β ($r = 0,28$; $p < 0,0001$), PWV ($r = 0,30$; $p < 0,0001$) a záporný vzťah bol zistený s AC ($r = -0,22$; $p < 0,0001$). V K súbore systolický TK obdobne koreloval s parametrami β

Tabuľka 1 Ukazovatele karotickej tuhosti v súbore hypertonikov (AH) a v kontrolnom súbore (K)

Table 1 Parameters of carotid stiffness in the hypertensive group (AH) and in the control group (C)

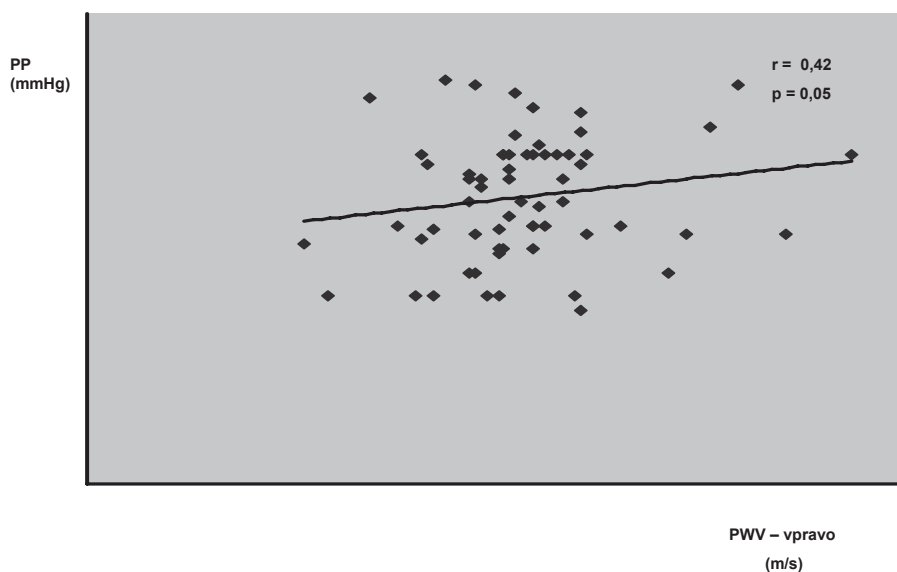
ACC vpravo (CCA right)	AH súbor (AH group) N = 58	K súbor (C group) N = 29	P
β	9 ± 4,1	6,9 ± 2,8	$p < 0,01$
Ep (kPa)	144 ± 79	101,5 ± 42	$p < 0,001$
AC (mm ² /kPa)	0,59 ± 0,3	0,58 ± 0,3	ns
PWV (m/s)	7,2 ± 1,5	6,1 ± 1,2	$p < 0,001$

ACC – spoločná karotická tepna (CCA – common carotid artery), ns – nesignifikantné (non-significant)

Tabuľka 2 Ukazovatele vlnovej intenzity v súbore hypertonikov (AH) a v kontrolnom súbore (K)**Table 2** Parameters of wave intensity in the hypertensive group (AH) and in the control group (C)

ACC vpravo (CCA right)	AH súbor (AH group) N = 58	K súbor (C group) N = 29	P
W1 mmHg/m/s ³	9,9 ± 14	9,9 ± 11	ns
W2 mmHg/m/s ³	2,5 ± 3	2,8 ± 2	ns
NA mmHg/m/s ²	54,9 ± 96	35,9 ± 119	ns
rW1 ms	104 ± 19	99 ± 16	ns
W1-2 ms	269 ± 82	276 ± 32	ns

ACC – spoločná karotická tepna (CCA – common carotid artery), ns – nesignifikantné (non-significant)

**Obrázok 3** Korelácia medzi ambulantným pulzným tlakom a rýchlosťou šírenia pulznej vlny u hypertonikov**Figure 3** Correlation between office pulse pressure and pulse wave velocity in hypertensives

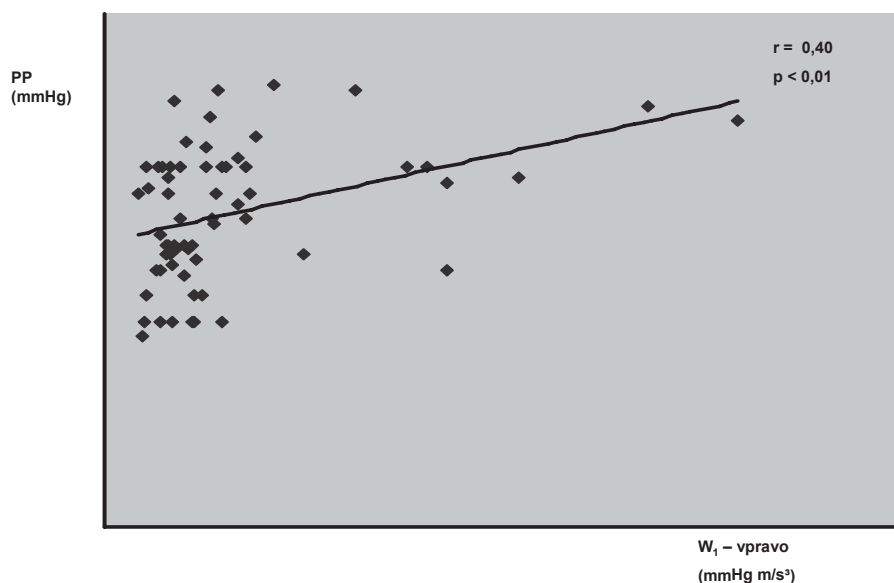
PP – pulzný tlak (pulse pressure), PWV – rýchlosť šírenia pulznej vlny (pulse wave velocity), vpravo (right)

($r = 0,46$; $p < 0,0001$) a PWV ($r = 0,57$; $p < 0,0001$). V oboch súborech sme nezistili významný vzťah medzi ambulantným systolickým TK a parametrami WI.

PP patrí medzi senzitivne ukazovatele artériovej tuhosti. V oboch súborech sme zistili štatisticky významné súvislosti medzi ambulantným PP a ukazovateľmi KT: β (AH súbor: $r = 0,41$, $p < 0,01$; K súbor: $r = 0,47$, $p < 0,0001$), E_p (AH súbor: $r = 0,45$, $p < 0,0001$; K súbor: $r = 0,51$, $p < 0,0001$), a PWV (AH súbor: $r = 0,35$; $p < 0,01$; K súbor: $r = 0,45$; $p < 0,0001$) (**obrázok 3**). Záporný vzťah sa ukázal medzi PP a AC (AH súbor: $r = -0,28$; $p = 0,3$; K súbor: $r = -0,22$; $p < 0,0001$). Pri hodnotení vzťahu ambulantného PP s parametrami WI sme v oboch súborech zistili významnú pozitívnu koreláciu medzi PP a W1 (AH súbor: $r = 0,40$; $p = 0,002$; K súbor: $r = 0,41$; $p < 0,0001$), tiež medzi PP

a NA (AH súbor: $r = 0,28$; $p = 0,03$; K súbor: $r = 0,50$; $p = 0,03$) (**obrázok 4**).

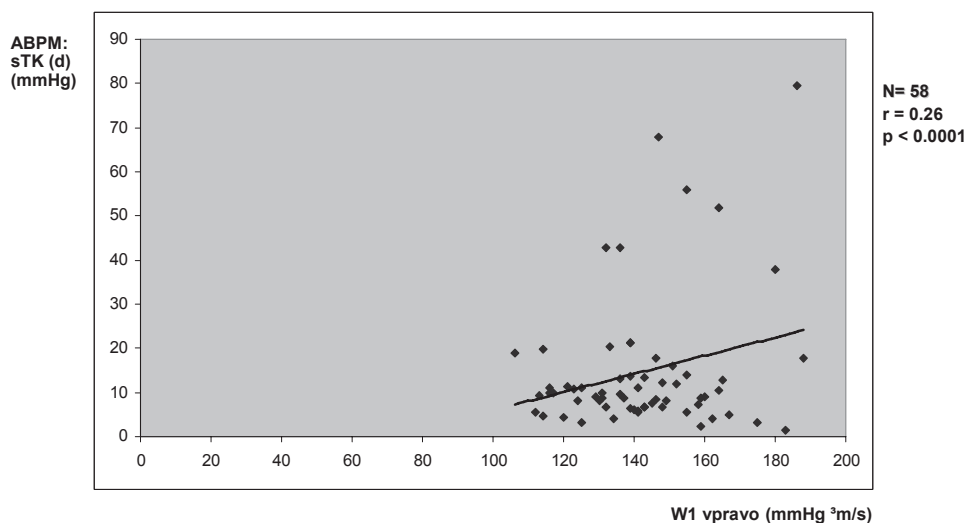
V AH skupine sme ambulantné meranie TK doplnili o ABPM, pričom sme bližšie analyzovali vzťah TK počas dennej a nočnej periódy k ukazovateľom KT a WI. Nezistili sme významný vzťah TK počas dennej a nočnej periódy k ukazovateľom KT. Na druhej strane sa štatisticky významný vzťah preukázal medzi systolickým TK a W1 počas dennej periódy ($r = 0,26$; $p < 0,0001$) aj počas nočnej periódy ($r = 0,26$, $p < 0,0001$) (**obrázok 5**). Systolický TK počas nočnej periódy významne koreloval s NA ($r = 0,23$, $p < 0,0001$). PP počas dennej aj nočnej periódy koreloval s W1 (denná perióda: $r = 0,37$, $p < 0,0001$; nočná perióda: $r = 0,36$, $p < 0,0001$) (**obrázok 6**). PP počas dennej periódy koreloval tiež s časovým úsekom W1-W2 ($r = 0,25$, $p < 0,0001$).



Obrázok 4 Korelácia medzi ambulantným pulzným tlakom a vrcholom W1 u hypertonikov

Figure 4 Correlation between office pulse pressure and the peak W1 in hypertensives

PP – pulzný tlak (pulse pressure), vpravo (right)



Obrázok 5 Korelácia medzi systolickým tlakom krvi (ABPM) a vrcholom W1 počas dennej periódy u hypertonikov

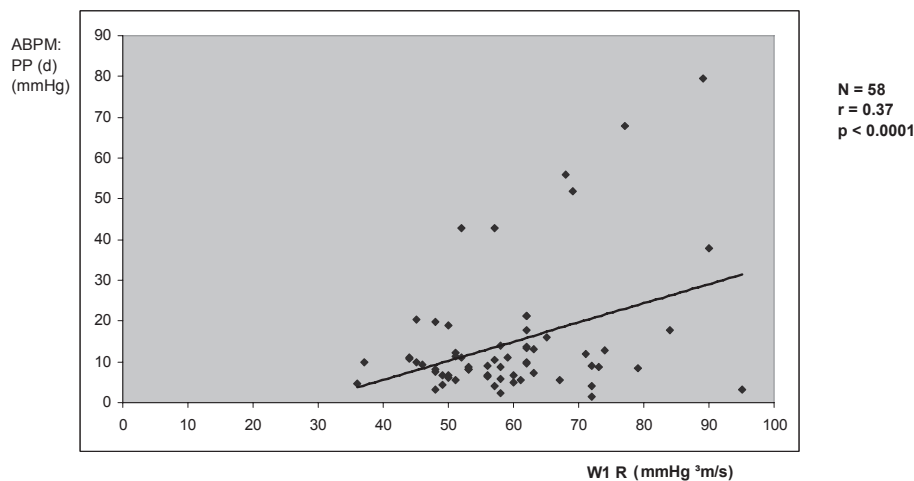
Figure 5 Correlation between systolic blood pressure (ABPM) and peak W1 during the daytime in hypertensives

ABPM – ambulantné TK monitorovanie (ambulatory BP monitoring), sTK – systolický tlak krvi (sTK – systolic blood pressure), vpravo (right)

Diskusia

Tuhosť steny veľkých tepien, ktorá sa zvyšuje vekom a v prítomnosti rizikových faktorov, sa prejavuje najmä na aorte a karotických tepnách. Meranie karoticko-femorálnej PWV aplanačnou tonometriou sa používa na meranie aortovej tuhosti. Ukázalo sa, že aortová tuhosť je nezávislý prediktívny ukazovateľ celkovej a KV mortality, fatálnych a nefatálnych

koronárnych príhod, ako aj fatálnych mozgových príhod u chorých s nekomplikovanou esenciálnou hypertenziou, s diabetom 2. typu a s terminálnym poškodením obličiek (1, 10). Nevýhodou tejto metódy je nepresnosť merania karoticko-femorálnej vzdialenosti, ako aj obťažnosť snímania tlakových vlnových kriviek z femorálnej oblasti u pacientov s obezitou, diabetom a periférnym artériovým ochorením. Torakoabdominálna aorta obdobne má rôzne variácie prie-



Obrázok 6 Korelácia medzi pulzným tlakom (ABPM) počas dennej periódy a vrcholom W1

Figure 6 Correlation between pulse pressure (ABPM) during the daytime and the peak W1

ABPM – ambulantné TK monitorovanie (ambulatory BP monitoring), PP – pulzný tlak (pulse pressure)

behu (5). Na druhej strane v literatúre sú dostupné doteraz obmedzené údaje o priamom meraní lokálnej artériovej tuhosti. Echo-tracking systém umožňuje hodnotenie lokálnej artériovej tuhosti odvodené z kriviek zmien tlaku a priemeru na artérii. Ultrasonografia karotíd v kombinácii s vysoko rozlišovacím echo-tracking systémom umožňuje súčasne snímať pohyby prednej a zadnej steny tepny v tom istom reálnom čase a merať artériovú distenziu s chybou merania menej ako 5 μm (11). Určitým problémom je, že na kalibráciu krivky zmien priemeru sa používa brachiálny TK. Strong Heart Study (12) ukázala, že neinvazívne meraný centrálny aortový PP a artériová tuhosť majú významnejšie silnejší vzťah k cievnej hypertrofii a rozsahu karotickej aterosklerózy, ako má TK meraný na brachiálnej artérii. Vysvetľuje to tzv. amplifikačný fenomén. U mladých ľudí v dôsledku elasticity tepien brachiálny TK nadhodnocuje centrálny TK, kým u starších ľudí v dôsledku zvyšujúcej tuhosti steny tepien sa tieto rozdiely zmenšujú (13). V AH skupine, ako aj v K súbore sme preto vybrali ľudí v strednom a vyššom veku.

V AH skupine sme zistili štatisticky významné zvýšenie parametrov KT oproti K skupine. Štúdia SMART sledovala vzťah medzi karotickou tuhosťou a rizikom nových cievnych komplikácií u chorých s manifestným KV ochorením. KT nebola nezávislým rizikovým faktorom pre cievne príhody, ale u pacientov s nízkym systolickým TK pokles KT sa spájal s poklesom cievnych príhod (14). Na druhej strane Thamaree so spol. (15) zistili vzťah medzi KT a závažnosťou koronárnej choroby srdca. Vyššie hodnoty KT boli merané u chorých po prekonanom infarkte myokardu.

Zmeny periférnej tuhosti ovplyvňujú funkciu ľavej komory srdca. V práci Shroffa a spol. (16) bol zistený vzájomný vzťah medzi sérovými hladinami mozgového natriuretického peptidu, vysoko senzitivného C-reaktívneho proteínu a ka-

rotickým indexom β . Na základe týchto pozorovaní možno predpokladať vzájomný vzťah medzi intrakardiálnymi tlakmi, cievny zápalom a cievnu tuhosťou. V našej práci sme popri KT hodnotili parametre WI, ktoré poukazujú na prepojenie srdce-artérie – ventricular-arterial coupling. Napriek tomu, že pri porovnávaní parametrov WI medzi oboma súbormi sme nezistili významné rozdiely, hodnoty NA, ktoré zobrazujú odrazené vlny, boli u hypertonikov nevýznamne zvýšené.

Hodnoty TK sú významným faktorom na určovanie KT, ako aj na meranie WI. V oboch súborech sme analyzovali vzťah ambulantne meraného systolického TK k parametrom KT. Významné korelácie medzi ambulantným systolickým TK a ukazovateľmi KT v oboch súborech poukazujú na efekt TK na zmenu kvalitatívnych vlastností steny tepien, vedúce ku zvýšeniu ich tuhosti. Na druhej strane u sledovaných osôb v našom súbore sme nepozorovali vzťah medzi hodnotami ambulantného systolického TK a WI. PP zobrazuje priamo vzťah vývrhu ľavej komory k viskoelastickým vlastnostiam veľkých tepien a nepriamo k odrazeným vlnám. Framingham Heart Study (17) poukázala na nadsadenosť PP nad ambulantným systolickým a diastolickým TK v predikcii rizika koronárnej choroby srdca. U sledovaných ľudí v oboch našich súborech sme zistili štatisticky významné korelácie medzi ambulantným PP a parametrami KT. Na rozdiel od ambulantného systolického TK sa ukázali významné súvislosti medzi ambulantným PP a parametrom W1 a NA. Na základe toho možno predpokladať, že PP citlivejšie odráža vplyv TK na tuhosť, kedy zvýšenie KT je spojené so zmenami v prepojení srdce-artérie. Hodnoty 24-hodinového ABPM oproti ambulantnému TK lepšie korelujú s cieľovým orgánovým poškodením a KV chorobnosťou a úmrtnosťou (18). U hypertonikov sme preto ambulantné meranie TK doplnili o 24-hodinové ABPM. Na rozdiel od ambulantného

TK sme nezistili významné korelácie medzi priemerným TK počas dennej a nočnej periódy a ukazovateľmi KT. Významný vzťah sme však zistili medzi systolickým TK, PP počas dennej a nočnej periódy a ukazovateľom W1. PP počas dennej periódy súvisel s časovým úsekom W1-W2, zobrazujúcim ejekčnú periódu ľavej komory. Počas nočnej periódy PP súvisel s NA. Uvedené korelácie môžu súvisieť so zmenami v šírení pulznej vlny u hypertonikov. V elastických artériách rýchlosť šírenia pulznej vlny je nízka a odrazené vlny z periférie môžu dosiahnuť ascendentnú aortu po uzavretí aortovej chlopne v diastole. Následne sa zvyšuje centrálny diastolický tlak a koronárna perfúzia, naopak systolický tlak sa nemení. Pri zvýšení artériovej tuhosti a znížení cievnej poddajnosti dochádza ku skoršiemu návratu odrazených vln, počas systoly, v dôsledku čoho stúpa centrálny systolický tlak a klesá centrálny diastolický tlak s následným znížením koronárnej perfúzie (1). U hypertonikov v našom súbore sme zistili zvýšenú KT a vzťahy systolického TK, PP (ambulantného aj ABPM) s parametrami KT. Pozitívne súvisel medzi hodnotami PP (ambulantného aj ABPM) a NA môžu odrážať skorší návrat odrazených vln z periférie smerom k srdcu v dôsledku zvýšenej periférnej tuhosti. Hodnoty PP (z ABPM) počas dennej periódy pozitívne korelovali s časom ľavokomorovej ejekcie, W1-W2. Domieľame sa, že vzťah PP s W1-W2 môže súvisieť so zvýšením tlaku v ľavej komore počas systoly v dôsledku predčasného návratu odrazených vln. U sledovaných hypertonikov pozitívne korelácie medzi hodnotami systolického TK, PP (z ABPM) a W1 môžu odrážať vplyv TK na včasnú fázu systoly ľavej komory a jej kontraktilitu. Ohte so spol. (19) pri invazívnom vyšetrení poukázali na vzájomný vzťah medzi maximálnou rýchlosťou vzostupu tlaku v ľavej komore a vrcholom W1.

Záver

V našej práci sme pomocou neinvazívnej metódy, ultrasonografie v kombinácii s echo-tracking systémom zistili zvýšenie tuhosti steny ACC u sledovaných hypertonikov. Súčasne sme poukázali na efekt TK na lokálnu artériovú tuhosť a vzájomné prepojenie srdce-artérie. Sme si vedomí, že naše výsledky sú limitované počtom pacientov a budú vyžadovať ďalšie sledovanie.

Literatúra

- Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J* 2006;27:2588-2605.
- Kass DA. Age-related changes in ventricular-arterial coupling: pathophysiological implications. *Heart Failure Rev* 2002;7:51-62.
- Parker KH, Jones CJ. Forward and backward running waves in the arteries: analysis using the method of characteristics. *J Biomech Eng* 1990;112:322-326.
- Franklin SS. Arterial stiffness and hypertension. *Hypertension* 2005;45:349-351.
- Antonini-Canterin F, Carerj S, Di Bello V, et al. Arterial stiffness and ventricular stiffness: a couple of diseases or a coupling disease? A review from the cardiologist's point of view. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:36-43.
- Sugawara M, Niki K, Furuhashi H, et al. Relationship between the pressure and diameter of the carotid artery in humans. *Heart vessels* 2000;15:49-51.
- Škultétyová D, Filipová S, Chňupa P. Karotická tuhosť u hypertonikov. *Cardiology Lett* 2011;20:384-389.
- Harada A, Okada T, Niki K, et al. On-line noninvasive one-point measurement of pulse wave velocity. *Heart vessels* 2002;17:61-68.
- Sugawara M, Niki K, Okada T, et al. *Med Biol Eng Comput* 2009;47:197-206.
- Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertension* 2001;37:1236-1241.
- Hoeks AP, Brands PJ, Smeets FAM, et al. Assessment of the distensibility of superficial arteries. *Ultrasound Med Biol* 1990;16:121-128.
- Roman MJ, DEevereux RB, Kizer JR, et al. Central pressure more strongly relates to vascular disease and outcome than does brachial pressure. The Strong Heart Study. *Hypertension* 2007;50:197-203.
- Wilkinson IB, Franklin SS, Hall IR, et al. Pressure amplification explains why pulse pressure is unrelated to risk in young subjects. *Hypertension* 2001;38:1461-1466.
- Dijk JM, Algra A, van der Graaf Y, et al. Carotid stiffness and the risk of new vascular events in patients with manifest cardiovascular disease. The SMART study. *Eur Heart J* 2005;26:1213-1220.
- Thamaree S, Booyaratavej S. Comparative study of common carotid artery stiffness measured by phase-locked echo-tracking between acute myocardial infarction patients and patients without symptoms of coronary artery disease. *Asian Heart J* 2007;15:01-09.
- Shroff GR, Cen YY, Duprez DA, et al. relationship between carotid artery stiffness index, BNP and high-sensitivity CRP. Carotid artery stiffness and biomarkers. *J of Human Hypertension* 2009;23:783-787.
- Franklin SS, Khan SA, Wong ND, et al. Is pulse pressure useful in predicting risk for coronary heart disease? The Framingham Heart Study. *Circulation* 1999;100:354-360.
- Dolan E, Stanton A, Thijs L, et al. Superiority of ambulatory over clinic blood pressure measurement in predicting mortality: the Dublin outcome study. *Hypertension* 2005;46:156-161.
- Ohte N, Narita H, Sugawara M, et al. Clinical usefulness of carotid arterial wave intensity in assessing left ventricular systolic and early diastolic performance. *Heart Vessels* 2003;18:107-111.