

# Vyšetrovanie arteriálnej tuhosti

doc. MUDr. Štefan Farský, CSc., FESC

Slovenská liga proti hypertenzii, Dom srdca, Martin

Autor v úvode zdôrazňuje význam vyšetrovania arteriálnej tuhosti hlavne u pacientov s esenciálnou hypertenziou a pri predklinickej diagnostike aterosklerózy. Stručne vysvetľuje hlavné pojmy a princípy, z ktorých sa vychádza pri aplikácii jednotlivých vyšetrovacích metód. Ťažiskom práce sú opisy hlavných metód a interpretácia ich výsledkov v rozličných klinických situáciách. V závere naznačuje, že v blízkej budúcnosti sa pri stanovovaní kardiovaskulárneho rizika a liečbe hypertenzie budú čoraz viac uplatňovať metódy predklinickej diagnostiky aterosklerózy vrátane vyšetrovania arteriálnej tuhosti. Vyšetrovanie klasických rizikových faktorov nebude postačujúce pri určovaní kardiovaskulárneho rizika pre jednotlivého pacienta, ani pre individualizáciu liečby hypertenzie.

**Kľúčové slová:** arteriálna tuhosť, meranie rýchlosti pulzovej vlny, augmentačný index, centrálny aortálny tlak, predklinická diagnostika.

## Measurement of arterial stiffness

In introduction author underlines importance of the measurement of arterial stiffness especially in patients with essential hypertension and in subclinical diagnostic of atherosclerosis. Main terms and principles as the base of application of different examination methods are briefly explained. The paper focuses on description of main methods and interpretation of obtained results in different clinic situations. In conclusion author suggests that the methods of subclinical diagnostic of atherosclerosis including measurement of arterial stiffness would be increasingly used in assessment of cardiovascular risk and in treatment of hypertension in the future. The examination of classic risk factors would not be satisfactory for the assessment of cardiovascular risk in individual patients nor yet for the individualization of therapy.

**Key words:** arterial stiffness, pulse wave velocity measurement, augmentation index, central aortic pressure, subclinical diagnosis of atherosclerosis.

Via pract., 2009, 6(4): 153–156

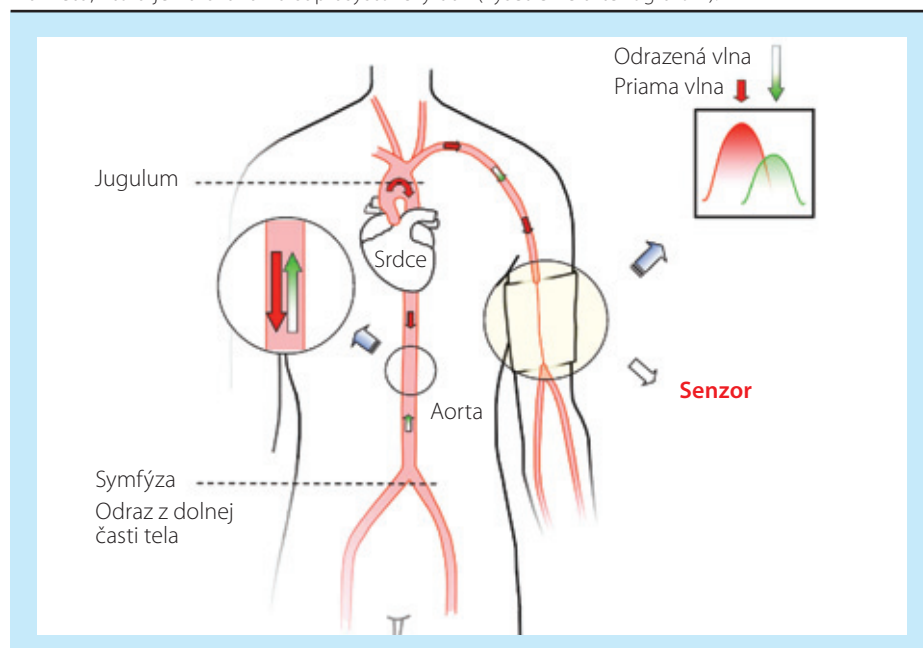
## Úvod

Vyšetrovanie tuhosti artérií neinvazívnymi technikami sa po rokoch experimentov stáva dôležitou súčasťou určovania kardiovaskulárneho rizika a tiež prostriedkom na hodnotenie efektu farmakoterapie esenciálnej hypertenzie s ohľadom na ich účinok na stav tepennej steny.

Rozhodujúci nástup týchto techník medzi štandardy v starostlivosti o pacienta s hypertenziou nastal hlavne po prijatí nových odporúčaní Európskej hypertenziologickej spoločnosti v Miláne v roku 2007 (1). Vyšetrenie rýchlosti pulzovej vlny (PWV) bolo zaradené medzi hlavné diagnostické procedúry a aj do procesu stratifikácie celkového rizika.

Tuhosť tepien vyjadruje poškodenie ich stien rizikovými faktormi v dlhom časovom úseku (roky), naproti tomu hodnoty krvného tlaku (TK) kolíšu a nemusia odrážať stupeň poškodenia cievnej steny. Centrálny aortálny TK, ktorý sa dá týmito technikami neinvazívne vypočítať, je silnejším prognostickým parametrom ako brachiálny TK a presnejšie vyjadruje srdcovú záťaž ako brachiálny TK (srdce sa „pozerá“ do aorty). Zmeny v arteriálnej tuhosti sú klinicky prakticky nepostrehnuteľné a ich vyšetrovanie patrí teda do oblasti tzv. predklinickej medicíny. Tieto metódy sú tak súčasťou novodobých trendov v stanovovaní kardiovaskulárneho (KV) rizika, posunu od tradičných rizikových faktorov k presnejšej diagnostike stavu KV systému, aj u osôb bez klinických príznakov.

**Obrázok 1.** Aortálna tlaková krivka má ejekčnú zložku, ktorú vyvolá ejekcia ľavej komory (červená farba – direct pressure) a odrazenú zložku, ktorá má retrográdny smer (zelená farba – reflected pressure) a pochádza hlavne z dolnej časti tela. Odrazená tlaková vlna sa prenáša až na brachiálny manžetu, ktorá je nafúkaná na suprasystolický tlak (vyšetrenie artériografom).



## Patofyziologické súvislosti a základné pojmy

**Arteriálna tuhosť** je v inverznom vzťahu k arteriálnej distenzibilite. **Závisí od štruktúry a funkcie tepien:** čím je v tepne nižší obsah elastínu a vyšší obsah kolagénu, tým je tuhšia. Okrem toho periférne tepny, ktoré obsahujú viac svaloviny, pretože ich funkciou je regulácia periférnej rezistencie, sú menej poddajné, ako veľké,

tzv. konduktné tepny typu aorty, ktorých úlohou je umožniť kontinuálny pretok krvi na perifériu. Z toho vyplýva aj tzv. **amplifikačný fenomén** spočívajúci v tom, že systolický tlak a pulzový tlak sú fyziologicky na periférii vyššie ako v centrálnych artériách. Rozdiel je približne 14 mmHg a bol pozorovaný ako u normotenzných, tak aj u hypertenzných subjektov. Pritom stredný tlak zostáva nezmenený (2). Navyše sa tu uplatňuje

postupné **zužovanie arteriálneho stromu**, ako i **odrazené vlny** pri vetvení jednotlivých tepien. Najväčšia odrazená vlna vzniká pri bifurkácii ilických tepien (obrázok 1).

**Výsledný tvar tlakovej krivky z aorty** je tak **sumáciou dvoch vln**:

- **doprednej, ejekčnej vlny** pochádzajúcej z kontrakcie ľavej komory (P1);
- a **reflektovanej vlny**, odrazenej z periférie, ktorá má retrográdnym smerom (P2).

To neznamená, že aj prúdenie krvi ide retrográdnym smerom, ide len o pôsobenie dvoch tlakových vln, ktoré sa väčšinou dajú rozpoznať aj na tlakovej krivke z aorty. Odrazená vlna teda zvyšuje (augmentuje) TK v aorte. Fyziologicky, u mladých ľudí s pružnými tepnami sa odrazená vlna prejaví hlavne na diastolickom TK, ktorý zvyšuje, a tak prispieva k lepšiemu plneniu koronárneho riečiska. U starších, ktorých tepny sú tuhšie a periférna rezistencia zvýšená, sa odrazená vlna dostáva do aorty skôr, ešte v čase systoly a chýba v diastole. Aj preto títo pacienti majú vysoký systolický tlak a nízky tlak diastolický (izolovaná systolická hypertenzia).

Okrem toho arteriálna tuhosť **závisí od aktuálneho TK**: čím vyšší TK, tým vyššia tuhosť. Vyšší arteriálny tlak môže byť spôsobený silnejšou ejekciou ľavej komory, rýchlejšou tepovou frekvenciou, zvýšenou periférnou rezistenciou a zvýšenou a skoršou reflexnou vlnou.

### Výpočet rýchlosti pulzovej vlny

Vo všeobecnosti je rýchlosť pulzovej vlny tým vyššia, čím je vyššia tuhosť tepny. Platí to aj u reflektovanej, retrográdnej tlakovej vlny. Na tomto princípe je postavené aj vyšetrovanie arteriálnej tuhosti. Keď poznáme vzdialenosť medzi dvomi bodmi a časový rozdiel, kedy sa v nich zaregistruje pulzová vlna, jej rýchlosť sa dá **vypočítať podľa vzorca**:

**PWV = vzdialenosť v metroch/čas v sekundách.**

U pacientov s hypertenziou v strednom veku sa za normálne považujú hodnoty do 12 m/s (3). Bližšia kategorizácia hodnôt PWV je v tabuľke 1.

Znovu treba zdôrazniť, že nejde o prúdenie krvi, ale o šírenie tlakovej vlny. Rýchlosť prúdenia krvi je rádovo nižšia, v cm/sek.

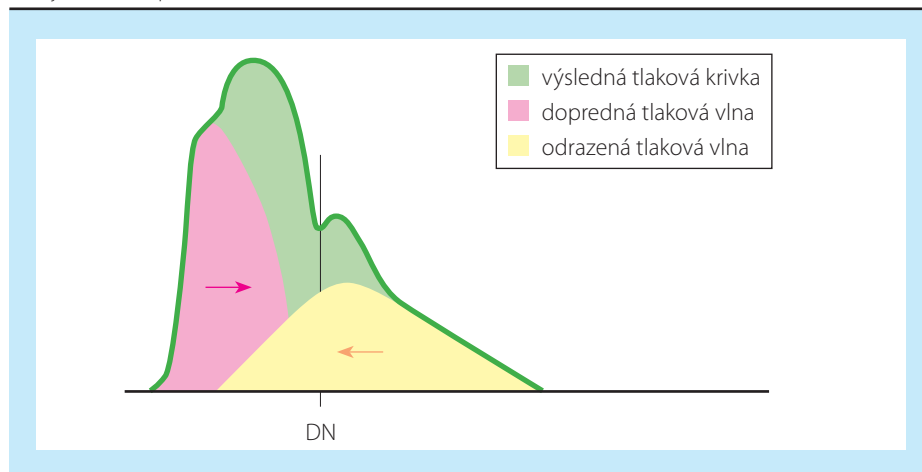
### Odvodenie tlakovej krivky z aorty

Pri vyšetrovaní arteriálnej tuhosti sa získa tlaková krivka z periférnych tepien, z ktorej sa po matematickej transformácii (tzv. transfer funkcia) dá odvodiť **tlaková krivka z aorty**, a tak získať **hodnoty centrálného systolického a pulzového tlaku** (obrázok 2). Pri väčšej arteriálnej tuhosti je zvýšený centrálny

**Tabuľka 1.** Kategórie PWV a Aix.

	Aix	PWV
Optimálny	menej ako – 30 %	menej ako 7 m/s
Normálny	– 30 % až v 10 %	7 m/s až 9,7 m/s
Zvýšený	– 10 % až 10 %	9,7 m/s až 12 m/s
Abnormálny	viac ako 10 %	viac ako 12 m/s

**Obrázok 2.** Výsledná tlaková krivka (observed) je zložená z dvoch vln: doprednej (forward) a odrazenej (reflected pressure wave).



systolický TK, čo znamená zvýšenú záťaž pre ľavú komoru. Tá reaguje hypertrofiou a zvýšenými požiadavkami na dodávku O<sub>2</sub>. Okrem toho, zvýšený pulzový TK a nižší diastolický tlak, vyplývajúci z vyššie uvedeného včasnejšieho návratu reflektovanej vlny, môžu priamo viesť k **subendokardiálnej ischemii** (3). Zvýšená arteriálna tuhosť je spojená aj s vyšším rizikom mozgocievnej príhody, hlavne zvýšený centrálny pulzový tlak je nepriaznivým faktorom, ktorý podporuje remodeláciu extrakraniálnych a intrakraniálnych tepien, tvorbu a ruptúru plakov a vznik lézií v bielej hmote mozgovej.

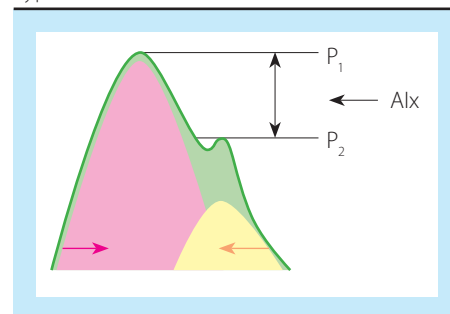
### Výpočet augmentačného indexu

Z centrálnej tlakovej krivky sa vypočítava aj tzv. **augmentačný index (Aix)**. Je definovaný ako podiel medzi veľkosťou systolickej augmentácie reflektovanou vlnou a pulzovým tlakom a je vyjadrený v % (obrázok 3). **Augmentácia v systole** je vyjadrená ako rozdiel amplitúd medzi druhou reflektovanou vlnou P2 a prvou ejekčnou vlnou P1 **vyjadrený vzorcom**:

$$\text{Aix} = \text{P2} - \text{P1} / \text{pulzový TK} \times 100.$$

Fyziologicky má P2 nižšiu amplitúdu ako P1, preto sa hodnoty Aix pohybuju v záporných číslach, napr. –60 %. S postupným tuhnutím tepien, obyčajne aj s postupujúcim vekom, a hlavne pri náraste periférnej rezistencie, sa zosilňuje odrazená vlna, čím stúpa hodnota P2 a hodnota Aix je menej záporná, resp. sa stáva plusovou. Periférna rezistencia môže byť zvýšená už v prvej fáze vývoja aterosklerózy, v štádiu endotelálnej dysfunkcie, teda aj u mladších jedincov. Vytvára sa pod vplyvom

**Obrázok 3.** Výpočet augmentácie (P2-P1) pre výpočet Aix.



rozvoja ďalších fáz aterosklerotického procesu. Stratifikácia hodnôt Aix je v tabuľke 1.

### Neinvasívne vyšetrovanie arteriálnej tuhosti

Na rozdiel od systémovej, celkovej arteriálnej tuhosti, ktorá sa dá odhadnúť iba z modelov krvného obehu, **regionálna a lokálna tuhosť** sa dá merať priamo a neinvasívne, na rôznych miestach arteriálneho stromu. Lokálna tuhosť na superficiálnych tepnách sa vyhodnocuje najmä na *a. carotis* **prostredníctvom ultrazvukového zobrazenia**, prípadne prostredníctvom **MRI**. Hodnotí sa zmena pričného diametra tepny počas srdcového cyklu v pomere ku zmene tlaku. Súčasný echo prístroje sú schopné automaticky ohraničiť koncový diastolický objem 6 – 10-krát citlivejšie ako predchádzajúce metódy, ktoré analyzovali video záznam (4). Lokálne zmeny tlaku v tepne sa merajú aplanačnou tonometriou.

## Aortálna PWV

Pokiaľ ide o regionálne merania arteriálnej tuhosti, tak aorta je tepna, ktorá je v centre pozornosti, pretože hrudná a brušná aorta najviac prispievajú k tlmeniu vzostupu TK počas ejekcie ľavej komory a **aortálna PWV je najsilnejším a nezávislým prediktorom KV komplikácií** v rôznych populáciách. V bežnej praxi sa aortálna tuhosť vyhodnocuje z nepriamych meraní na rôznych segmentoch periférneho arteriálneho stromu. Tlakovú krivku možno získať vhodným snímačom z radiálnej tepny, prsta ruky a následnou softvérovou transformáciou pomocou tzv. transfer faktora odvodiť aortálnu krivku. Relatívne priamo možno aortálnu krivku získať snímačom uloženým na karotickej tepne.

## Výšetrovacie metódy založené na snímaní tlaku

### Aplanačná tonometria

**Aplanačná tonometria** vychádza z aplanačie, oploštenia lumenu tepny po jej stlačení tak, aby sa vektory tlaku v cieve stali rovnobežnými a kolmými k tlakovému snímaču uloženému na tepne. Používaný systém získava krivky z proximálnej (*a. carotis*) a distálnej tepny (*a. radialis* alebo *a. femoralis*), ktoré sa registrujú simultánne spolu s EKG signálom. Z časového posunu medzi obomi krivkami možno vypočítať PWV (metóda „foot to foot“): čas od R-kmitu na EKG ku začiatku pulzu na proximálnej tepne sa odpočíta od času medzi R-kmitom a začiatkom pulzu na distálnej tepne. Pri výpočte je potrebná určitá korekcia vzhľadom na vzdialenosť *a. carotis* od ascendetnej aorty. Pri výpočte Aix z kriviek získaných touto metódou môže byť problematická detekcia odrazenej vlny. Pri spoštení tepny sa totiž prúdenie krvi zrýchľuje a TK klesá v zmysle Bernoulliho efektu, a preto aj tlaková amplitúda nie je vždy dostatočná na rozpoznanie  $P_2$ . Vyžaduje sa, aby vyšetrenie urobil vyškolený a skúsený vyšetrovateľ.

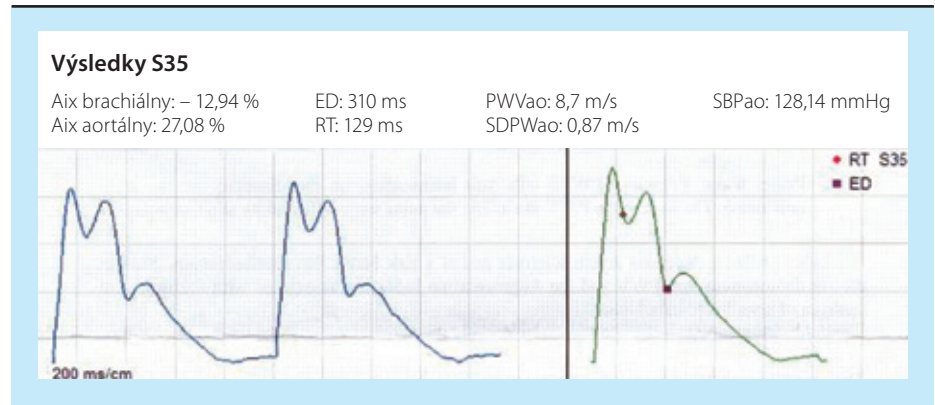
### Piezo-elektrická metóda

Jednoduchšou metódou je vyšetrenie PWV pomocou iného systému, ktorý na simultánnu registráciu pulzových vln využíva **mechanosenzory (piezo-elektrická metóda)** umiestené na koži nad *a. carotis* a *a. femoralis*, prípadne i na *a. brachialis* alebo *a. dorsalis pedis*. Aix sa týmto spôsobom nedá vyšetriť, avšak jednoduchosť metódy ju predurčuje na širokú aplikáciu vrátane epidemiologických štúdií.

### Artériograf

**Artériograf** je relatívne najmladším prístrojom, ktorý umožňuje veľmi rýchle a jednoduché vyšet-

**Obrázok 4.** Tlaková krivka získaná pri vyšetrení artériografom.



renie ako PWV tak aj Aix. Manžeta, podobná ako pri bežnom meraní tlaku, sa nasadí na rameno a funguje ako senzor. Po zmeraní TK sa manžeta natlakuje najmenej o 35 mmHg nad aktuálny systolický TK a pri zastavenom toku krvi sa na hornom okraji manžety vytvorí akoby membrána v *a. brachialis*, na ktorú sa prenášajú obe systolické vlny (P1, P2) a diastolická vlna (P3). Tieto zmeny tlaku vyvolajú v manžete veľmi malé objemovo-tlakové zmeny, ktoré sa zaregistrujú vysoko citlivým tlakovým senzorom a sú ďalej filtrované a zosilnené. Pri takomto nastavení konduktnej tepny (podklúčková, axilárna, brachiálna) vlastne len prenášajú centrálny TK na perifériu a tvar zaznamenaných kriviek je odrazom centrálny hemodynamiky (5). Pochopiteľne, metóda je veľmi citlivá na maximálny pokoj počas vyšetrenia, dokonca vo fáze registrácie sa odporúča nakrátko zastaviť dýchanie, používa sa čo najmenšia manžeta (často detská) a hadička vedúca od manžety k prístroju sa nesmie dotýkať hrudníka, aby tlakové signály neovplyvnili pohyby hrudníka. Signály sú bezdrótovo prenášané do počítača a sú softvérovou spracované (obrázok 4). Okrem kriviek a nameraných veličín (brachiálny Aix, PWV ao, ejekčný čas ED, čas začiatku odrazenej vlny RT, index systolickej a diastolickej plochy) sa tak získajú vypočítané parametre (aortálny Aix, centrálny systolický TK aortálny). Dôležitá je automatická kontrola kvality záznamu, keď sa vyhodnocuje SD medzi jednotlivými cyklami. Pre výpočet PWV je potrebné zmerať vzdialenosť jugulum – symfýza. Presnosť metódy bola validovaná vo viacerých štúdiách, naposledy Baulmann a spol. preukázali, že reprodukovateľnosť a variabilita je pri vyšetrení PWV artériografom vyššia ako pri aplanačnej a piezo-elektrickej metóde. Pri porovnaní výsledkov aplanačnej metódy s artériografom hodnoty Aix tesne korelovali (6).

### Vývoj nových metód

V súčasnosti je evidentné veľké úsilie o vývoj ďalších metód, ktoré majú za cieľ zjednodušiť a skvalitniť vyšetrovanie arteriálnej tuhosti alebo dosiahnuť to, aby sa pri jednom sedení vyšetrenie

kombinovalo s ďalšími metódami na predklinickú diagnostiku aterosklerózy. Napr. zároveň sa vyšetří aj index členok/rameno alebo endoteliálna dysfunkcia (7). Snahou je vyhnúť sa pri vyšetrení PWV závislosti od aktuálnych hodnôt krvného tlaku. Japonskí autori navrhli vyšetrovanie lokálnej tuhosti tepien na základe zmien arteriálneho priemeru (sonografické meranie), ktoré korešpondovali s variáciami TK (8). Vytvorili tak index CAVI (*cardio-ankle vascular index*), ktorého hodnota vyjadruje tuhosť aorty, femorálnej a tibiálnej tepny nezávisle od aktuálnych hodnôt TK. V Singapúre vyvinuli prístroj veľkosti náramkových hodínok, ktorý zaznamenáva hodnoty TK a parametre arteriálnej tuhosti na radiálnej tepne 24 hod. (9). Umožňuje pohodlnú aplikáciu vyšetrenia typu 24-hodinového monitoringu TK, ale aj analýzu pulzovej vlny. Presnosť prístroja pri meraní TK bola validovaná podľa štandardných medzinárodných protokolov ESH a AAMI.

### Štandardizácia vyšetrenia

**Pri vyšetrení arteriálnej tuhosti** je potrebné dodržiavať niektoré **pravidlá**, podobne ako pri vyšetrení TK (4, 10):

- vyšetrenie pri izbovej teplote ( $22 \pm 1^\circ\text{C}$ ), po 10 min oddychu vyšetrovanej osoby;
- 3 hod. pred vyšetrením nemá pacient fajčiť, jesť a piť nápoje s obsahom kofeínu;
- 10 hod pred vyšetrením nemá pacient piť nápoj s obsahom alkoholu;
- počas vyšetrenia nemá vyšetrovaná osoba zaspať (v noci počas spánku sa tepny rozširujú a tuhosť sa zvyšuje), ani rozprávať;
- preferuje sa vyšetrenie v ľahu, v pokojnom, tichom prostredí, je však možné aj vyšetrenie v sede;
- pri opakovaní sa vyšetrenie má vykonávať v rovnakú dennú dobu (diurnálna závislosť bola potvrdená) a pri rovnakej polohe;
- u osôb s arteriálnou tuhosťou charakteru bieleho pláštá, ktorá sa vyskytuje spolu so situačnou hypertenziou, je vyšetrenie potrebné viackrát opakovať;

- je potrebné brať do úvahy závislosť vyšetrení na aktuálnom TK, pri vysokom tlaku počas vyšetrenia sa niekedy odporúča vyšetrenie zopakovať po liečbe a znížení TK do normálnych hodnôt;
- poruchy rytmu a príliš rýchly alebo pomalý tep môžu nepriaznivo ovplyvniť výsledky, niektoré vyšetrenia nie sú dokonca možné;
- je potrebné brať do úvahy aj vplyv konkomitantnej farmakoterapie, napr. nitrátov.

## Klinický význam vyšetovania arteriálnej tuhosti

**Hlavný význam** vyšetovania arteriálnej tuhosti u pacientov s hypertenziou spočíva v tom, že sa preukázala jej **vysoká prediktívna hodnota pre vznik KV komplikácií, KV i celkovej mortality** (11, 12). Hodnoty PWV > 12 m/s u osôb stredného veku sú ekvivalentom poškodenia cieľových orgánov podobne ako hypertrofia ľavej komory alebo IMT na *a. carotis* > 0,9 mm aj pri chýbaní akýchkoľvek klinických príznakov (1). Centrálne Aix a pulzový TK, získané buď priamo karotickou tonometriou alebo nepriamo z periférnych tepien prostredníctvom transfer faktora, sú takisto nezávislými prediktormi celkovej mortality u pacientov s renálnym poškodením (13, 14) a KV príhod u pacientov indikovaných na koronárnu intervenciu (15, 16). V longitudinálnej populačnej štúdií STRONG bol centrálny pulzový TK v silnejšom vzťahu k cievej hypertrofii, rozsahu aterosklerózy a KV príhodám ako brachiálny TK (17).

Nález svedčiaci pre zvýšenú arteriálnu tuhosť by nemali zostať nepovšimnuté a ich význam obmedzený len na predpovednú hodnotu. Naopak, mali by vstupovať do rozhodovacieho procesu v klinickej medicíne. Majú byť imperatívom aktívnejšej až agresívnej liečby nielen hypertenzie, ale aj sprievodnej dyslipoproteinémie, metabolického syndrómu a podobne, i účinného atakovania všetkých ovplyvniteľných rizikových faktorov aterosklerózy. Vyšetovanie aortálnej tuhosti a centrálnych hodnôt Aix a pulzového tlaku môže v prípade ich pozitivity znamenať preklasifikovanie pacientov s hypertenziou zo skupiny s nízkym alebo stredným rizikom do skupiny s vysokým rizikom, a tak môže priamo ovplyvňovať terapeutickú stratégiu.

## Dosah životného štýlu na parametre arteriálnej tuhosti

**Arteriálna tuhosť** sa mení nielen s vekom, ale aj v závislosti od životného štýlu a konkomitantnej farmakoterapie. **Zvýšené parametre** sa vyskytujú pri:

- chýbaní fyzickej aktivity,

- obezite,
- fajčení,
- zvýšenej aktivity sympatika,
- hypercholesterolémii.

**Parametre sa, naopak, zlepšujú** pri:

- redukcii hmotnosti,
- zvýšenej fyzickej aktivity,
- nízkom príjme sodíka,
- zvýšenom príjme omega3 mastných kyselín
- u žien po menopauze pri náhradnej hormonálnej terapii (4).

## Vplyv farmakoterapie na parametre arteriálnej tuhosti

**Zvýšenú tuhosť sú schopné redukovať** mnohé **lieky**, ktoré sa používajú **na liečbu hypertenzie** (prakticky lieky všetkých hlavných skupín), **srdcového zlyhania** alebo **dyslipidémie**, avšak miera ich účinku je rozdielna. Diferencie v účinku sa najviac prejavili pri liečbe hypertenzie a hlavne pri porovnávaní zmien brachiálneho a centrálného aortálneho TK. Liečba založená na kontrole brachiálneho TK môže nadhodnocovať efekt betablokátorov a podhodnocovať účinnosť ACE inhibítorov a Ca blokátorov (18). Z tohto hľadiska mali zásadný význam výsledky štúdie hodnotenia funkcie konduktívnych artérií (CAFE) v rámci mílnikovej **štúdie ASCOT** (19). Ukázalo sa, že pri liečbe **amlodipín + perindopril** je redukcia centrálného systolického a pulzového tlaku väčšia ako pri liečebnom režime **atenolol + tiazid**, hoci pokles brachiálneho systolického a pulzového TK bol v oboch skupinách podobný. *Post hoc* analýza okrem toho ukázala, že centrálny Aix a pulzový tlak signifikantne koreloval s početnosťou KV príhod, uskutočnených invazívnych procedúr a vývojom renálneho poškodenia. Takto sa vytvára **nová situácia v manažmente hypertenzie** smerujúca k tomu, že sa **efektivita jej liečby** bude musieť hodnotiť aj podľa zmien arteriálnej tuhosti a podľa diferencovaného účinku jednotlivých liečebných skupín a prípravkov.

## Odporúčania pre prax

Pre klinickú prax možno v súvislosti s arteriálnou tuhosťou zhrnúť niekoľko odporúčaní:

- vyšetovanie rýchlosti pulzovej vlny (PWV) patrí dnes medzi štandardné procedúry v starostlivosti o pacienta s hypertenziou;
- neinvasívne získané hodnoty centrálného aortálneho tlaku a augmentačného indexu (Aix) sú lepším prognostickým ukazovateľom ako hodnoty brachiálneho tlaku;
- v súčasnosti nestačí na stanovenie kardiovaskulárneho rizika vyšetrenie rizikových faktorov, je potrebné pokúsiť sa rozpoznať predklinickú

aterosklerózu neinvasívnymi metódami, vrátane vyšetrenia arteriálnej tuhosti.

## Literatúra

1. Odporúčania pre manažment artériovej hypertenzie 2007. *Cardiol* 2008; 17: 25–48S.
2. Safar ME, Blacher J. Carotid versus brachial pulse pressure in elderly persons. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: 2440–2441.
3. Laurent S. Hypertension and macrovascular disease. *Eur Soc Hypert Scientific Newsletter* 2007: 31.
4. Laurent S, Cockcroft J, van Bortel L et al. Abridged version of the expert consensus document on arterial stiffness. *Artery Research* 2007; 1: 2–12.
5. Illyes M. New rapid screening method for non-invasive measurement of complex hemodynamic parameters and arterial stiffness by means of simple arm cough. *Am J Hypert* 2005; 18 (5) 2nd part.
6. Baulmann J, Schillings U, Rickert S et al. A new oscillometric method for assessment of arterial stiffness: comparison with tonometric and piezo-electronic methods. *J Hypertens* 2008; 26: 523–528.
7. Farský Š. Predklinická ateroskleróza: aké sú možnosti jej detekcie? *Interná medicína* 2008; 8: 523–528.
8. Shirai K, Utino J, Otsuka K et al. A novel blood pressure-independent arterial wall stiffness parameter: Cardio-Ankle Vascular Index (CAVI). *J Atheroscler Thromb* 2006; 13: 101–107.
9. Nair D, Tan SY, Gan HW et al. The use of ambulatory tonometric radial arterial wave capture to measure ambulatory blood pressure: the validation of a novel wrist-bound device in adults. *J Hum Hypertens* 2007: 1–3. [www.nature.com/jhh](http://www.nature.com/jhh) 8.november 2007.
10. Bortel LM Van, Duprez D, Starmans-Kool M et al. Clinical Applications of Arterial Stiffness, Task Force III: Recommendations for Ures Procedures. *Am J Hypertens* 2002; 15: 445–452.
11. 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.
12. Boutouyrie P, Tropeano AI, Asmar R et al. Aortic stiffness is an independent predictor of primary coronary events in hypertensive patients: a longitudinal study. *Hypertension* 2002; 39: 10–15.
13. London GM, Blacher J, Pannier B et al. Arterial wave reflections and survival in end-stage renal failure. *Hypertension* 2001, 38: 434–438.
14. Safar ME, Blacher J, Pannier B et al. Central pulse pressure and mortality in end-stage renal disease. *Hypertension* 2002; 39: 735–738.
15. Weber T, Auer J, O'Rourke MF et al. Increased wave reflections predict severe cardiovascular events in patients undergoing percutaneous coronary interventions. *Eur Heart J* 2005; 26: 2657–2663.
16. Chirinos JA, Zambrano JP, Chakko S et al. Aortic pressure augmentation predicts adverse cardiovascular events in patient with established coronary artery disease. *Hypertension* 2005; 45: 980–985.
17. Roman MJ, Devereux 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.
18. Morgan T, Lauri J, Bertram D et al. Effect of different classes of antihypertensive drugs on central aortic pressure. *Am J Hypertens* 2004; 17: 118–123.
19. Williams B, Lacy PS, Thom MS et al. CAFE investigators. Differential Impact of Blood Pressure-Lowering Drugs on Central Aortic Pressure and Clinical Outcomes. *Circulation* 2006; 113: 1213–1225.

**doc. MUDr. Štefan Farský, CSc., FESC**  
Slovenská liga proti hypertenzii  
Dom srdca  
Zelená 3, 036 08 Martin  
farsky@za.psg.sk

