

Univerzita Karlova v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Dodatek k disertační práci

v oboru kinantropologie

Změny hodnot systolického krevního tlaku v závislosti na místě měření, poloze těla a na stupni tělesného zatížení u dívek ve věku 11-13 let

Autor: Mgr. Regina Pavlů
Školitel: Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.
Pracoviště: Klinika tělovýchovného lékařství 2.LF UK,
Fakultní nemocnice Motol
Školící pracoviště: Katedra fyziologie a biochemie FTVS-UK

Disertační práce byla vypracována v průběhu distančního doktorského studia a představuje původní rukopis o 116 stranách a 45 stranách příloh.

Praha 2013

Obsah

1. Úvod
2. Vývoj metodik pro posouzení funkcí kardiovaskulárního systému
3. Vývoj techniky měření a hodnocení krevního tlaku
 - 3.1 Vývoj přístrojové techniky pro měření krevního tlaku
 - 3.2 Technika měření krevního tlaku
 - 3.3 Hodnocení krevního tlaku
4. Diagnostika, testování a terapie u osob s koarktací aorty
 - 4.1. Diagnostika koarktace aorty
 - 4.2. Zátěžové testy
 - 4.3. Operační řešení
5. Vrozené vady a pohybová aktivita
6. Závěr

1. Úvod

Původním cílem mé disertační práce bylo měření oběhových změn u pacientů s koarktací aorty při zátěži. Chtěli jsme zjistit, jak je možno využít zátěžových testů pro diagnostiku této vrozené vady a posoudit, jak se mění gradient systolického krevního tlaku na pravé horní a dolní končetině v klidu vsedě na bicyklovém ergometru, a poté v závislosti na stupňované zátěži.

Výzkum započal měřením impedančních rozdílů tlaků na horní a dolní končetině v různých polohách a zátěžových situacích u zdravých dětí. Naměřily se tak fyziologické, referenční hodnoty. Bylo provedeno celkem 450 měření. Testování bylo přitom organizačně i technicky dosti náročné. Proto tehdejší školitel souhlasil s pilotní studií, tj. s přípravou referenčních hodnot pro danou věkovou skupinu.

Je třeba se zmínit o důvodech časového zpoždění a tím o ztrátě kontinuity a bezprostřední použitelnosti tehdejších měření. Celá disertační práce se vyvíjela chronologicky déle, než bylo původně plánováno. Čas od zahájení a spuštění celého projektu až po publikační činnost vztahující se k této problematice se značně prodloužil.

Protože se objevily nové možnosti jak v oblasti techniky, tak i v metodických přístupech, byla nutná literární aktualizace, tzn. srovnání možností diagnostiky oběhových funkcí, zátěžových testů a vlastního měření krevního tlaku. Změnil se i náhled na klasifikaci hodnot krevního tlaku.

2. Vývoj metodik pro posouzení funkcí kardiovaskulárního systému

Intenzivní vědecký výzkum v oblasti diagnostiky, prevence a léčby oběhových onemocnění, spolu s nebývalým rozvojem techniky a vývojem nových materiálů a léků, umožnil v posledních desetiletích detailnější sledování oběhových funkcí i kvalitnější diagnostiku kardiovaskulárních vad, stejně jako úspěšnější farmakologickou a chirurgickou léčbu.

Mezi **neinvazivní metody**, sloužící k posouzení **srdeční činnosti** (a používané již v minulém století) patří kromě *elektrokardiografie*, snímající elektrické srdeční potenciály (Einthoven, Nobelova cena 1924) i *fonografie* (s grafickým záznamem srdečních ozev), apexkardiografie (s registrací pohybu hrudní stěny při srdečním úderu), *balistokardiografie* (registrující otřesy těla, vyvolané srdeční činností) *nebo vekt-* či *spaciokardiografie* (hodnotící dvojrozměrně a trojrozměrně elektrickou srdeční aktivitu). I když některé z těchto metod sehrály v minulosti, a zejména ve výzkumu oběhových funkcí (např. vektokardiografie a spaciokardiografie) významnou roli, řada z nich byla nahrazena metodami modernějšími. Některé z nich (např. apexkardiografie, fonokardiografie a další) zůstaly součástmi polygrafických záznamů.

V současné době, jsou kromě základní a stále rutinně prováděné elektrokardiografie (příp. zátěžové elektrokardiografie) již dostupné moderní metody, jako jsou *jednorozměrná, dvojrozměrná, Dopplerova a Dopplerova barevná echokardiografie* (ultrazvuková metoda využívající různého odrazu tkání k zobrazení srdeční morfologie a dynamiky), *radionuklidová* či *pozitronová emisní tomografie* (pro prostorové znázornění funkčních vlastností jednotlivých tkání) a *multidetektorová výpočetní tomografie* (BAXA, 2012).

Nedostatečná schopnost sledování srdeční hemodynamiky a vývoje srdečního selhání vedla v minulosti k vývoji technologií, které by pomáhaly při časně detekci klinické dekompenzace. Nitrohruční impedance, měřená jako *elektrická kardiografická impedance* nabízí nový způsob měření změn obsahu nitrohruční tekutiny. Na základě principu, že zvýšená retence tekutin v plicích způsobuje pokles nitrohruční impedance, byl vyvinut algoritmus monitorování stavu tekutin. Tento algoritmus používá denní měření impedance proti vypočítané denní referenční impedanci a stanoví tzv. tekutinový index, který při překročení předem naprogramovaného prahu vysílá varovné hlášení, poukazující na zhoršování stavu či na akutní dekompenzaci. Ačkoli je k dispozici několik typů monitorování, nitrohruční bioimpedance vykazovala různorodou účinnost a je proto v současné době zkoumána jen jako součást multimodalitní

strategie. (CLARKE, 2012). Pro sledování pulsní vlny byla v devadesátých letech na pracovišti TVL Fakultní nemocnice Motol používána metoda *elektrické impedanční kardiografie* vlastní konstrukce. (RADVANSKÝ, 1999b). Experimentálně byla i použita v disertační práci.

Ze známých **invazivních srdečních metod** je možné vyjmenovat metody umožněné srdeční katetrizací, s vpravením radioizotopu. Patří k nim např. kontrastní *koronarografie* (sloužící k posouzení průchodnosti koronárních cév) či *ventrikulografie* (vhodná pro sledování srdeční hemodynamiky). Lze tak provádět i *měření tlaků* v jednotlivých srdečních oddílech, stanovit *parciální tlak kyslíku, pO_2* , pro výpočet minutového srdečního objemu či posouzení sycení krve, příp. provést záznam intrakardiálního EKG ve formě *hisokardiogramu*. Pozornost zasluhuje i možnost *invazivní diagnostiky zkratků u vrozených síňových či komorových defektů* (SAGAN, 2006)

Tyto metody náleží speciálním zdravotnickým pracovištím invazivní kardiologie, jejichž spádové oblasti pokrývají v současné době téměř všechny regiony naší republiky.

Mezi tzv. minimálně invazivní metody patří *magnetická rezonance srdce*, umožňující přesné stanovení anatomických struktur bez pohybových artefaktů. Na přelomu tisíciletí bylo dosaženo výrazného zlepšení hardwaru, rozlišovacích schopností a zkrácení vyšetřovacího času. (BAXA, 2009) Tato metoda je plně srovnatelná s jinými metodami jako jsou ultrasonografie či jednoduchá fotonová emisní tomografie, SPET. Podle MITOFFA (2012) je kardiovaskulární magnetická rezonance nejvhodnější metodou **pro diagnostiku vrozených srdečních vad**.

Funkce periferní části **krevního řečiště** může být posuzována neinvazivními záznamy tepenných a žilních pulzací (*sfygmografie*, resp. *flebografie*), vypovídajících i o činnosti levé, resp. pravé části srdce.

Metodika vyhodnocení tepenných pulzací, **sfygmotonometrie** se stala základem **měření arteriálního krevního tlaku**, viz dále.

V současnosti je moderní, často používanou sonografickou metodou, hodnotící průchodnost cév, *Dopplerova metoda*. (CHOLT, 2013). K hodnocení objemových změn v dané oblasti, a tím i k posouzení jejich prokrvení, se stále ještě používá prstová či končetinová *plethysmografie*.

V současné době se pro diagnostiku aterosklerózy, jako kauzálního či doprovodného projevu ischemické choroby, hypertenze, diabetu či metabolického syndromu, často i u dětí, používá moderní ultrazvuková metoda měření *tloušťky karotické intimy*, zatímco k hodnocení tepenné rigidity slouží *analýza pulsní vlny* a její rychlosti. (WADWA, 2007). Detailnější studium aterosklerotických plaků a vyhodnocení stupňů kalcifikace umožňuje *magnetická resonance* či *specifická metoda počítačové tomografie*. (CORTI, 2006).

3. Vývoj techniky měření a hodnocení krevního tlaku

V běžné denní praxi zůstává měření **arteriálního krevního tlaku** (TK) stále nejčastěji sledovaným ukazatelem oběhové funkce. Změny TK odráží jak patologické stavy, tak i momentální stav organismu, reagující na řadu zevních i vnitřních vlivů.

3.1 Vývoj přístrojové techniky pro měření krevního tlaku

A. Neinvazivní metody měření krevního tlaku

Pro měření krevního tlaku je možné použít různé techniky, které vychází ze stejné premisy, a to je stlačení tepny vzduchem napuštěnou manžetou, s následným uvolněním jak manžety, tak i krevního průtoku. První rtuťový tonometr sestrojil již v roce 1896 italský lékař Scipione Riva-Rocci. Nejjednodušší metodou je **metoda palpační**, bez použití fonendoskopu, u které je možno změřit pouze systolický tlak.

Po celé století byla nejužívanější a nejpřesnější metodou **metoda auskultační**. Otcem auskultační metody je ruský chirurg Nikolaj Sergejevič Korotkov. Slyšitelné pulzace po zaškrcení a posléze uvolnění manžety tonometru jsou proto nazvány jako Korotkovův fenomén. Odečítají se hraniční hodnoty slyšitelnosti (horní a dolní hranice), označované jako systolický a diastolický tlak. Tato technika měření, použitá jako disertační práce, byla v r. 1905 zveřejněna na necelé jedné stránce univerzitního zpravodaje.

Pro měření TK se ještě stále používá rtuťový manometr, i když z rozhodnutí Evropského parlamentu, směrnici č. 2007/51/ES, je s účinností od 2.4.2009 **prodej** rtuťových tonometrů (stejně jako skleněných rtuťových teploměrů) **zakázán**. I když bude nutno rtuťové tonometry kvůli toxicitě nahradit, klasický a dnes již dosluhující typ tonometru má své neocenitelné výhody. Rtuť nemění během času své vlastnosti a vždy podléhá jen fyzikálním zákonům. Všechny rtuťové tonometry, pokud mají správně dělenou stupnici a jsou kalibrovány, se považují za přesné. (<http://www.hypertenze.eu>)

Mezi alternativy rtuťového tonometru patří:

1. Aneroidní tonometr

V aneroidním neboli pružinovém (deformačním) tonometru je rtuťový sloupec nahrazen odporovou pružinou. Pružina ovšem mění své vlastnosti v závislosti na teplotě okolí, vlhkosti a stupni opotřebení. Jsou velmi citlivé na otřesy a nárazy, mohou pružinu poškodit. Aneroidní tonometry vyžadují častější kontrolu přesnosti, nicméně jsou považovány metrology za spolehlivé (DOBIÁŠ, 2006).

2. Digitální auskultační tonometry bez rtuti

Použití takových tonometrů je naprosto stejné, jako u tonometrů rtuťových. Používá se rovněž poslech fonendoskopem. Jediný rozdíl je v tom, že toxickou rtuť nahrazuje elektronický čip. Ten sám o sobě tlak neměří, nýbrž pouze "přepisuje" hodnoty tlaku na displej. Digitální auskultační tonometry bez rtuti by měly být klinicky testovány na přesnost. Na světě však v současnosti existují pouze 2 typy, které požadavek klinické přesnosti splňují, a to A&D UM 101 a Accoson Greenlight 300. Tyto přístroje jsou doposud jediné, které byly doporučeny jako alternativa rtuťových tonometrů v klinické praxi.

3. Hybridní digitální tonometry

Hybridní digitální tonometry (označované tako jako Technologie Duo Sensor) kombinují auskultační a **oscilometrickou metodu** měření. Pokud jsou výsledky poslechové metody v předem definovaném rozsahu měření oscilometrické metody, zobrazí se pouze změřené výsledky podle poslechové metody. V případě slabých či chybějících Korotkovových zvuků dochází automaticky k přepnutí displeje na oscilometrické měření. Tento postup vede k **nejpřesnějším** možným výsledkům u **případů vysokých hodnot hypertenze** či u různých typů **arytmií**. Jejich přesnost je na stejné úrovni jako u rtuťových tlakoměrů. (DOBIÁŠ, 2006).

4. Elektronické digitální tonometry

Na oscilometrické metodě jsou (s výjimkou digitálního tonometru Tensoval duo control) založeny všechny digitální tonometry, dostupné v současné době na trhu. Při oscilometrické metodě měření je opět manžetou stlačena paže. V okamžiku vypouštění manžety, tj. povolováním tlaku na tepnu, dojde k oscilacím, rozkmitání tepny. Tyto oscilace jsou detekovány mikročipem. Při použití určitého algoritmu je nepřímou určena hodnota jak

systolického, tak diastolického tlaku. Tato metoda je velmi vhodná pro domácí „samoobslužné měření“. U **závažných arytmií** však tato metoda **selhává**, tlakoměr zobrazí buď nepřesnou hodnotu nebo se na displeji objeví ERROR. (DOBIÁŠ, 2006).

V současné době se nejčastěji používají digitální elektronické tonometry. Vyrábí je řada firem. Nejznámější u nás jsou firma Omron (Japonsko) a Tensoval (český výrobce Hartmann Rico). Dnes se nabízí již 11 velikostí manžet dle velikosti měřené končetiny a k dostatečnému utažení manžety patří i kontrolky.

Dlouhodobé monitorování krevního tlaku (ABPM)

Dobrym prognostickým ukazatelem výskytu kardiovaskulárních příhod je možnost dlouhodobě měřeného TK u běžně se pohybujícího člověka (Ambulant Blood Pressure Monitoring, ABPM). Holterovo monitorování krevního tlaku má významné místo pro určení abnormalit kolísavého krevního tlaku (epizodické hypertenze, maskované hypertenze, labilní, noční nebo ranní hypertenze či tzv. hypertenze „bílého pláště“). Určitá omezení pro pacienty však vyplývají z nutnosti nosit monitor nejméně 24 hodin. Širší využití ABPM však není vždy bezproblémové. Např. v Austrálii je omezeno svou dostupností a cenou, zdravotnictví ho nedotuje. (HEAD, 2012)

B. Invazivní měření krevního tlaku

Pro sledování změn krevního tlaku je možné použít i invazivních metod. Používá se k tomu katetr s tenzometrickým senzorem. Invazivní měření je považováno za nejpřesnější měření TK. Jeho využití v praxi je však limitované, předpokládá **pouze určité indikace**. Patří sem i indikace výzkumného charakteru. Příkladem je studie u operovaných pacientů, ve které byly sledovány změny krevního tlaku pomocí oscilometrického sfýgnomanometru s arteriální kanylou. Tento invazivní přístup posloužil k analýze možných příčin velkých peroperačních výkyvů krevního tlaku. (TAO, 2011).

3.2. Technika měření TK

I v době dynamického rozvoje lékařské techniky stále platí, že anamnéza a fyzikální vyšetření tvoří 70% diagnózy. Pro určení diagnózy je **správné měření krevního tlaku** nezbytným předpokladem. Je nezbytné i pro kontrolu efektivity léčby i pro sledování nejrůznějších pacientů v peroperační, intenzivní či rehabilitační péči.

Z historického pohledu **se požadavek** na správné měření **stále zpřísňuje**. Všechna současná odborná doporučení obsahují mezi jinými i metodiku měření krevního tlaku (WIDIMSKÝ, 2007). Ta by se měla v praxi dodržovat, avšak vlivem nedostatku času či neznalostí tomu tak často není. K nejčastějším chybám patří použití nevhodného tonometru, nevhodné manžety, nedodržení doporučeného počtu 3 měření v rámci jedné návštěvy a příliš rychlé snižování tlaku v manžetě, které neumožňuje odečíst hodnotu krevního tlaku s přesností na 2 mmHg. (<http://www.hypertenze.eu>)

Faktory ovlivňující výsledky měření. Krevní tlak může být ovlivněn psychickou i fyzickou zátěží. Ovlivňuje ho také příjem jídla, alkoholu, dýchání, zvýšená tělesná teplota, roztažený močový měchýř a bolest. Závisí na poloze těla, na poloze tonometru s ohledem k výši srdce i na svalovém tonu měřené paže. Nedostatečné uvolnění (izometrické kontrakce) zvyšují TK o 10 torrů. Krevní tlak je parametr související s polohou těla a měnící se zátěží. Nejčastěji je měřený jen na jedné končetině. Změna polohy těla má úzký vztah k místu jeho měření. (PAVLŮ, 2011).

Již dlouhou dobu je známa skutečnost, že krevní tlak v průběhu dne kolísá a mění se vlivem řady faktorů (cirkadiánní rytmy, okolní teplota a tlak).

Přítom krevní tlak měřený v domácím prostředí odpovídá více skutečnosti než krevní tlak měřený v zařízení zdravotnickém. Při rozdílech mezi TK naměřený v ordinaci a v domácím prostředí pacienta se musí myslet buď na maskovanou hypertenzi či na syndrom bílého pláště. Bylo zjištěno, že tento „syndrom“ může zvýšit hodnotu krevního tlaku až o 30 torrů. (WIDIMSKÝ, 2007).

Tuto zkušenost potvrdil u souboru pacientů čínského Kardiovaskulárního centra experimentálně WANG (2011).

Rovněž WARD (2012) ve své studii prokázal, že hodnoty doma měřeného TK jsou významným prediktorem kardiovaskulární mortality a výskytu kardiovaskulárních příhod. Jsou tedy prognosticky důležitější proměnnou než hodnota krevního tlaku, naměřená v ordinaci. Rozdílnosti výsledků v dosud publikovaných studiích se přičítají rozdílným přístupům měření krevního tlaku v ordinacích (tzn. nejednotnému počtu měření v průběhu jedné návštěvy či různému počtu a dobám návštěv). Příčinou je pravděpodobně i větší počet měření a jeho načasování, stejně jako vyloučení emočních vlivů, spadajících pod „hypertenzi bílého pláště“.

Při vyhodnocení systolického a diastolického krevního tlaku a souvisejících rizikových faktorů byla v rámci americké „Národní studie mladých zdravých jedinců“ (CHYU, 2011)

zjištěna signifikantně vyšší prevalence hypertenze (20,9 %) v porovnání s průzkumem „Národního zdraví a výživy“ prováděným v letech 2007-2008 (4,6 %). Vysvětlením mohly být rozdílné techniky měření či výskyty latentní hypertenze. Tato diskrepance však mohla také spočívat v rozdílném Body Mass Index (BMI), neboť fyzická aktivita nebo sedavý způsob života v různém věkovém období s hodnotou krevního tlaku souvisí. (POULIOU, 2012).

Nicméně nejen způsob měření, ale i **kvalita tonometrů** může být problematická (THOLL, 2004). ALI (2002) ve srovnávací studii tonometrů, používaných v ordinacích, uvedl, že 17 % tonometrů měřilo nepřesně, 4 % měly větší chybu než 10 mm Hg a 12 % bylo zcela nevhodných. MARKANDER (2000) zjistil, že 50 % hodnocených tonometrů mělo alespoň jednu závadu (např. netěsnící hadičku), pravidelnou kontrolu mělo pouze 5 tonometrů. Některé studie (KNIGHT, 2001, ASHWORTH, 2001, WAUGH, 2002) udávají při měření tonometry až 60 % různých chyb. Pravidelné kontroly přístrojové techniky provádějí akreditované metrologické laboratoře (DOBIÁŠ, 2006).

Doporučení České společnosti pro hypertenzi z roku 2012 zahrnuje návody na měření TK v domácím prostředí.

“Zlatým standardem zůstává měření TK auskultační metodou, lze použít i automatické nebo poloautomatické přístroje s manžetou na paži za předpokladu jejich validizace podle standardních protokolů. Ambulantní 24hodinová monitorace TK je doporučovaná jen u vybraných indikací a nejdůležitějším parametrem jejího hodnocení je 24hodinový průměr TK, který nemá přesáhnout 130/80 mm Hg. Domácí měření krevního tlaku má hypertonik vždy provádět v průběhu 7 dní v týdnu, který předchází klinické kontrole. Měří si TK vsedě v klidu, alespoň 2krát po sobě, ráno a večer. Určující je průměr hodnot TK – za zvýšený se považuje průměr 135/85 mm Hg. Nemocnému se nedoporučuje, aby si sám měnil léčbu v závislosti na naměřených hodnotách.” (FILIPOVSKÝ, 2013).

3.3. Hodnocení krevního tlaku

V průběhu let se vyvíjela nejen technika měření, ale i hodnoty normativů pro krevní tlak. „Podle doporučení komise expertů **Světové zdravotnické organizace (WHO)** z r. **1961** byla arteriální hypertenze definována jako zvýšení systolického a diastolického tlaku (tzv. opakovaně měřený „příležitostný“ tlak) na hodnoty 160/95 torrů (21,3/12,7 kPa) a vyšší. Za zcela normální tlaky se považovaly tlaky 140/90 torrů (18,7/12,0) kPa) a za **příjemné** krevní

tlaky od **140/90** do **160/95** torrů, pokud se naleznou u jedinců ve věku 40-60 let“ (FEJFAR, 1980).

Hypertenze se dělila na 3 stadia. 1. stadium představovalo zvýšení TK bez příznaků a známek odezvy na oběhovém systému, 2. stadium bylo zvýšení TK, provázené orgánovými změnami na srdci, ledvinách a oční sítnici a 3. stadium bylo období se známkami již výrazného orgánového poškození.

Kritéria hodnocení se však **zprísnila**. Posunulo se rozmezí hodnot tzv. normálního krevního tlaku i hranice hypertenze. Za horní hranici normy nebo zvýšený průměr se považuje 135/85 mm Hg (FILIPOVSKÝ, 2013).

WHO v roce **2003** přijala návrh projektu **JNC 7** (Seventh Report of the Joint National Committee for Prevention. Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure) pro označení rizika hypertenze (CHOBANIN et al, 2003). Tato hodnota „**prehypertenze**“ odpovídá krevnímu tlaku vyššímu než 120/80. Pro systolický TK je to hodnota od 120-139 mm Hg, pro diastolický TK od 80-89 mm Hg. U dospělých osob se za **1.stadium** hypertenze považuje TK 140-159/90-99 mm Hg, za **2.stadium** hypertenze TK vyšší než 160/100 mm Hg (MILLER, 2004).

V současné době se krevní tlak nevyjadřuje pouze v reálných hodnotách. Normativní kritéria TK jsou v **dětském věku** odvozena ze statistického zpracování hodnot krevního tlaku a vyjádřena v **percentilech**. Jsou přizpůsobena **věku, pohlaví a výšce** pacientů. Zatímco normálnímu krevnímu tlaku odpovídá tlak nižší než 90 percentil pro daný věk, přesah více než 95 percentil je již výrazem hypertenze. Existují i rasové rozdíly. V zahraničních materiálech jsou udávány zvlášť hodnoty pro bílou a barevnou populaci, chlapce a děvčata. Systolický TK v maximální zátěži u těchto norem roste dle plochy těla, a to až do 210 mm Hg u dívek černé populace (RADVANSKÝ, 1999a).

Ukázalo se, že při posuzování TK hraje významnou roli i pobyťová **geografická oblast, region**. Studie v různých světových regionech totiž vykazovaly značné rozdíly. V souvislosti s diagnózou juvenilní hypertenze bylo stanovení referenčního kritéria pro daný region jedním z úkolů světové zdravotnické organizace (WHO). Diagnostická kritéria hypertenze měla v různých věkových skupinách 100% citlivost (citlivost je dána jednotkami měření), ale lišila se přesností (rozdílností naměřené hodnoty), např. ve věku 10-12 let činila 95,34%. Věkové specifické referenční hodnoty pro krevní tlak dospívajících by proto měly být stanoveny pro různé regiony, tedy na lokální úrovni. (SAHA, 2011)

Poznámka: Zajímavé je současné používání jednotek (mm Hg), vyjadřujících hodnoty krevního tlaku. Již v 80. letech se plně respektovala pravidla nové SI soustavy. Základ pro Mezinárodní soustavu jednotek (Systeme Internationale d'Unites) vznikl již v r. 1960, ale stále se ještě vyvíjel. Novou odvozenou jednotkou SI pro tlak se stal pascal (Pa), takže v učebnicích a publikacích se objevovaly hodnoty krevního tlaku, vyjádřené v kPa, případně ještě ve starších jednotkách, torrech. Všechny normy SI byly přijaty i Českým normalizačním institutem jako ČSN ISO 1000. (ČSN, 1997).

Klinická praxe však zůstala v tomto ohledu konzervativní. Vysvětlením může být jak jednodušší, tak i více zažité používání. Stále se však (a to poněkud **paradoxně**) používají hodnoty udávané ve **stupnicích rtuťového sloupce**, přestože nejmodernější přístroje již pracují na jiných bázích a **používání rtuti** ve zdravotnických přístrojích **se zakazuje**.

4. Současný stav diagnostiky a zátěžové testování u osob s koarktací aorty

4.1 Diagnostika koarktace aorty

Ve věkové skupině dětí a adolescentů se doporučuje měřit TK na pravé a. brachialis a při nálezů hraničních hodnot hypertenze také alespoň 1x za život na a. femoralis.

Diagnostika koarktací aorty je dnes, stejně jako před 15 lety, založena na echokardiografii, i když se zlepšilo počítačové zpracování. První výstupy bývaly časově zpožděné, a to i o několik sekund. Prvním signálem pro diagnostiku koarktace je **šelest mezi lopatkami**, který ale nemusí být u obvodního lékaře slyšitelný. Proto může být koarktace snadno přehlédnutelná. Diagnostika se také opírá o **nehmatné pulzy** v třísle a na dolní končetině.

První podezření na tuto vadu má vést lékaře k měření **TK na paži** a adekvátní manžetou též **na stehně**, ideálně však na všech čtyřech končetinách v leže na břiše.

Pro složitější případy a nejasnou diagnostiku koarktací aorty jsou pacienti z celé republiky posíláni do Dětského kardiocentra Praha, Motol, které má jak vysokou profesionální úroveň, tak i špičkovou úroveň technického vybavení. Zobrazovací metody v Dětském kardiocentru se opírají z 99% o sonografické vyšetření, a to již od nejtělejšího věku pacientů.

Bývá-li naměřen rozdíl krevních tlaků, je třeba indikovat **echokardiografické vyšetření**. V případě potřeby si kardiologové mohou dnes vyžádat vyšetření **nukleární magnetickou rezonancí**. MR je nejvhodnější metodou pro pooperační kontroly, průkaz rekoarktace a diagnostiku případného pooperačního aortálního aneurysma.

Přesný obraz koarktace, včetně dilatovaných tepen, dnes poskytuje **počítačová tomografická angiografie s 3D** (trojrozměrnou) **rekonstrukcí**.

Také je možné použít měření TK **Holterovou technikou** (24hodinovým monitorováním krevního tlaku) nebo záznamem jedné hodiny **oscilometrickou metodou** (tj. metodou posuzující objemové změny).

Všechna tato monitorování patří k používaným metodám ke zjištění abnormálních hodnot krevního tlaku. Nutná je spolupráce pacienta a u nezátěžových měření TK jeho „zklidnění“. Významným faktorem, nejen pro malé pacienty, je stresující nemocniční prostředí a obavy z vyšetřovacích procedur, ovlivňující hodnoty TK zvýšenou sympatoadrenální aktivitou, vycházející z podráždění amygdaly (BARTŮŇKOVÁ, 2010).

4.2. Zátěžové testování

Zátěžových testů, jako je bicyklová ergometrie, se používá k indikaci dalších kardiologických vyšetření. Operační výkony představují výraznou zátěž organismu. Znalosti optimálních postupů pro snížení operačních rizik vycházejí z dosud relativně limitovaného počtu randomizovaných prospektivních studií, ve značné míře jsou podkladem rozhodování retrospektivní studie a paralely s diagnostickými a léčebnými postupy u neoperovaných kardiaků. Pokroky v chirurgii, anesteziologii a kardiologické léčbě i přesnější metody stanovení peroperačního rizika snižují frekvenci kardiovaskulárních komplikací nekardiální chirurgie. (SKALICKÁ, 2011)

Zátěžové testování se používá pro **posouzení hemodynamické závažnosti** oběhové poruchy. Nepřímým důkazem koarktace aorty bývá výrazně se zvyšující krevní tlak na pravé horní končetině při zátěži nebo známky zátěžové subendokardiální ischemie levé komory srdeční.

Zátěžové testování se v případech nízkého tlakového gradientu používalo jako pomocné vyšetření, neboť mohlo prokázat strmý vzestup tlakového gradientu mezi pravou paží a dolní končetinou. Hodnoty TKs, někdy již od střední intenzity zatížení, mohly vystoupit až nad 230 mm Hg. V případě hypertonické reakce po chirurgické korekci nebo angioplastice, je zvýšený tlakový gradient nepřímou známkou reziduální obstrukce nebo rekoarktace. (RADVANSKÝ, 1999).

Při fyzikálním vyšetření u koarktací aorty se nachází rozdíl systémového tlaku mezi horními a dolními končetinami o více než 20 mm Hg. Během vertikalizace dochází ke stimulaci sympatiku a poklesu vagu, což má za následek zvýšení srdeční frekvence.

Dlouholeté zkušenosti Kliniky tělovýchovného lékařství prokazovaly významnou roli diagnostiky s měřením TK v různých zátěžových podmínkách. Sledovaly se především změny tlakového gradientu (PAVLU, 2012). Toto měření se používá i **dnes**, ale **pouze v klidových podmínkách** (výjimkou je posouzení výkonnosti u jedinců věnujícím se závodnímu sportu).

Neinvazivní zátěžový parametr (tlakový gradient mezi paží a dolní končetinou) je totiž technicky obtížně stanovitelný. Bylo zjištěno, že dosud neexistuje spolehlivá zátěžová metoda ke stanovení TKs na dolní končetině. Pro **běžný život není výkonnost** při koartaci aorty **významně limitována**. Po desetiletí užívaný zátěžový protokol laboratoře TVL Motol zvládali pacienti i při zátěžích nad $2W.kg^{-1}$, což svědčí o maximální aerobní kapacitě nad 8 METs. (RADVANSKÝ, 1999c).

V experimentálním období disertační práce bylo pro měření krevního tlaku využíváno **prototypové zařízení**, identický přístroj značky Minnesota, sestrojený Ing. Václavem Sasimou. Zatímco v době, kdy měření probíhalo, se nevyžadovaly protokoly o certifikaci, pozdější léta se bez nich již neobešla. Zařízení nezískalo certifikát a přestalo se využívat.

Přitom použití impedanční techniky umožnilo diagnostikovat i nepatrné gradientové rozdíly krevního tlaku, lépe se mohla zaznamenat velikost patologického nálezu, a tedy časněji odhalit srdeční vada. Dnes se pacienti sledují a čeká se, až koarktace nebo rekoarktace bude plně průkazná.

Takže nejen z provozních a finančních důvodů, ale i pro současný nevyhovující technický stav přístroje, není možné provést testování s pacienty s danou srdeční vadou stejným způsobem, jak tomu bylo u testování referenčního vzorku zdravých dívek.

4.3. Operační řešení

U hemodynamicky významnějších koarktací je indikována chirurgická léčba. Za 25 leté období činnosti (1977-2002) bylo v Dětském kardiocentru v Praze –Motole provedeno celkem 9450 operací vrozených srdečních vad. Koarktace aorty patří mezi skupinu nejčastěji operovaných vad.

Postoperativní komplikací u koarktací aorty jsou hypertenze, restenozy a abnormální reakce krevního tlaku na zátěž.

Operují se však i dospělí pacienti. V letech 1997 – 2009 se v Itálii podrobilo operaci koarktace aorty 65 dospělých pacientů ve věku 16 až 34 let. K operaci byli indikováni pro kritickou systolickou hypertenzí, pohybující se v relativně široké škále, od 140 mmHg do 205

mm Hg. Operační úprava koarktace aorty vedla k ústupu systolické hypertenze a snížení požadavků na antihypertenzní léky. (PALMA, 2011)

Výsledky operací a reoperací dospělých s vrozenou srdeční vadou jsou závislé na dlouhodobém systematickém sledování nemocných před a po operaci. Dospělých pacientů s vrozenou srdeční vadou bude stále přibývat, a to proto, že se zlepšuje péče o děti se srdeční vadou.

5. Vrozené vady a pohybová aktivita

Možnost cvičit má pro mladé jedince s kardiovaskulárním onemocněním mimořádný význam, a to jak z hlediska fyzického vývoje, tak z hlediska psychosociálního zařazení. Cvičení nebo sport jsou nejlepší prevencí nežádoucí obezity, zvyšují sebevědomí a usnadňují sociální kontakt. Přiměřená fyzická zátěž umožňuje dětem fyziologický rozvoj a má velmi důležitou složku výchovnou.

Za určitých patologických stavů však může nadměrná fyzická námaha jedince s kardiovaskulárním onemocněním ohrožovat.

Problematika posuzování funkční zdatnosti je komplexní a vyžaduje těsnou spolupráci praktických, tělovýchovných lékařů s dětským kardiologem. Doporučení k pohybové aktivitě a sportu dětí a mladistvých s kardiovaskulárním onemocněním vychází vždy z výsledků podrobného kardiovaskulárního vyšetření. Důležité je správné měření krevního tlaku podle norem vztažených k věku, výšce a pohlaví. Při posuzování způsobilosti jedinců se závažnějšími kardiovaskulárními onemocněními k závodním a rekreačním sportům se provádí Holterovo monitorování EKG a zátěžové vyšetření k vyloučení závažných poruch srdečního rytmu, snížené koronární rezervy nebo hypertenzní reakce. Opakovaná kardiologická vyšetření jsou nezbytná i u méně významných kardiovaskulárních onemocnění, zejména při provádění výkonnostního sportu (CHALOUPECKÝ, 2011).

U pacientů s koarktací aorty, se zájmem o závodní sport, je zátěžové testování zcela relevantní. Dřívější striktní zákazy sportu nahradily benevolentnější restrikce. Závodní sport se u koarktací aorty nedoporučuje v případech

- zvýšení systolického maximálního zátěžového TK nad 240 mm Hg,
- byla-li diagnostikována hypertrofie levé komory a
- byl-li pacient vystaven při sportovní aktivitě úderům na hrudník.

(RADVANSKÝ, 1999c)

V současné době již existuje společné doporučení dvou hraničních oborů, dětské kardiologie a tělovýchovného lékařství. Tento materiál vychází jak z evropských, tak i amerických doporučení. (MARON, 2004, PELLICCIA, 2008).

Zahrnuje jak problematiku všeobecné pohybové aktivity, školní tělesné výchovy, rekreačního a závodního sportu, ale také problematiku vrozených srdečních vad, dědičných nebo získaných kardiovaskulárních onemocnění, včetně poruch srdečního rytmu.

Jedinci s vrozenými srdečními vadami mají z hlediska pohybové aktivity, školní TV, rekreačního sportu, závodního sportu, klasifikace NYHA, výskytu klinických obtíží, hemodynamických projevů, dysrytmií a nálezu podle Holterova monitorování či zátěžového testu **různá doporučení** a podle nich jsou rozděleni do 4 tříd (od I.třídy – tzn. bez nebo s mírným omezením až do IV.třídy – tzn. s limitacemi až zákazem). (CHALOUPECKÝ, 2011).

Viz **ukázka** z daného materiálu (v doporučeních platných pro **koarktaci aorty** jsou uvedeny krajní stupně poruchy: I.třída, případy s nejmírnějším stupněm postižení a IV.třída, případy s nejtěžším postižením).

I.třída (stav bez intervence)

- normální klidový TK
- gradient HK/DK ≤ 20 mm Hg
- zátěžové vyšetření: TKs při maximální zátěži ≤ 230 mm Hg
- normální kořen aorty

Doporučení:

- závodní sporty s vysokou statickou aktivitou jsou nevhodné
- **pravidelné kontroly TK a zátěžové vyšetření**

I.třída (po operační úpravě)

- stejně jako předchozí
- bez přítomnosti aneurysmatu istmu aorty

Doporučení:

- závodní sporty za 12 měsíců, rekreační za 6 měsíců
- kontaktní sporty jsou v 1.roce po intervenci nevhodné, u případů s cévní protézou trvale
- závodní sporty s vysokou statickou zátěží jsou nevhodné
- **pravidelné kontroly TK a zátěžového vyšetření**

IV.třída (stav bez intervence)

- významná dilatace kořene aorty
- méněcenná stěna aorty
- aneurysma isthmu

Doporučení

- intervence (operace)

IV. třída (po operaci)

- významná dilatace kořene aorty
- méněcenná stěna aorty
- aneurysma istmu

Doporučení:

- zvážit reoperaci

Bohužel se ukazuje, že doporučení nebývají vždy v praxi respektována. K dořešení zůstává i aktualizace a rozšíření rozdělení sportů podle míry statické a dynamické zátěže, přejímané doposud ze zahraničních doporučení. (RADVANSKÝ, 2013).

6. Závěr

Výzkum provedený v rámci disertační práce byl považován za pilotní studii, mající získat referenční hodnoty pro daný věk a pohlaví. Výsledky práce měly být v budoucnosti použity i jako východisko pro podrobnější a rozšířené zkoumání dané problematiky.

Zátěžový protokol odpovídal tehdejšímu zkušenostem a možnostem zátěžové laboratoře Tělovýchovného lékařství v Praze – Motole z konce devadesátých let. V práci byl experimentálně použit i **prototyp elektroimpedančního přístroje.** Vzhledem k časovému odstupu lze hovořit o vývojových aspektech zátěžového testování koarktace aorty. Dané šetření, jakkoli náročné, tedy představovalo určitou vývojovou, dnes již překonanou etapu.

Předkládaný dodatkový materiál má za úkol poukázat na vývojové trendy v diagnostice poruch oběhového systému, především však na současný přístup k zátěžovému testování u koarktace aorty. Má upozornit i na změny, které se objevily v průběhu posledních 20 let v přístrojové technice měření krevního tlaku a v poslední řadě i v přísnější klasifikaci jeho hodnot.

7. Seznam použité literatury

1. ASHWORTH, M., GORDON, K., BAKER, G. et al. (2001) Sphygmomanometer calibration: a survey of one inner-city primary care group. *Journal of Human Hypertension*, vol.15, p. 259-262.
2. ALI, S., ROUSE, A. (2002) Practice audits: reliability of sphygmomanometers and blood pressure recording bias. *Journal of Human Hypertension*, vol. 16, p.359-361.
3. BARTUŇKOVÁ, S. (2010) *Stres a jeho mechanismy*. Praha: Karolinum.138 s.

4. BAXA, J., FERDA, J. (2012) *Multidetektorová výpočetní tomografie srdce*. Praha: Galén, 213 s.
5. BAXA, J., FERDA, J., ROKYTA, R. a spol. (2009) Úloha magnetické rezonance v diagnostice akutní myokarditidy. *Čes. Radiol*, roč. 63, č.1, s.13-19.
6. BOEHMEKE, T., DOLIVA, R (2008) *Echokardiografie*. Kapesní atlas. Praha: Grada Publishing. 232 s.
7. CLARKE, B., HOWLET, J. (2012) Zapojení monitorovací techniky do léčby srdečního selhání, *Current opinion in Cardiology*, no. 5, p. 25-30.
8. CORTI, R. (2006) Non-invasive imaging of atherosclerotic vessels by MRI for clinical assessment of the effectiveness of therapy. *Pharmacol Ther*, vol. 110, no. 1, p.57-70.
9. ČSN ISO 1000 (01 1301) (1997) Praha: Český normalizační institut.
10. DIABERI, R., BEISHUIZEN, E.D., PEREIRA, A.M. et al. (2008) Non-invasive cardiac imaging techniques and vascular tools for the assessment of cardiovascular disease in type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*, vol. 51, no. 9, p. 1581-1593.
11. DOBIÁŠ, M., FABIÁN, V. (2006) Význam metrologie pro měření krevního tlaku. *Lékař a technika*, roč. 36, č.1, s.16-17.
12. HEAD, G.A., Mc GRATH, B., MIHALIDIOU, A.S. et al (2012) Ambulatoční monitorování krevního tlaku v Austrálii: konsenzuální stanovisko 2011, *Journal of Hypertension*, vol. 3, no. 2, s. 55.
13. FEJFAR, Z., PŘEROVSKÝ I et al. (1980) *Patofyziologie krevního oběhu*. Praha: Avicenum. 431 s.
14. FILIPOVSKÝ, J., WIDIMSKÝ, J. jr, CERAL, J. a spol. (2013) Nová česká doporučení pro diagnostiku a léčbu hypertenze. *Postgraduální medicína*, č.1, s. 81-82.
15. FISHMAN, P.A, ANDERSON, M.L., COOK, A.J. et al. (2011) Accuracy of blood pressure measurements reported in an electronic medical record during routine primary care visits. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. vol. 13, no.11, p. 821-8.
16. CHALOUPECKÝ, V., REICH, O., JANOUŠEK, J. a spol. (2011) Pohybová a sportovní aktivita u dětí a mladistvých s kardiovaskulárním onemocněním, *Cor et Vasa*, roč. 53, s. 86-103.
17. CHALOUPECKÝ, V., REICH, O., JANOUŠEK J. a spol. (2011) Všeobecná doporučení pro pohybovou a sportovní aktivitu u dětí a mladistvých s kardiovaskulárním onemocněním. *Med Sport Boh Slov*, roč. 21, č.4, s. 167-206.
18. CHOBANIAN. A.V., BAKRIS, G.L., BLACK, H.R. et al. (National Heart, Lung, and Blood Institute Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure; National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee (2003) *The Seventh Report of the Joint National Committee on*

Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *JAMA*. vol. 289, no. 19, p. 2560-2572.

19. CHOLT, M. (2013) *Cévní sonografie*, Praha: Grada Publishing, 328 s.
20. CHYU, L., MC DADE, T.W., ADAM, E.K. (2011) Measured blood pressure and hypertension among young adults: a comparison between two nationally representative samples, *Biodemography Soc Biol.*, vol. 57, no. 2, p. 184-199.
21. KNIGHT T, LEECH F, JONES A. et al. (2001) Sphygmomanometers in use in general practice: an overlooked aspect of quality in patient care. *Journal of Human Hypertension*. vol. 15, p. 681-684
22. MARKANDU, N.D., WHITCHER, F., ARNOLD, A.C. et al. (2000) The mercury sphygmomanometer should be abandoned before it is prescribed. *Journal of Human Hypertension*, vol.14, p. 31-36.
23. MARON, B.J., CHAITMAN, D., ACKERMAN, M.J. et al (2004) Recommendation for physical activity and recreational sport participation for young patients with genetic cardiovascular diseases. *Circulation* vol. 109, p. 2807-2816.
24. MILLER, E.R. 3rd, JEHN, M.L. (2004) New high blood pressure guidelines create new at-risk classification: changes in blood pressure classification by JNC 7. *J Cardiovasc Nurs*. vol. 19, no.6, p.367-371.
25. MITOFF, P.R., BEAUCHESNE, L., DICK, A.J. et al. (2012) Zobrazení selhávající pravé srdeční komory, *Current Opinion in Cardiology*, no.5, p. 45-49.
26. OGEDEGBE, G., PICLERING, T. (2010) Principles and techniques of blood pressure measurement. *Cardiol Clin*. vol. 28, no. 4, p.571-86.
27. PALMA, G., GIORDANO, R., RUSSOLILO, V. et al. (2011) Hypertension in adult after operation of aortic coarctation, *J. Cardiovasc. Surg*, vol. 52, no. 6, 873-876.
28. PAVLU, R., VODIČKOVÁ, S. (2011) Vliv polohy a místa měření na změnu hodnot systolického krevního tlaku, *Rehabilitácia*, roč. 48, č. 3, s.131-136.
29. PAVLU, R., VODIČKOVÁ, S. (2012) Vliv bicyklové ergometrie a pasivní vertikalizace na změny tlakového gradientu a srdeční frekvence u dívek 11-13 let, *Rehabilitácia*, roč. 49, č. 2, s.103-109.
30. PELLICCIA, A., ZIPES, D.P., MARON, B.J. (2008). 36th Bethesda Conference and the European Society of Cardiology Consensus Recommendations revisited a comparison of U.S. and European criteria for eligibility and disqualification of competitive athletes with cardiovascular abnormalities. *J Am Coll Cardiol*, vol. 52, p. 1990-1996.
31. POULIOU, T., KI, M., LAW, C., LI, L., POWER, CH. (2012) Fyzická aktivita a sedavý způsob života v různém věkovém období a krevní tlak u dospělých v britské kohortě narozených v roce 1958, *Journal of Hypertension*, vol. 3, no. 2, p. 54.

32. RADVANSKÝ, J., MATOUŠ, M. (1999a) Hypertenze dětí a adolescentů z pohledu funkční diagnostiky. *Čs. Pediat.*, 55, roč. 54, č.5 s. 232-236.
33. RADVANSKÝ, J. MATOUŠ, M., VÁVRA, J. a spol. (1999b) Vztah rychlosti pulzové vlny k parametrům zátěžového vyšetření dětských a adolescentních pacientů s esenciální hypertenzí. *Med Sport Boh Slov*, roč.8, č. 2, s. 44-47.
34. RADVANSKÝ, J. (1999c) Zátěžové testování dětí a adolescentů s vrozenými srdečními vadami. Habilitační práce. Praha: Akát. 120 s.
35. RADVANSKÝ, J., CHALOUPECKÝ, V. (2013) Doporučení pro pohybovou a sportovní aktivitu u dětí a mladistvých s kardiovaskulárním onemocněním. Abstrajt z konference Tělovýchovného lékařství, Poděbrady 2013. *Med Sport Boh Slov*, roč. 22, č.1, s.14.
36. SAHA, I., PAUL, B., MUKHERJEE, A., BISWAS, R. (2011) Validity of WHO criteria for adolescent hypertension, *East Afr. J. Public Health*, vol. 8, no. 2, 135-137.
37. SEGAN, J.C. (2006) *Concise Dictionary of Modern Medicine*. 2nd rev. ed. McGraw-Hill Education-Europe. 765 p.
38. SKALICKÁ, H., BRUTHANS, J., HRADEC, J. (2011) Příprava kardiaka k nekardiální operaci, *Cor et Vasa*, roč. 53, s. 78-85.
39. THOLL, U., FORSTNER, K., AUFLAUF., M. (2004) Measuring blood pressure: pitfalls and recommendations. *Nephrol Dial Transplan*, vol. 19, p. 766-770.
40. TAO, G., CHEN, Y., WEN, C., BI, M. (2011) Statistical analysis of blood pressure measurement errors by oscilometry during surgical operations, *Blood Press Monit*, vol. 16, no. 6, p. 285-290.
41. WADWA, R.P. (2007) Noninvasive measure of cardiovascular change in diabetes mellitus. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. vol.14, no.4, p. 263-268.
42. WANG, W., XIE, L.X, LIU, L., AI, X.H., ZHANG, J., S. et al. (2011) Agreement comparison between home and clinic blood pressure measurement in 200 Chinese participans, *Blood Press Monit.*, vol. 16, no. 6, p. 277-281.
43. WARD, A.M., TAKAHASHI, O., STEVENS, R. et al (2012) Domácí měření krevního tlaku a kardiovaskulární onemocnění: systematický přehled a metaanalýza prospektivních studií, *Journal of Hypertension*, vol. 3, no. 2, p. 31-39.
44. WAUGH, J.J.S., GUPTA, M., RUSHBROOK, J. et al. (2002) Hidden errors of aneroid sphygmomanometers. *Blood Pressure Monitoring*; vol.7, p. 309-312.
45. WIDIMSKÝ, J. jr, CERAN, J., CÍFKOVÁ, R. (2007) Diagnostické a léčebné postupy u arteriální hypertenze. Doporučení České společnosti pro hypertenzi. *Vnitř. Lék.*, roč. 58, č.10, s. 785-801.

Internetové odkazy:

(<http://www.hypertenze.eu>)

(<http://www.hypertenze.eu/tonometry/vice-o-tonometrech.cz>)

(<http://www.ikem-kardiologie.cz/cs/o-nas/historie/>)