

612.171-087:616.12-07:31.66-073.96:613.693

BALISTOKARDIOGRAFICKÁ SÍLA SRDEČNÍ KONTRAKCE U VOJENSKÝCH A CIVILNÍCH PILOTŮ

Pik. MUDr. V. HORÁČEK, pplk. MUDr. J. SVAČINKA, CSc.
Ústav leteckého zdravotnictví, Praha

V současné době se věnuje rozvoji neinvazivních metod vyšetřování kardiovaskulárního systému opět zvýšená pozornost. Jejich velkou výhodou je, že neobtěžují ani nenarušují stav vyšetřované osoby, přičemž dovolují časté opakované měření. Současný pokrok ve využití těchto metod je dán jednak technickým rozvojem, jednak novými poznatky získanými metodami invazivními i neinvazivními a jejich vzájemnou korelací. Již dříve jsme získali určité zkušenosti s vysokofrekvenční balistokardiografií (HF-BKG-Dy stůl, Galileo R-63a — podle Starra) [3—4], a proto jsme přivítali možnost využití dalšího pokroku v této oblasti, který je reprezentován československou metodou kvantitativní balistokardiografie [9].

Vývoj balistokardiografie vedl především k poznání, že přesnější informaci poskytují přístroje, jež pracují s podstatně pomalejší nebo rychlejší vlastní frekvencí vibrací [ultralow nebo super-high frequency, tedy 0,1 až 0,3 Hz nebo 1000—10 000 Hz]. Takovéto frekvenční charakteristiky jsou značně vzdálené od vibrační charakteristiky těla. Informace o srdečních silách je proto jen minimálně ovlivněna vzájemnou vibrační interferencí. V našich podmínkách jsme zvolili ekonomicky dostupnou meto-

diku, prostorově nenáročnou a jednoduchou při snímání záznamu. Přístroj registruje longitudinální vektory kardiovaskulárních sil, avšak na rozdíl od jiných metodik, u osoby vzpřímeně sedící ze speciálně upraveného sedadla židle. Piezoelektrický snímač má při zatížení osobou 100 kg těžkou vlastní frekvenci kolem 1000 Hz a umožňuje přímo měřit sílu srdeční kontrakce. Přístroj lze kalibrovat. Oproti ostatním přístrojům je styk přístroje s měkkými tkáněmi těla minimální, a proto přenos informace je dokonalější.

Trefný se spolupracovníky publikovali již řadu prací o této metodice u nás i v zahraničí. Zhodnotili fyzikální i fyziologické principy metodiky, prokázali její opodstatněnost a citlivost, vyšetřili reprezentativní skupiny populace civilního obyvatelstva [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. Ve shodě s autory pracujícími jinou metodikou se ukázalo, že se síla srdeční mění v závislosti na věku, jakož i na celé řadě různých fyziologických faktorů.

Pokusili jsme se proto vypracovat normy balistokardiografické síly srdeční u tzv. zdravé československé pilotní populace v závislosti na věku. Současně nás zajímala otázka porovnání síly srdeční kontrakce u civilních a vojenských

pilotů. Teoreticky je tento náš zájem opodstatněný, poněvadž sledujeme úzce výběrovou část mužské populace, která prošla náročným zdravotním a profesionálním výběrem a která má u vojenských pilotů během celé kariéry řízený režim dne. Civilní letci sice mají jiný režim dne, většina z nich však řadu let létala v rámci ČSLA. Proto jsme také srovnali výsledky našich vyšetření s těmi, jež získali Trefný a Seliger [16] vyšetřením české civilní mužské populace. Pokusili jsme se dále získat vlastní názor na spolehlivost a reprodukovatelnost vyšetření metodou kvantitativní balistokardiografie.

Materiál a metody

Metodou kvantitativní balistokardiografie podle Trefného a Seligera [17] jsme vyšetřili dva soubory pilotů. V prvním bylo 345 vojenských pilotů (pilotní žáci VVLŠ a piloti ČSLA) ve věku 20–49 let, ve druhém 96 pilotů Československých aerolinií (ČSA) ve věku 30–54 let. Všichni byli vyšetřeni Leteckou lékařskou komisí, subjektivně se cítili zdraví, u žádného z nich nebyly zjištěny závažnější choroby, které by mohly ovlivnit oběhový a respirační aparát. Z vyšetření jsme vyřadili osoby s vegetativní labilitou, se sklonem k arteriální hypertenzi, s hodnotami TK vyššími než 18/12 kPa, dále osoby, které udaly v osobní anamnéze chorobu, jež by mohla zanechat následky na kardiovaskulárním systému, osoby otlé (mimo hranici Brockova indexu + 10 %) a ty, jež udaly u rodičů výskyt cukrovky a úmrtí na mozkovou mrtvici nebo srdeční chorobu do 60 let věku. Žádný z vyšetřovaných neužíval léky. Pro stanovení spolehlivosti a reprodukovatelnosti výsledků jsme v časovém odstupu 1 dne opakovaně vyšetřili 20 mužů ve věku 18–53 let a 6 žen ve věku 20–51 let. Vyšetřované osoby byly vybrány náhodným způsobem z ambulantních pacientů a zaměstnanců ústavu.

Vlastní vyšetření jsme prováděli u vzpřímeně sedící osoby na speciální kovové židli s opěradlem. Sedadlo je fixováno ve třech bodech, jež tvoří rovnoměrný trojúhelník. Kulovitý kontakt piezoelektrického snímače (který nasedá na křemenný krystal) je umístěn ve vrcholu tohoto trojúhelníku pod kostrčí a páteří, jež stojí nad snímačem víceméně kolmo. Trup a stehna svírají úhel 90°, chodidla nohou se plnou plochou opírají o podlahu. Zápis balistokardiografické křivky jsme prováděli při zadržení dechu v nenásilném lehkém inspiriu. Přístroj byl kalibrován 100g závažím, cejch křivky 1 cm odpovídal síle 1 newtonu. Teplota vzduchu ve vyšetřovací místnosti kolísala mezi 22–24 °C. Vyšetřovaní byli seznámeni s cílem a průběhem vyšetření. Shodně s Trefným a Seligerem [16] jsme nevyšetřovali naše letce v bazálních podmínkách, protože chceme tuto metodiku využít především v běžném nemocničním provozu pro diagnostické účely a při screeningu kardiovaskulárních onemocnění.

Požadovali jsme však, aby letci nebyli nejméně 1 hod. před vyšetřením fyzicky a psychicky zatěžováni, aby byli alespoň 2 hod. po lehké snídani aby aspoň 1 hod. před vyšetřením nekouřili. Před vyšetřením seděl každý 15 minut v čekárně a poté ještě 5 minut před zápisem na židli. U každého vyšetřovaného jsme registrovali na jednosvodovém EKG přístroji Hellige-Simpliscriptor při posunu papíru rychlostí 50 mm . s⁻¹ nejméně 6 balistokardiografických komplexů. Z 5 dobře kreslených jsme stanovili amplitudu HI, IJ a JK a srdeční frekvenci. Z těchto hodnot při znalosti hmotnosti vyšetřované osoby jsme vypočítali parametry balistokardiografické křivky.

Ke zpracování získaných výsledků jsme použili vhodných matematicko-statistických metod. Výpočty byly provedeny na stolním počítači Olivetti-Programma P 102.

Výsledky

1. Hodnoty parametrů balistokardiografické křivky u pilotů ČSLA a ČSA.

U souboru vojenských letců jsme provedli statistický rozbor všech systolických amplitud balistokardiografické křivky (HI, IJ, JK) vztahených k tělesné hmotnosti, dále balistokardiografické síly srdeční (F), balistokardiografické minutové srdeční síly (MF) i hodnot F . kg⁻¹ a MF . kg⁻¹. Z relativně velkého počtu statistických dat uvádíme v tab. 1 nejdůležitější — F, MF, F . kg⁻¹ a MF . kg⁻¹.

Můžeme konstatovat, že všechny hodnoty, s výjimkou srdeční frekvence, se s věkem zmenšují. Hodnoty srdeční frekvence v jednotlivých věkových skupinách sice významně kolísají (F=5,701, p<0,01), tyto rozdíly však nekorelují s věkem. Analýza rozptylu u všech testovaných parametrů balistokardiogramu prokázala významné rozdíly (pro HI . kg⁻¹ F=18,0; p<0,01, pro IJ . kg⁻¹ F=5,5; p<0,01, pro F . kg⁻¹ F=10,333; p<0,01, pro MF . kg⁻¹ F=7,325; p<0,01).

Podrobnější dynamikou změn s věkem jsme se zabývali u parametru F . kg⁻¹. Balistokardiografická síla srdeční klesá plynule s věkem, přičemž pokles je největší při srovnání věkových skupin 25–29 let a 30–34 let. Zde je pokles statisticky vysoce významný (t=2,59; sv.). Položili jsme si otázku, zda tento pokles nějak souvisí se vzestupem tělesné hmotnosti. Z tab. 2 vyplývá, že hmotnost stoupá do 35 let a vzestup je plynulý, ve vyšším věku již kolísá bez vztahu k věku (F=3,70; p<0,01). Navíc všechny rozdíly hmotnosti z hlediska věkové řady vždy vedlejších hodnot jsou nevýznamné. Srovnáme-li stejným způsobem parametr F (tab. 1), pak analýza rozptylu prokazuje významné rozdíly (F=6,384; p<0,01), avšak při testování významnosti rozdílu z hlediska věkové řady vždy vedlejších hodnot je pouze rozdíl mezi věkovými skupinami 25–29

let a 30—34 let na hranici statistické významnosti ($t=1,807$; sv. 339; $p<0,1$). Náhlý pokles síly srdeční systoly na počátku 4. věkové dekády tedy nelze vysvětlit náhlou změnou tělesné hmotnosti.

V souboru civilních pilotů jsme zhodnotili stejné parametry balistokardiografické křivky a srdeční frekvenci jako v souboru vojenských pilotů. V tab. 3 — obdobně jako v tab. 1 — demonstrujeme vztah balistokardiografické síly srdeční a minutové srdeční síly k věku a váze u pilotů ČSA. Zde jsme měli možnost vyšetřovat osoby starší 30 let. U hodnot balistokardiografické křivky nelze zjistit jednoznačný pokles s věkem. Analýzou rozptylu jsme zde rovněž

nezjistili významné rozdíly (pro srdeční frekvenci $F=1,32$; NS, pro $HI \cdot kg^{-1} F=1,0$; NS, pro $IJ \cdot kg^{-1} F=2,00$; NS, pro $F \cdot kg^{-1} F=1,33$; NS, pro $MF \cdot kg^{-1} F=1,395$; NS).

U parametru $F \cdot kg^{-1}$ jsme provedli srovnání výsledků získaných u pilotů ČSLA s výsledky u pilotů ČSA. Porovnání stejných věkových skupin neprokázalo statisticky významné rozdíly.

2. Srovnání balistokardiografické srdeční síly vojenských pilotů s českou mužskou civilní populací.

Trefný a Seliger [16] publikovali výsledky měření na vzorku české mužské civilní populace. Naše výsledky jsme proto roztřídili do srov-

Tab. 1

Střední hodnoty a směrodatné odchylky kvantitativních parametrů balistokardiografické křivky a jejich vztah k věku a váze u pilotů ČSLA

Věk	Počet	F	$F \cdot kg^{-1}$	MF	$MF \cdot kg^{-1}$
20–24 let	78	$1,5629 \pm 0,4523$	$0,0217 \pm 0,0054$	$101,3966 \pm 33,4657$	$1,4134 \pm 0,4754$
25–29 let	32	$1,5645 \pm 0,5006$	$0,0215 \pm 0,0070$	$109,6445 \pm 38,1174$	$1,5159 \pm 0,5684$
30–34 let	43	$1,3764 \pm 0,4616$	$0,0183 \pm 0,0063$	$92,0149 \pm 31,9934$	$1,2266 \pm 0,4359$
35–39 let	61	$1,2677 \pm 0,4200$	$0,0170 \pm 0,0054$	$80,7593 \pm 30,2377$	$1,0882 \pm 0,4308$
40–44 let	77	$1,2691 \pm 0,4134$	$0,0169 \pm 0,0054$	$82,4860 \pm 29,3780$	$1,1013 \pm 0,4056$
45–49 let	54	$1,2658 \pm 0,4414$	$0,0168 \pm 0,0054$	$89,5205 \pm 31,4942$	$1,1958 \pm 0,4666$

(F = balistokardiografická síla srdeční, MF = minutová srdeční síla, $MF = F \cdot \text{min}^{-1}$)

Tab. 2

Hmotnost pilotů ČSLA (kg)

Věková kategorie	$\bar{x}$	s^2	s	n
20–24 let	71,96	42,52	6,52	78
25–29 let	73,35	39,62	6,29	32
30–34 let	75,56	74,58	8,64	43
35–39 let	74,81	46,60	6,83	61
40–44 let	75,54	28,77	5,36	76
45–49 let	76,18	50,61	7,11	54

natelných věkových kategorií a v parametru $F \cdot kg^{-1}$ jsme je vzájemně porovnali (graf 1).

Ukazuje se, že ve 3.—5. věkové dekádě má vojenská pilotní populace významně vyšší sílu srdeční systoly, ale pokles s věkem je strmější. Tyto rozdíly nemají vztah k rozdílu hmotnosti, neboť zatímco nejmladší věková skupina pilotů má s civilní populací prakticky stejnou hmotnost, je vyšetřovaná civilní populace ve 4. a 5. věkové dekádě asi o 3—4 kg těžší.

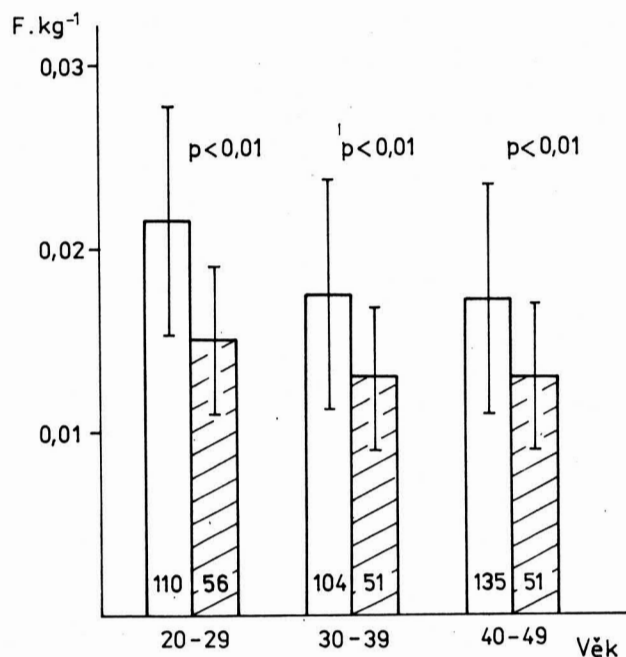
3. Spolehlivost (reliabilita) a reprodukovatelnost kvantitativního balistokardiogramu při měření balistokardiografické síly srdeční.

Na 26 osobách (20 mužů a 6 žen) jsme při běžném ambulantním provozu provedli opako-

Tab. 3

Střední hodnoty a směrodatné odchylky kvantitativních parametrů balistokardiografické křivky a jejich vztah k věku a váze u pilotů ČSA

Věk	Počet	F	$F \cdot kg^{-1}$	MF	$MF \cdot kg^{-1}$
30–34 let	9	$1,3681 \pm 0,3434$	$0,0192 \pm 0,0044$	$108,8246 \pm 34,7285$	$1,5338 \pm 0,4908$
35–39 let	22	$1,5257 \pm 0,5990$	$0,0200 \pm 0,0077$	$109,8903 \pm 48,7353$	$1,4693 \pm 0,6339$
40–44 let	20	$1,3744 \pm 0,4035$	$0,0178 \pm 0,0054$	$104,6248 \pm 31,4451$	$1,2355 \pm 0,4069$
45–49 let	31	$1,2884 \pm 0,3931$	$0,0167 \pm 0,0054$	$93,1003 \pm 33,6700$	$1,1975 \pm 0,4390$
50–54 let	14	$1,4422 \pm 0,3365$	$0,0201 \pm 0,0054$	$101,3361 \pm 29,3091$	$1,4193 \pm 0,5112$



Graf 1. Balistokardiografická síla srdeční ($F \cdot \text{kg}^{-1}$) u české mužské civilní populace (šrafované sloupce, Trefný & Seliger 1975) a u pilotů ČSLA (prázdné sloupce, vlastní výsledky). Čísla uvnitř sloupců = N .

vané vyšetření s odstupem jednoho dne. Jednalo se o zaměstnance ústavu, kteří nebyli v době vyšetření léčeni a pracovali, dále pak o ambulantní pacienty, z nichž žádný netrpěl vážným onemocněním. Spolehlivost jsme testovali metodami korelační analýzy, reprodukovatelnost výsledků párovým t -testem, jakož i výpočtem chyby jednoho měření.

Metodami korelační analýzy jsme hodnotili srdeční frekvenci (jako referenční hodnotu), $F \cdot \text{kg}^{-1}$ a $MF \cdot \text{kg}^{-1}$. Pro srdeční frekvenci jsme zjistili $r=0,701$; $p<0,01$, pro $F \cdot \text{kg}^{-1}$ $r=0,691$; $p<0,01$, pro $MF \cdot \text{kg}^{-1}$ $r=0,688$; $p<0,01$.

Jestliže jsme z hodnocení vyloučili 5 párových měření, u nichž byly rozdíly v srdeční frekvenci větší než 10 tepů, našli jsme pro srdeční frekvenci $r=0,891$; $p<0,01$, pro $F \cdot \text{kg}^{-1}$ $r=0,829$; $p<0,01$, pro $MF \cdot \text{kg}^{-1}$ $r=0,878$; $p<0,01$.

Párovým t -testem jsme u hodnocených parametrů neprokázali významné rozdíly. Pro srdeční frekvenci $t=1,208$; NS, pro $F \cdot \text{kg}^{-1}$ $t=0,322$; NS, pro $MF \cdot \text{kg}^{-1}$ $t=0,180$; NS.

Zjištěná chyba jednoho měření a její relativní vyjádření u vybraných parametrů jsou znázorněny v tab. 4. Hodnoty pro srdeční frekvenci jsou vyjádřeny jako referenční parametr. Z těchto výsledků vyplývá, že nejlepší reprodukovatelnost mají parametry $F \cdot \text{kg}^{-1}$ a $IJ \cdot \text{kg}^{-1}$.

Diskuse

Ve shodě s nálezy Trefného a Seligera [16] u české mužské civilní populace jsme i my zjistili u vojenských pilotů pokles hodnot vybraných kvantitativních balistokardiografických

Tab. 4

Chyba jednoho měření a její relativní vyjádření u vybraných parametrů balistokardiogramu ($2n=52$)

Parametr	S.E.	$\frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}{2}$	$\frac{\text{S.E.}}{\frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}{2}} \cdot 100$ (%)
SF	6,312	70,607	8,939
HI.kg ⁻¹	0,002863	0,011645	24,585
IJ.kg ⁻¹	0,00366	0,029417	12,441
JK.kg ⁻¹	0,004722	0,019871	23,763
F.kg ⁻¹	0,002701	0,020309	13,299
MF.kg ⁻¹	0,272693	1,449524	18,812

charakteristik s věkem. Tyto výsledky souhlasí se staršími i novějšími nálezy získanými jinými balistokardiografickými technikami [7, 8, 6, 1, 20]. Vlastní příčina těchto změn, stejně tak jako i u jiných funkčních charakteristik organismu, je jistě multifaktoriální, není však přesně známa. Obecně lze hovořit o projevech fyziologického a patologického stárnutí, za nimiž se skrývají změny metabolické i pokles výkonnosti různých funkčních systémů. Rozbor této problematiky není předmětem této práce. Předložené výsledky však upřesňují pro nás pracovní normu pro vyšetřování československých letců.

Zajímavá je také dynamika poklesu balistokardiografické síly srdeční (srdeční výkonnosti) s věkem, jak jsme ji zjistili u vojenské pilotní populace. Pokles s věkem je sice trvalý, ale není rovnoměrný. Náhlý skok zjišťujeme na rozhraní 3. a 4. decenia. Tento výsledek bychom mohli vysvětlovat pomocí různých hypotéz, neboť vlastní příčinu zatím neznáme. Je to však nález, který u této populace by měl v budoucnosti vést k dalšímu studiu. Je např. pozoruhodné, že na stejné populaci byl ve stejném věkovém období zjištěn náhlý vzestup výskytu poruch tukového metabolismu i vzestup lipidových komponent obecně. [5]. A to by mohla být jedna z příčin zhoršování funkce kardiovaskulární soustavy (ateroskleróza!), a tím i poklesu srdeční výkonnosti. V žádném případě nelze náš nález vysvětlit pouze vzestupem tělesné hmotnosti, neboť ten nemá ani tak výrazné maximum, ani není kvantitativně natolik závažný.

Srovnáme-li naše výsledky s nálezy Trefného a Seligera [16] u české mužské civilní populace, získanými stejnou technikou, zjišťujeme 2 výrazné rozdíly. Především je hodnota balistokardiografické síly srdeční $F \cdot \text{kg}^{-1}$ u vojenské pilotní populace ve 3. — 5. deceniu významně vyšší, zvláště pak v nejmladší věkové kategorii. Dále pak pokles s věkem je u vojenských letců strmější. Tyto nálezy jsou zřejmě podmíněny výběrem k letecké profesi a také tím, že v každém věkovém období vyšetřu-

jeme jen ty osoby, které nebyly z letecké služby vyřazeny pro nemoc. Strmější pokles by mohl souviset s tím, že tělesně zdatné osoby, které jsou vybírány k letectvu, si v pozdějších věkových obdobích tuto zdatnost vlivem různých okolností neudrží. V české mužské civilní populaci není vyjádřen výrazný pokles na rozhraní 3. a 4. decenia. Tam byl zjištěn výraznější pokles až po 45. roce věku. My jsme vojenské piloty v 6. deceniu neměli možnost vyšetřit, nehledě k tomu, že tato věková kategorie je početně velmi slabá a vysoce selektovaná.

U pilotů ČSA, které jsme mohli vyšetřit v poměrně úzkém věkovém rozmezí, jsme obdobné trendy jako u vojenských pilotů zjistit nemohli. Je to zřejmě dáno úzkým věkovým rozmezím, a daleko menší četností jednotlivých skupin, a tím i menší reprezentativností jednotlivých vzorků souboru. Informační hodnotu má ovšem nálezk, že v parametru $F \cdot \text{kg}^{-1}$ se vojenští i civilní piloti v odpovídajících věkových skupinách významně neliší. Je to dobře pochopitelné, protože civilní piloti mají za sebou kariéru vojenského pilota a byli tudíž vybíráni podle stejných kritérií. Nález relativně vysoké hodnoty srdeční síly u civilních pilotů ve věkové skupině 50–54 let svědčí pro náš názor, že podobné skupiny (6. decenium) jsou vždy vysoce selektované. Právě osoby s velkou hodnotou balistokardiografické síly srdeční (pokud se ovšem nejedná o patologický hyperkinetický syndrom) jsou v průměru odolnější proti kardiovaskulárním onemocněním, mají zřejmě celkově lepší biologický status a tudíž i lepší profesionální prognózu.

Spolehlivost (reliabilita) a reprodukovatelnost vyšetření je jedním z důležitých předpokladů racionálního využití každé metody ve výzkumu i v klinické praxi. I když se ve vztahu k neinvazivním metodám vyšetřování kardiovaskulárního systému o těchto otázkách často diskutuje, nedostává se zpravidla spolehlivých a ověřených výsledků, umožňujících posoudit tuto otázku. Teprve v poslední době se začínají objevovat práce všímající si také této důležité problematiky [2, 19]. Při studiu těchto otázek (tj. reliability, reprodukovatelnosti, senzitivity, specifity atd.) se často postupuje tak, že se k měření vybere soubor osob a pracuje se v podmínkách, které nejsou reprezentativní pro populaci i situaci, ve kterých pak metoda bude skutečně použita. Získají se tak sice přesvědčivé výsledky, ty jsou však ve skutečnosti „nadlepšeny“ a zpravidla je nelze v pozdější praxi ani v pracích jiných autorů potvrdit. Příčiny lze ukázat rozbořem s využitím určitých matematicko-statistických postupů, na tyto otázky však zde nechceme zacházet. Abychom se vyhnuli tomuto zkreslení, provedli jsme tuto část studie tak, že jsme vybrali k měření náhodný vzorek ambulantních pacientů a zaměstnanců ústavu a ne vzorek pilotů ve velmi dobrém zdravotním stavu. Navíc jsme vyšetření prováděli v podmínkách běžné-

ho ambulantního klinického provozu a ne při rigorózním laboratorním režimu, časově velmi náročném. Tyto postupy vedou zpravidla k horším výsledkům, jejich výhodou je však skutečnost, že jsou pro pozdější využití metodiky reprezentativnější. Rozdíly ve výsledcích při opakování měření s určitým časovým odstupem představují součet variabilit měřeného objektu, pozorovatele nebo experimentátora a tzv. technických chyb měření. Měřený objekt je živým, dynamickým systémem, který se neustále mění. Přitom např. právě kardiovaskulární systém patří mezi živě reagující, vysoce dynamické systémy organismu. Je zřejmé, že čím citlivější metoda měření a čím větší variabilita měřených veličin, tím horší bude opakovatelnost měření. Klinik chce však spíše výsledky „konstantnější“, což je mnohdy v rozporu s možnostmi vysoce citlivých metodik. Na druhé straně dynamické vyšetřování vyžaduje právě citlivé metody a měření ve značném rozsahu reagujících parametrů. Je zřejmé, že to vše jsou často protikladné požadavky, dané samou podstatou věci, a že úspěšné řešení samotného problému často závisí na rozumném kompromisu, jinými slovy, na určité optimalizaci celého procesu definice problému, vlastní vyšetřovací metody a vyšetření, jakož i hodnocení získané informace.

V našich měřeních jsme zjistili velmi dobrou reprodukovatelnost výsledků měření u nejvýznamnějších parametrů kvantitativního balistokardiogramu, tj. balistokardiografické srdeční síly a minutové srdeční síly. Párovým t-testem se nám nepodařilo prokázat při opakování měření významné rozdíly. Metoda má při srovnání stejně dobrou reprodukovatelnost, jako např. měření systolických časových intervalů, jak ukazují výsledky Wolfoho et al. [19]. Tito autoři měřili dále reliabilitu metodami korelační analýzy. Použili jsme stejného postupu a došli jsme rovněž ke srovnatelným výsledkům. Navíc jsme mohli ukázat, že vyloučení 5 měření, kdy nebyly bezpečně při opakování přibližně shodné podmínky (rozdíly ve srdeční frekvenci až kolem 30 tepů), podstatně zlepšily reliabilitu výsledků. Lze říci, že reliabilita námi použité metody je dobrá, při větší pozornosti k podmínkám měření až velmi dobrá. Podle našeho názoru tyto výsledky ukazují na značnou citlivost námi použité metodiky k různým proměnným celé experimentální situace. Výpočet chyby jednoho měření potvrzuje dobrou reprodukovatelnost výsledků a navíc diferencuje z tohoto hlediska hodnotu jednotlivých parametrů. Výsledky potvrzují oprávněnost užívání parametru $F \cdot \text{kg}^{-1}$ jako jednoho ze základních. Můžeme je srovnat s reprodukovatelností apexokardiografických měření [2]. U nenormalizovaných veličin se reprodukovatelnost, vypočítaná obdobným způsobem, pohybovala mezi 28 až 42 %. U normalizovaných hodnot činila 11–15 %. Srovnání našich výsledků tedy opět potvrzuje velmi dobrou reprodukovatelnost měření metodou kvantitativní

balistokardiografie. Je ovšem třeba standardizovat podmínky měření.

Závěr

Balistokardiografická síla srdeční (jako parametr srdeční výkonnosti) klesá u československého vojenského létajícího personálu s věkem. Lze to považovat za projevy fyziologického a patologického stárnutí.

U československého vojenského létajícího personálu dochází na počátku 4. decenia k náhlému skokovému poklesu balistokardiografické síly srdeční. Tento nálezn lze vysvětlit náhlou změnou tělesné hmotnosti. Nebyl zjištěn u české mužské civilní populace, může se proto jednat o nález do určité míry specifický pro vojenský létající personál. Objasnění tohoto fenoménu si zaslouží další pozornosti.

Českoslovenští civilní piloti mají ve srovnatelných věkových skupinách stejnou balistokardiografickou sílu srdeční jako československý vojenský létající personál.

Československý vojenský létající personál má ve 3. — 5. deceniu ve srovnání s českou mužskou civilní populací vysoce významně vyšší balistokardiografickou sílu srdeční, její pokles s věkem je však strmější. Tyto nálezy vysvětlujeme jednak způsobem výběru k letecké profesi, kdy jsou vybírány osoby tělesně i biologicky zdatnější, dále tím, že v každém věkovém období vyšetřujeme selektovaný populační vzorek (s vyloučením osob vyřazených z letecké služby pro nemoc), strmější pokles síly souvisí podle našeho názoru jednak s vyšší počáteční hodnotou, jednak s tím, že tělesně zdatné osoby, vybrané k letectvu, v pozdějších věkových obdobích tuto zdatnost vlivem různých okolností ztrácejí.

Vyšetření metodou kvantitativní balistokardiografie má velmi dobrou reprodukovatelnost a dobrou reliabilitu.

Metoda kvantitativní balistokardiografie je vhodná ke klinickému využití v podmínkách všech kardiologických pracovišť.

Souhrn

Autoři prostudovali u československých vojenských a civilních pilotů změny balistokardiografických parametrů související s věkem. Z porovnání s nálezy u české mužské civilní populace vyplývají pro pilotní populace některé specifické odchylky. Jejich příčiny jsou v práci diskutovány.

Metoda kvantitativní balistokardiografie měřící srdeční sílu (srdeční výkonnost) má velmi dobrou reprodukovatelnost a dobrou reliabilitu, plně srovnatelnou s jinými uznávanými neinvazními metodami vyšetření kardiovaskulárního systému. Je proto dobře využitelná v klinické i preventivní kardiologii.

Literatura

1. Band, W. - Goedhart, W. J. A. - van Nie, C. J. - van Dijk, G. - Riedijk, W. W. J.: Atherosclerosis and Cardiovascular Aging. *Bibl. Cardiol.*, 35, 1976, s. 216 až 220.
2. Deneff, B. - Popeye, R. - De Geest, H. - Kesteloot, H.: On the Clinical Value of Calibrated Displacement Apexcardiography. *Circulation*, 51, 1975, s. 541.
3. Horáček, V. - Svačinka, J.: Balistokardiografické křivky zdravých žáků VLÚ a pilotů středního věku na vysokofrekvenčním stole R-63 a Galileo. Ústav leteckého zdravotnictví, Praha. *Publ. č.* 118, 1968, 71. s.
4. Horáček, V. - Svačinka, J.: Balistokardiografická studie stárnutí československých letců a vztah k některým klinickým a laboratorním vyšetřením. Ústav leteckého zdravotnictví, Praha. *Publ. č.* 192, 1973, 75 s.
5. Makoč, Z. - Vorel, F. - Svačinka, J.: Cholesterolémie, lipidémie a triglyceridémie u vybraných skupin příslušníků čs. vojenského letectva. Ústav leteckého zdravotnictví, Praha. *Publ. č.* 248, 1977, 153 s.
6. Proper, R. - Wall, F.: Etiological Factors Associated with the Diminution of Ballistocardiographic Amplitudes Occurring with Advancing Age. *Bibl. Cardiol.* 27, 1971, s. 40.
7. Starr, I. - Wood, F. C.: Twenty-Year Studies with the Ballistocardiograph. The Relation between the Amplitude of the First Record of Healthy Adults and Eventual Mortality and Morbidity from Heart Diseases. *Circulation*, 23, 1961, s. 714.
8. Starr, I.: An Essay on the Strength of the Heart and on the Effect of Aging upon it. *Amer. J. Cardiol.*, 14, 1964, s. 771.
9. Trefný, Z. - Smetánka, E.: Nový princip použití piezoelektriny v balistokardiografii. *Čs. Fysiol.*, 5, 1956, s. 487.
10. Trefný, Z. - Seliger, V.: The Use of Quantitative Ballistocardiography for the Measurement of the Working Capacity of the Circulatory System in the Graduated Work Load. *Bibl. Cardiol.*, 20, 1968, s. 106.
11. Trefný, Z. - Wagner, J. - Seliger, V. - Buchberger, J.: Force Measurement in Adults and Schoolchildren by a Quantitative Ballistocardiographic Method. *Bibl. Cardiol.*, 21, 1968, s. 152.
12. Trefný, Z.: Some Physiological Aspects in Quantitative Ballistocardiography. *Bibl. Cardiol.*, 26, 1970, s. 116.
13. Trefný, Z. - Svačinka, J.: Effect of Hypoxia and Hyperoxia on the Quantitative Ballistocardiogram. *Bibl. Cardiol.*, 26, 1970a, s. 119.
14. Trefný, Z. - Svačinka, J.: Relation between the Quantitative Ballistocardiogram and the Index of the Cardiac Performance in Conditions of Different pO_2 . *Bibl. Cardiol.*, 26, 1970b, s. 125.
15. Trefný, Z. - Svačinka, J. - Seliger, V.: Effect of Nitroglycerine on the Quantitative Ballistocardiogram. *Bibl. Cardiol.*, 31, 1973, s. 177.
16. Trefný, Z. - Seliger, V.: Věková závislost vybraných kvantitativních balistokardiografických charakteristik. *Čs. Fysiol.*, 24, 1975, s. 357.
17. Trefný, Z. - Seliger, V.: Normal BCG Values in Adults for a Portable Quantitative Ballistocardiograph. *Bibl. Cardiol.*, 35, 1976, s. 137.
18. Trefný, Z. - Svačinka, J.: Účinky Inderalu na kvantitativní balistokardiogram. *Čs. Fysiol.*, 23, 1977, s. 183.
19. Wolfe, L. A. - Cunningham, D. A. - Davis, G. M. - Rechnitzer, P. A.: Reliability of Noninvasive Methods for Measuring Cardiac Function in Exercise. *J. Appl. Physiol.*, 44, 1978, s. 55.
20. Zuiderveld, U. - Goedhard, W. J. A.: Cardiovascular Aging as Determined by Displacement BCG and its Relation to the Physical Activity Level. *Bibl. Cardiol.*, 35, 1976, s. 211.