

NEINVAZIVNÍ METODY MĚŘENÍ KREVNIHO TLAKU PILOTŮ

Pplk. P. HRON, pplk. MUDr. J. SVAČINKA, CSc., ing. J. HANOUSEK, CSc.
Ústav leteckého zdravotnictví, Praha

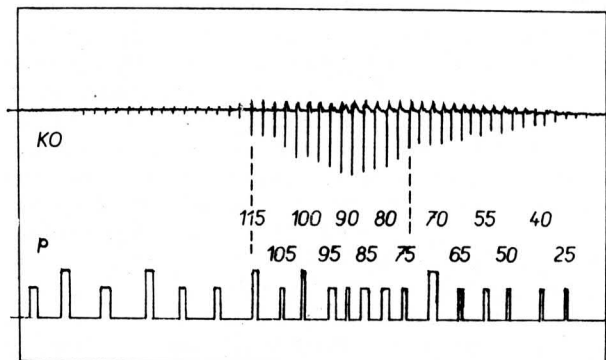
Měření tepenného krevního tlaku, jako jednoho ze základních ukazatelů stavu krevního oběhu člověka, patří k nejčastěji prováděným úkonům na všech lékařských pracovištích. Metody měření krevního tlaku můžeme v podstatě rozdělit na krvavé (přímé) a nekrvavé (nepřímé). Volba způsobu měření závisí na řadě známých hledisek. Přímé metody jsou nejpřesnější, mají však základní nedostatek, že znamenají jednak určité malé riziko následných komplikací, jednak mohou měnit výchozí stav organismu. Nelze je proto ani při dnešním stavu technického rozvoje především z etických důvodů, užívat ve větším měřítku u zdravých osob, zejména při opakovaných měřeních.

V praxi leteckého lékařství potřebujeme při některých vyšetřeních měřit opakovaně po delší dobu také krevní tlak. K tomu často přistupují i některé speciální podmínky vyšetření, jako např. nutnost dálkového měření z podtlakových komor, nebo to, že proband je ve speciálním výškovém oděvu. Zde nemůžeme používat přímé metody měření a nelze zde využít ani klasické metody auskultační. To nás nutí zabývat se problematikou neinvazivních metod měření krevního tlaku a současně trvale sledovat pokroky v této oblasti.

Výsledky a zkušenosti

V letech 1961–64 jsme vyvinuli a zavedli na našem pracovišti přístroj pro měření krevního tlaku nekrvavou cestou (3, 4). Skládá se ze snímače pulsu s tlakovou manžetou a ze značkovacího manometru. Při měření „na ze-

mi“ bylo možno připojit nafukovací poloautomat, při měření z podtlakové komory „na výšce“ bylo k plnění tlakové manžety využito rozdílu barometrického tlaku uvnitř a vně komory. Přístroj měří a registruje systolický a diastolický krevní tlak na dvou kanálech polygrafu. Oscilace jsou snímány na kanálu řádu EEG zesílení, tlakové značky na druhém kanálu jsou přivedeny do stejnosměrného vstupu zapisovače (obr. 1). V citovaných pra-



Obr. 1. Měření krevního tlaku oscilační metodou
(KO Oscilace; P tlakové značky v torrech)

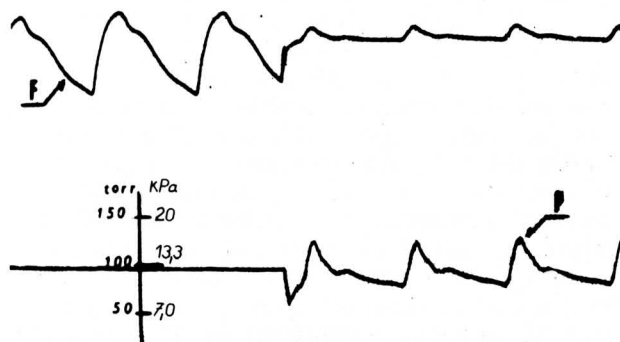
cích jsme se také zabývali analýzou měřeného signálu. Popsaná metoda je vhodná k měření krevního tlaku v klidu a za neklidových podmínek tam, kde dochází k mírnému a plynulému pohybu paže, kde není význačný třes a extrémní napětí svalstva. Speciální vyztužení konstrukce tlakové manžety umožňuje měření i přes výškový oděv.

Pokusná srovnávací měření ukázala, že popsanou metodou měřený systolický tlak krevní na art. brachialis je v průměru pouze o 0,26 kPa (2 torry) vyšší než hodnoty naměřené auskultační metodou. Systolický tlak namě-

řený touto metodou se tedy více blíží skutečnému intraarteriálnímu tlaku, je v průměru pouze o 0,26 kPa (2 torry) nižší. Rovněž tak hodnoty naměřeného diastolického tlaku se při srovnání s výsledky auskultační metody více blíží skutečnému tlaku uvnitř cévy. Diastolický tlak je v průměru o 1,7 kPa (13 torrů) nižší, než tlak měřený auskultační metodou a v průměru o 0,26 kPa (2 torry) vyšší než skutečný tlak v cévě. Teoretický rozbor námi provedený je v souladu s praktickými výsledky.

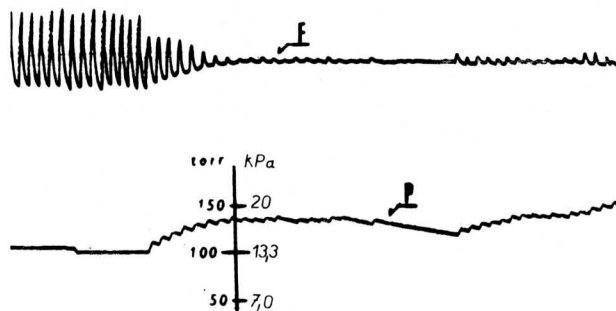
Popsanou metodu měření jsme se snažili plně automatizovat vývojem digitálního vyhodnocovacího zařízení krevního tlaku, které se nám však neosvědčilo. Nepodařilo se totiž při potřebné citlivosti snímání signálu účinně eliminovat ani pomocí časových selektivních rozpoznávacích obvodů vliv artefaktů, indikovaných pak jako hodnota systolického nebo diastolického krevního tlaku. Nepřekonalí jsme tak nedostatky jiných podobných zařízení, vyvinutých některými firmami [1].

Při hledání nových možností neinvazivních způsobů měření krevního tlaku při zátěžovém vyšetřování jsme se zaměřili na aplikaci metody doc. MUDr. J. Peňáze, CSc., na kterou mu byl r. 1969 udělen čs. patent č. 133 205. Jde o myšlenku kontinuálního měření krevního tlaku z prstu ruky nepřímým způsobem, na principu odlehčené cévní stěny. V principu jde o automatické fotoelektrické sledování změn cévního objemu prstu, vyvolávaných krevním průtokem. Prst se zasune do snímače s elastickou manžetou, opatřenou transparentním okénkem. V manžetě se pomocí elektronického a pneumatického systému dynamicky mění průběh tlaku vzduchu tak, aby se pulsové změny cévního objemu anulovaly. Průběh tlaku v manžetě tak odpovídá tlaku intraarteriálnímu [2, 5]. Protože nebyla naděje na výrobu přístrojů využívajících této myšlenky, pokusili jsme se po dohodě s autorem o realizaci na našem pracovišti. Výsledkem jsou dva přístroje, s kterými provádíme pokusná měření v klidu i při bicyklové ergometrii. Zkoušíme je ve třech režimech činnosti, včetně registrace získaných hodnot. Obr. 2 znázorňuje režim kontinuálního měření tlaku



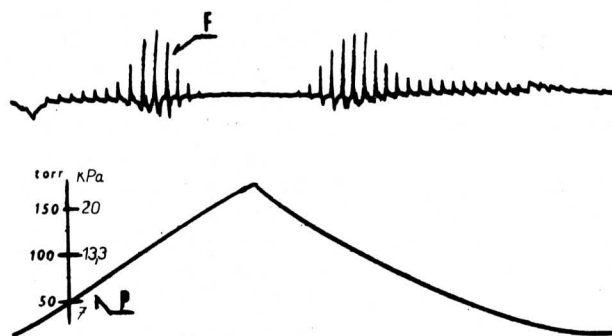
Obr. 2 Kontinuální průběh TK, křivka P
(rychlost zápisu 25 mm/s)

krve. Křivka v levé horní polovině reprezentuje fotopletyzmogram, v pravé dolní polovině je pak průběh krevního tlaku. Na obr. 3 je zachyceno použití přístroje jako sledovače



Obr. 3. Průběh systolického tlaku, křivka F
(rychlost 2,5 mm/s)

systolického tlaku. Fotopletyzmografická křivka v levé horní polovině je po přepnutí přístroje do pracovní polohy transponována do křivky v pravé dolní polovině, znázorňující průběh změn systolického tlaku. Graf třetího režimu, oscilační metody, je znázorněn na obr. 4. Dolní křivka reprezentuje údaj automa-



Obr. 4. Graf oscilační metody měření TK
(rychlost zápisu 2,5 mm/s)

tické změny tlaku v prstové manžetě, horní pak je záznamem prstových oscilací. Interpolací obou křivek podle určitých zásad je možno určit systolickou i diastolickou hodnotu tlaku krve při vzrůstu i poklesu tlaku v manžetě. Přístroj je vybaven třímístným číslicovým zobrazovačem, který se zvolenou opakovací frekvencí udává podle režimu činnosti buď střední nebo systolickou hodnotu krevního tlaku.

Přístroj je zatím ještě nedokonalý, vhodný k praktickému využití pouze v režimech uvedených zde na druhém a třetím místě. V praxi se ho však bude asi více využívat při sledování systolického tlaku. Nastavení počátečních podmínek pro oba režimy je snadné, ekvivalentní časová konstanta umožňuje spolehlivé sledování průběhu systolického tlaku. Fotopletyzmografický snímač prohřívá prst a nastupující vazodilatace zvyšuje hodnotu snímaného signálu. K selhání měření, vyvolanému

nedostatečným signálem (nitkovitý puls), dochází proto jen u velmi malého procenta osob.

Nastavení výchozích podmínek pro režim kontinuálního sledování vyžaduje v současném stadiu vývoje přístroje přesnost a trpělivé dodržení experimentálně ověřených kritérií. Přesto dochází v průběhu měření k poklesu přesnosti sledování kontinuálního průběhu krevního tlaku, zejména při jeho rychlých změnách v zátěži. Na základě vlastních zkušeností i na podkladě měření kmitočtových charakteristik pneumatického obvodu soudíme, že degradujícím prvkem kontinuálního režimu i příčinou obtížného nastavení výchozích podmínek je frekvenčně pomalý elektropneumatický analogový ventil, který řídí tlak vzduchu v manžetě. V nejbližší době se pokusíme tento nedostatek odstranit.

Diskuse

Popsaný přístroj pro měření systolického a diastolického krevního tlaku se nám velmi dobře osvědčuje. V našem ústavu spolehlivě funguje v několika exemplářích až do dnešních dnů. Užíváme ho při zátěži přetlakovým dýcháním kyslíku ve výškových kompenzačních oděvech, při dálkových měřeních z podtlakových komor, jakož i z přetlakové a klimatické komory při různých typech pokusů a rutinních vyšetřeních. Měříme s ním krevní tlaky od 5,3 kPa (40 torrů) do 46,6 kPa (350 torrů). Podle našich zkušeností rozhoduje o úspěšnosti měření přístroji tohoto typu vedle dostatečného zesílení signálu především kvalitní snímač a jeho správné uložení v dolní třetině manžety, jakož i vhodná konstrukce tlakové manžety.

Na druhé straně se nám příliš neosvědčil maďarský přístroj AVM-2. Vedle značné poruchovosti je jeho nedostatkem právě nevhodná konstrukce tlakové manžety.

Za perspektivní považujeme metodu měření kontinuálního krevního tlaku nepřímou cestou, na principu odlehčené cévní stěny. Realizace vhodného přístroje však v našich podmínkách vázne na nedostacích v součástkové základně. Po vyřešení těchto problémů zřejmě získáme přístroj, který může znamenat kvalitativní skok v našich možnostech. Ideálem totiž zůstává kontinuální měření krev-

ního tlaku za neklidových podmínek nekrvavou cestou. Je zajímavé, že prstový snímač je až překvapivě necitlivý na pohybové artefakty, takže jsme byli schopni měřené hodnoty registrovat i při značně vysokých ergometrických zátěžích.

Dlouhodobým lékařsko-technickým problémem zůstává možnost měření krevního tlaku pilotů za letu. Doposud používané konvenční, neinvazivní metody měření jsou u pilota za letu nepoužitelné. Z podobných důvodů bylo upuštěno od používání přizpůsobených konvenčních metod na palubách kosmických lodí.

Na celém světě se dnes věnuje zvýšená pozornost hledání nových metod a vývoji přístrojů pro měření krevního tlaku. Je tedy reálná naděje, že nové principy a nová technika povedou v blízké budoucnosti k významnému pokroku v měření krevního tlaku neinvazivními metodami.

Literatura

1. Hron, P. - Hanousek, J. - Blažka, S.: Automatické číslicové měření tlaku krve nekrvavou metodou. (Závěrečná zpráva. Publikace č. 167.) Praha, Ústav leteckého zdravotnictví 1972. 102 s.
2. Hron, P. - Hanousek, J. - Blažka, S.: Přístroj pro kontinuální měření tlaku krve nepřímou cestou. (Závěrečná zpráva. Publikace č. 217.) Praha, Ústav leteckého zdravotnictví 1976. 48 s.
3. Hron, P. - Svačina, J.: Poloaautomatické měření krevního tlaku nekrvavou cestou. I. Technický popis, zapojení a provoz přístroje. II. Ověřovací zkoušky přístroje a validita metody. (Závěrečná zpráva. Publikace č. 75.) Praha, ÚLZ 1964. 51 s.
4. Hron, P. - Svačina, J.: Elektromagnetický snímač pro měření krevního tlaku nekrvavou cestou. (Závěrečná zpráva. Publikace č. 130.) Praha, ÚLZ 1968. 28 s.
5. Peňáz, J. - Voigt, A. - Teichmann, W.: Beitrag zur fortlaufenden indirekten Blutdruckmessung. Z. inn. Med., 31, 1976, č. 24, s. 1030—1033.

Souhrn

V článku je podán přehled neinvazivních metod měření krevního tlaku a s tím spojených specifických problémů při zátěžovém vyšetřování létajícího personálu v ÚLZ. Pojednává se především o dlouhodobě používaných metodách, lékařsko-technických problémech jejich aplikace a o dosahovaných výsledcích. Podrobněji je uveden rozbor výsledků a popis zkušeností s přístrojem pro kontinuální sledování krevního tlaku nepřímou cestou.