

616.12-07.96

ZKUŠENOSTI S INTRAKARDIÁLNÍ FONOKARDIOGRAFIÍ

Plk. MUDr. Bronislav ZEMAN, CSc., plk. MUDr. Vladimír ŠALAMOUN, CSc.

Poliklinika federálního ministerstva národní obrany, Praha

(náčelník: plk. MUDr. B. Zeman, CSc.)

Rentgenologické oddělení Ústřední vojenské nemocnice, Praha

(náčelník: plk. MUDr. V. Šalamoun, CSc.)

Úvod

Intrakardiální fonokardiografie zachycuje – podobně jako externí způsob registrace – zvukové projevy některých mechanických dějů a dynamických změn při srdeční činnosti.

Při intrakardiální registraci jsou snímány zvukové jevy přímo ze srdečních dutin, tedy z největší

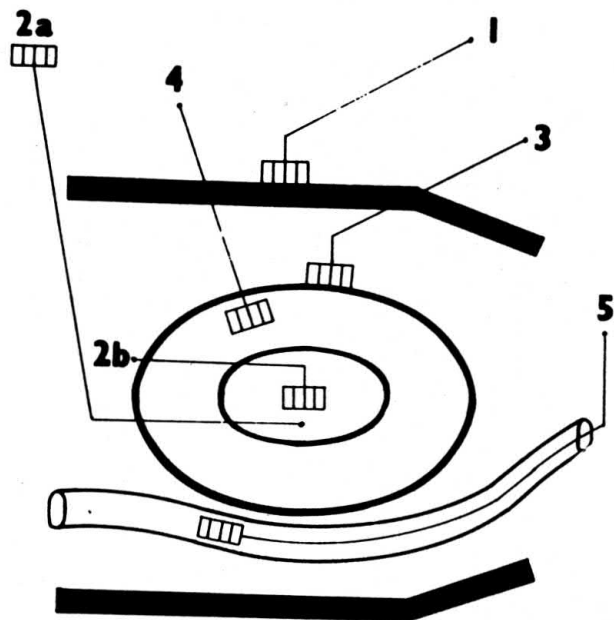
blízkosti, případně z místa jejich vzniku. Proto se od této vyšetřovací metody očekávalo, že odpoví na některé méně jasné fonokardiografické otázky.

Vývoj intrakardiální fonokardiografie

Intrakardiální fonokardiografie je poměrně mladá vyšetřovací metoda, která je závislá na použití minia-

turního mikrofону a citlivého předzesilovače při katetrizaci pravého nebo levého srdce.

Dosavadní metody klasické a intrakardiální fonokardiografie jsou uvedeny na obr. 1.



Obr. 1. Fonokardiografické metody: 1 – extrakardiální; 2 – intrakardiální: a – mikrofón na konci katétru, b – mikrofón ve hrotě katétru; 3 – epikardiální; 4 – intramurální; 5 – ezofageální

První intrakardiální zvukový záznam byl zachycen v roce 1950 Gauerem a Gienappem (3), kteří pomocí manometru zaznamenali u pokusného zvířete nízkofrekvenční intrakardiální zvukové vibrace.

Zápis nízkofrekvenčních i vysokofrekvenčních srdečních zvuků, který již odpovídal fonokardiogramu a byl proveden intrakardiální technikou, se podařil téměř současně v letech 1953–1954 pracovním skupinám Yamakawy (12) a Souliého (10). Termín intrakardiální fonokardiografie zavedl japonský kolektiv. Zvukovým snímačem byl malý kovový kónus umístěný v hrotu katétru, který tvořil jednu z elektrod kondenzátorového mikrofónu.

Wallace a Lewis (7) vyvinuli v roce 1957 miniaturní mikrofón z piezoelektrického materiálu na bázi baryum titanátu. Byl upevněn na hrotu srdečního katétru. Autoři při tom využili zkušenosti s tzv. hydrofony, které byly používány vojenským námořnictvem v boji proti ponorkám za druhé světové války.

V témže roce registrovali Luisada a Liu (8) intrakardiální zvuky pomocí mikrofónu umístěného na vnějším-výstupním konci klasického Cournandova katétru. Zvukový signál a tlakové změny byly přenášeny katétreem naplněným roztokem glukózy do vazební komůrky, k níž byl připojen vnější mikrofón. Tento způsob byl několikrát modifikován a poměrně často používán pro svoji jednoduchost a možnost využít katétru o malých rozměrech (4, 5, 6).

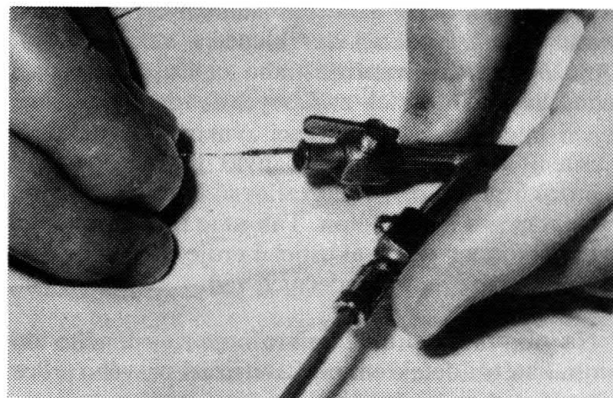
V roce 1963 vyvinul Feruglio (2) fonokatétr, který nazval intrakardiální stetoskop. Jeho činnost se v podstatě nelišila od předchozích nepřímých metod snímání zvukových fenoménů. Hrot fonokatétru byl uzavřen a po jeho stranách bylo 4 až 6 otvorů pokrytých latexovou manžetou. Podélně uložená tenká trubčička byla používána pro měření hodnot intrakardiálních tlaků a odběr krve při oxymetrickém měření. Zevní průměr různých typů těchto fonokatétrů byl 2,00 mm až 2,70 mm.

Vlastní postup

Snažili jsme se vyvinout vlastní fonokatétr nebo mikrofón, který by bylo možné zavádět do běžně používaných katétrů a do všech srdečních oddílů včetně současného měření hodnot intrakardiálních tlaků. Naše úsilí nebylo úspěšné. Setkali jsme se s problémy, které jsme nebyli schopni, v rámci našich možností, vyřešit. Jednalo se především o otázky technického rázu, jako byla miniaturizace mikrofónu, jeho dostatečná citlivost, která by zajišťovala věrnou reprodukci zvukových fenoménů, a konečně i bezpečnost elektronického a mechanického systému.

Po opakovaných pokusech, včetně experimentů na zvířatech, jsme se snažili získat některý z již vyráběných mikrofónů. Byly to dva intrakardiální fonokatetry, jeden Ferugliův, který neměl potřebnou technickou a akustickou úroveň, druhý fy AEL, model 191. Používali jsme jej více než půl roku. Podobně jako ostatní měl poměrně velký zevní průměr (2 mm). Po změření intrakardiálních tlaků a provedení dalších součástí katetrizačního vyšetření bylo teprve možné přistoupit k záznamu srdečních zvuků, tedy vyšetření opakovat.

Jako nejvýhodnější pro splnění našich cílů se jevil intrakardiální subminiaturní mikrofón MM-101 z NDR, vyvinutý Porstmannem a Geisslerem (9) v roce 1967. Měl dosud nejmenší rozměry – průměr 1,4 mm a délku 10 mm. Mohl být použit při všech

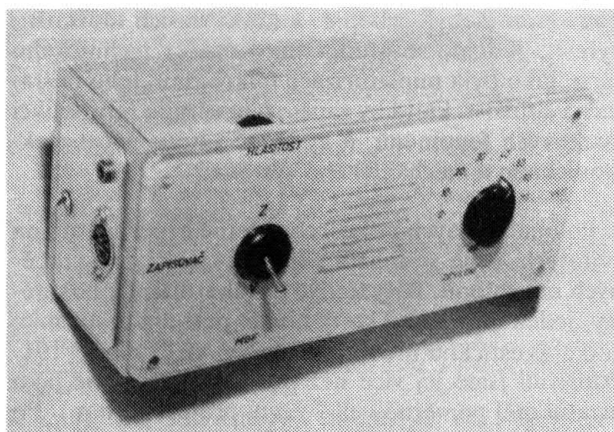


Obr. 2. Zavádění mikrofónu MM-101 do spojky a šedého Ödmanova-Ledinova katétru. Na druhé rameno spojky je připojen katétr pro měření intrakardiálního tlaku

způsobech srdeční katetrizace. Mikrofon byl připevněn na tenkém, pružném vodiči a byl zaváděn do žluého a šedého Ödmanova-Ledinova katétru.

Současné měření hodnot intrakardiálních tlaků jsme vyřešili jednoduchou úpravou pomocí spojovacího článku tvaru ypsilon. Jedním ramenem procházel vodič mikrofonu a druhé bylo napojeno na tlakovou komůrku elektromanometru (obr. 2).

Mikrofon byl připojen kabelem na bateriový předzesilovač, dodávaný jako součást celého komplexu (VM-101). Naším cílům nevyhovoval. Proto jsme vyvinuli vlastní, který na rozdíl od původního měl dokonalejší technické parametry, snímal srdeční zvukové fenomény ve třech kmitočtových pásmech najednou, takže podával velmi dobré informace o spektrálním charakteru signálu (obr. 3). Jednalo se zhruba o kmi-

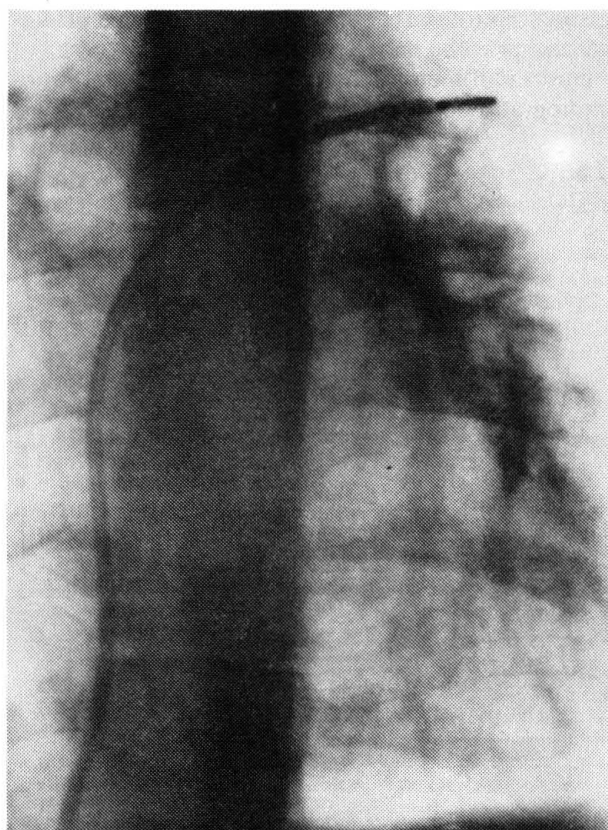


Obr. 3. Předzesilovač vlastní konstrukce s upravenými filtry, možností připslechu a záznamu na magnetofonový pásek

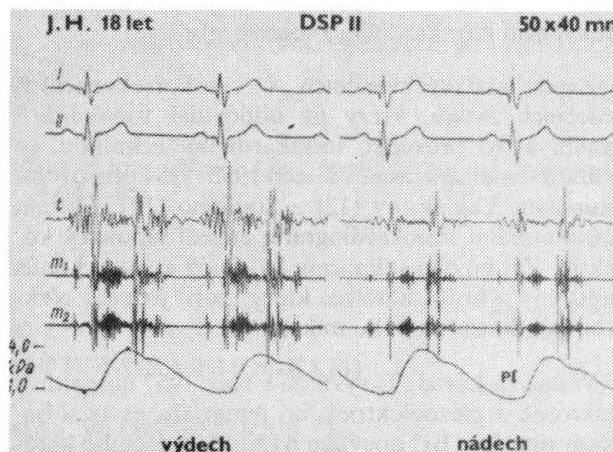
točtovou oblast filtru $t.m_1$ a $m_2 - h_1$ podle Maase a Webera. Předzesilovač umožňoval přehledný a výrazný grafický obraz snímaných zvuků. Aby bylo umožněno i akustické sledování intrakardiálního záznamu, bylo celé zařízení doplněno připslechovým výkonným zesilovačem, který napájel vestavěný mikrofon. Akustická kontrola snímaných srdečních zvuků byla z praktického hlediska velmi účelná. Umožňovala sledování vlastního zápisu, diferenciaci jednotlivých srdečních zvukových fenoménů, včetně jejich intenzity, a identifikaci zvukových artefaktů. Zesílení snímaných signálů bylo možné zvyšovat v krocích po 10 dB. Předzesilovač byl dále opatřen výstupem pro magnetofon. Tak jsme zaznamenali na magnetofonový pásek akustické projevy téměř všech získaných i vrozených srdečních vad.

Na obr. 4 je průnik mikrofonu zavedeného do hrotu katétru defektem při katetrizaci pravého srdce z pravé síně do levé a do plicní žíly.

Na obr. 5 je fonokardiografický záznam z plicnice u nemocné s rozsáhlým defektem síňové přepážky.



Obr. 4. Zadopřední rtg snímek nemocné s DSP typu sekundum o rozměrech 40×30 mm. Katétr s mikrofonem je po průniku defektem v plicní žíle



Obr. 5. Intrakardiální fonokardiogram z plicnice. Čtvrtá ozva a protosystolický šelest. Konstantní rozštěp druhé ozvy a třetí ozva

Soubor vyšetřených osob

Intrakardiální fonokardiogramy byly zapsány u 591 osob. Kardiologickým vyšetřením včetně srdeční katetrizace u nich byly stanoveny diagnózy, které byly většinou potvrzeny i operačně:

defekt síňové přepážky	110 osob
stenóza plicnice	62 osob
stenóza aorty	43 osob
defekt komorové přepážky	39 osob
mitrální vady	31 osob
hypertrofické kardiomyopatie,	
perikarditidy	21 osob
koarktace aorty	13 osob
otevřená tepenná dučej	11 osob

U dalších 261 osob nebyla srdeční vada jednoznačně prokázána. Jednalo se převážně o mladé jedince, většinou vojáky základní služby, u kterých bylo vysloveno podezření na srdeční vadu pro nález systolického šelestu vlevo u hrudní kosti, EKG obrazu blokady pravého raménka Tawarova, hypertrofie pravé či levé komory srdeční a zvětšení srdečního stínu při rtg vyšetření hrudníku. Vyšetřování si velmi stěžovali na dušnost při fyzické námaze.

Intrakardiálně byl zjištěn:

systolický šelest ve vzestupné části aorty	u 154 osob
systolický šelest v kmeni plicnice	u 66 osob
negativní intrakardiální fonokardiografický nález	u 41 osob

V souvislosti s dalšími cíli byla z osob se systolickým šelestem zjištěným v plicnici vytvořena „kontrolní skupina“. Extra a intrakardiální fonokardiografické záznamy byly porovnány s nálezy u nemocných s prokázanými srdečními vadami, zejména s defektem síňové přepážky. Výsledky ovšem přesahují rámec tohoto sdělení. Proto bychom je rádi zveřejnili v příštích číslech VZL.

Diskuse

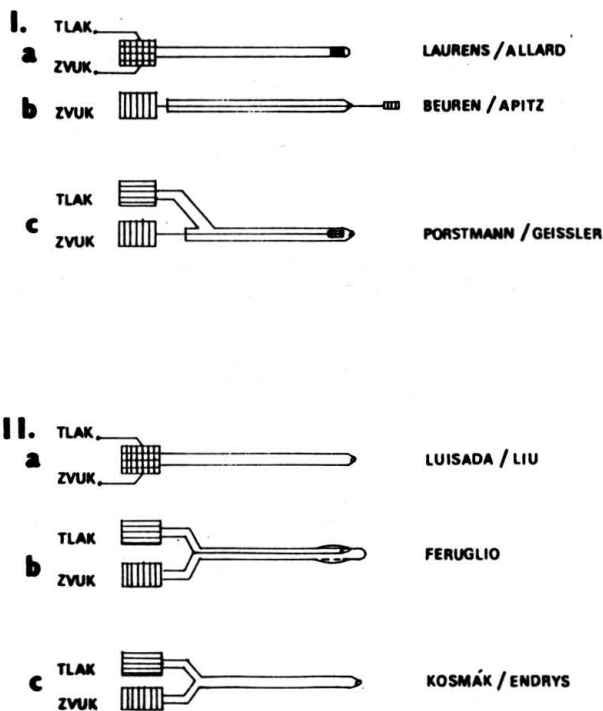
Informační schopnost intrakardiální fonokardiografie je v mnoha směrech závislá na použité technice. Rozhodující význam má způsob snímání srdečních zvuků uvnitř srdce a typ mikrofonu. Na tvar a přehlednost získaného fonokardiogramu má významný vliv také kmitočtová filtrace, přesněji kmitočtové charakteristiky a vzájemný poměr zesílení použitých filtrů.

Zásadně lze rozlišovat dvě základní snímací techniky (obr. 6):

- a) přímá – mikrofon je zaveden do srdečních dutin a snímání probíhá přímo v místě citlivé části mikrofonu,
- b) nepřímá – srdeční zvuky, popřípadě chvění vyvolané srdeční činností, jsou přenášeny prostřednictvím tekutiny (nebo vzduchu), kterou je naplněn katétr; na jeho zevním konci je připojen mikrofon a teprve v něm jsou přeměňovány v elektrický signál.

Zvolili jsme přímou, i když složitější metodu, neboť neomezovala vyšší spektrální zvukové složky a méně intenzívně přenášela rušivé signály z okolí i z vlastní

ho systému. Přestože vznik arteficiálních signálů nebyl v přímé intrakardiální fonokardiografii popisován, při našich vyšetřeních jsme je zaznamenali (zřejmě jako ostatní autoři). Byly způsobeny třením mikrofonu o katétr, nebo nárazy na srdeční (arteriální) stěnu.



Obr. 6. Intrakardiální fonokardiografie
I. přímá
II. nepřímá

Souhrn

Od prvních pokusů s intrakardiální fonokardiografií, prováděných jednoduchou technikou na zvířatech, uplynulo 37 let. Během této doby se stala na některých pracovištích součástí srdeční katetrizace. Přispěla k rozšíření znalostí o mechanismu vzniku srdečních šelestů a ozvů, včetně způsobu jejich šíření v srdci.

Zařízení, které jsme upravili a používali, představovalo pro svoji spolehlivost, dobrou reprodukci a registraci srdečních zvukových fenoménů pokrok v technice intrakardiální fonokardiografie.

Literatura

1. BOKOR, Z. S.: Ösophageale Herzsachallschreibung bei Mitralklappenfehler. Z. inn. Med., 19, 1969, č. 12, s. 535–530.
2. FERUGLIO, G. A.: Intracardiac phonocardiography. Amer. Heart J., 58, 1969, č. 6, s. 827–848.
3. GAUER, O. K. – GIENAPP, E.: A miniature pressure – recording device. Science, 112, 1950, s. 404–408.
4. GÜNTHER, K. H.: Vergleichende extrakardiale und intrakardiale Phonocardiographie auf haemodynamischer Grundlage. Berlin, Akademie 1969, 158 s.

5. IRIATRE YARZE, J. M. – IRIATRE EZCURDIA, M.: Valor diagnostico de la fonocardiografia intracardiaca. *Rev. esp. Cardiol.*, 14, 1961, s. 194–203.
6. KOSMÁK, I. – PETRLE, M. – ENDRYŠ, J. – BĚLOBRÁDEK, Z.: První zkušenosti s intrakardiální fonokardiografií. *Vnitřní Lék.*, 8, 1962, č. 11, s. 1227.
7. LEWIS, D. H. – DEITZ, G. W. – WALLACE, J. D. – BROWN, J. R.: Intracardiac phonocardiography in man. *Circulation*, 16, 1957, č. 5, s. 764–775.
8. LUISADA, A. A. – LIU, C. K.: On the mechanism of production of the heart sounds. *Amer. Heart J.*, 55, 1958, č. 3, s. 383–399.
9. PORSTMANN, W. – GEISLER, W.: Mikrofonsonde zur direkten intrakardialen Phonocardiographie. *Medizintechnik*, 7, 1967, č. 1, s. 25–29.
10. SOULIÉ, P. – LAURENS, P. – ALLARD, E.: Le micromanometre intracardiaque Allard – Laurens. II^e – Congrès mondial de cardiologie, Washington 1954.
11. VÚST A. S. POPOVA: Výzkum mechano- a fonografických metod. *Zpr. VÚST A. S. P.*, (Praha), č. 72042/1-6, 1973–1975.
12. YAMAKAWA, K. Y. – HIONOYA, J.: Intracardiac phonocardiography. *Amer. Heart J.*, 47, 1954, s. 424–431.
13. ZEMAN, B. aj.: Diagnostika defektu síňové přepážky. *Čas. Lék. čes.*, 118, 1979, č. 45, s. 1378–1386.
14. ZEMAN, B.: Intrakardiální fonokardiografie a její význam v diagnostice defektu síňové přepážky. [Kandidátská práce.] Praha 1983.

Klíčová slova: Fonokardiografie; Intrakardiální fonokardiografie.