

**Michael Aschermann**

**Ondřej Aschermann**

# **HISTORIE KATETRIZACÍ SRDCE**

**maxdorf jessenius**

# I. OBDOBÍ PŘED PRVNÍ KATETRIZACÍ SRDCE

Již v dávných dobách bylo provedeno mnoho výkonů, které ještě nebyly reálné katetrizační procedury, ale v dalších letech byly termínem katetrizace označovány. V této první části jsou shrnuty poznatky o tomto období, kdy se lidstvo teprve seznamovalo s anatómií lidského těla a v rámci tohoto poznávání došlo i k prvnímu zavádění cévek do těla zvířat a potom i lidí.

## NEJSTARŠÍ POZNATKY O KANYLACI ŽILNÍHO SYSTÉMU

Od počátků medicíny byly tělesné tekutiny, a to hlavně krev, obklopeny mystickou auroou. Primitivní národy měly různé názory na vznik a původ krve v těle a tyto názory, vyjadřované především tehdejšími léčiteli, se od sebe naprosto zásadně odlišovaly.

Zavádění cévek do dutých orgánů je uváděna již v antické době, například Egypťané zaváděli zlaté, stříbrné a bronzové cévky do močového měchýře již v letech 3000 př. n. l. Do cév byly různé typy cévek zaváděny nejprve u kadaverů, podle některých zdrojů již v době Hippokrata byla zkoumána funkce chlopní instalací vody a vzduchu do aorty zemřelých za použití rákosu.

Čínská medicína popsala zřejmě velmi přesně cirkulaci již 200 let př. n. l., v kompendiu popsal Nei Cheng srdce jako „kontrolu krve, která proudí nepřetržitě v nekončícím kruhu“. V řecké mytologii o Argonautech Ovidius popisuje „intravenózní léčbu“ – podle Ovidia královna Medea oživila Aisóna, otce svého manžela, nařízнула mu žíly na krku a naplnila je svou magickou směsí. Egyptský lékař Imhotep sepsal teorii kanálů, kterými v těle putují společně krev, vzduch a další tělesné tekutiny a jsou vylučovány anem. V mezopotámské kultuře představovaly centrum života játra – bohatě vaskularizovaný orgán. Aristoteles jako první popsal, že krev vzniká v srdci a je pak distribuována do celého těla. Claudius Galén, řecký lékař žijící v 2. století, popisoval vznik krve tak, že krev se tvoří v játrech z požitě potravy a proudí pak tělem žilami, v pravé komoře se nečistoty odstraňují do plic a jsou vydechovány, očištěná krev pak prochází póry v septu do komory levé a tepnami postupuje do celého těla.

## Osobnosti doby před srdeční katetrizací

### William Harvey

Za zlaté roky rozvoje anatomie je považováno 16. století, kdy začali lékaři provádět sekce u pacientů, které předtím léčili. Jedněmi z nejznámějších lékařů tohoto období renesance byli Andreas Vesalius (1514–1564) a jeho žák Fabricius, který pracoval na univerzitě v Padově a popsal mimo jiné i žilní chlopně. Byl to však až Sir William Harvey (1578–1657), anglický lékař, který v roce 1616 po mnoha studiích, které prováděl na kadaverech, poprvé popsal cirkulaci krve (obr. 1). O 12 let později pak v roce 1628 publikoval podrobný popis cirkulace v práci *Exercitatio Anatomica de Mortu Cordis et Sanguinis in Animalibus*. Teprve tento podrobný popis cirkulace umožňoval vědcům této doby pochopit anatomii cév a současně i možnost podávat látky do cév pomocí primitivních injekcí. V roce 1651 zaváděl brky z rákosu do v. cava inferior a prokázal, že krev proudí směrem k plicím, nikoliv do periferie.



■ Obr. 1 William Harvey

### Christopher Wren

Studiemi Williama Harveye se pravděpodobně inspirovali anglický lékař Sir Christopher Wren a německý lékař Johann Daniel Major, kteří již aplikovali do žil různé látky. Christopher Wren (1632–1723) byl vědec, který se věnoval celé řadě oblastí vědy té doby – meteorologii, astronomii, architektuře, výživě a anatomii, měl mimořádný talent pro matematiku a během práce v Oxfordu předložil velké množství vynálezů (obr. 2). Pozoruhodné je, že po velkém požáru v Londýně v roce 1669 navrhl jako architekt novou podobu katedrály svatého Pavla, dalších padesáti kostelů a královské observatoře v Greenwichi (1675). Důvod, proč je zmíněn v knize katetrizací, je fakt, že Christopher Wren je uznáván jako první vědec, který zaváděl kanyly do žil zvířat. V roce 1665 referoval v Královské akademii v Londýně o způsobu přesunu tekutého jedu do krve – naplnil prasečí močový měchýř směsí vína, opia a piva a pomocí husího brku tuto tekutinu instiloval do žíly psa, který poté jevil známky intoxikace, čímž



■ Obr. 2 Christopher Wren

demonstroval, že experiment byl úspěšný. Svoje práce o intravenózních infuzích publikoval ve spisu *Philosophical Transactions* v roce 1665. Popsal celý experiment: „Podával jsem injekci vína a piva v dostatečném množství do žíly živého psa, dokud nebyl velmi opilý, bylo by moc dlouhé popsat, jaké byly také účinky takto podávaného opia, antimonu a dalších látek.“ Žily při experimentech podvazoval a podélně nařízl a zaváděl do nich brky i jiné trubičky.

### Johann Daniel Major

První intravenózní injekce u lidí jsou pak připisovány již zmíněnému Johannu Danielu Majorovi (1634–1693), německému univerzitnímu profesorovi teoretické medicíny, zakladateli muzeologie (obr. 3). Jak bylo v této době obvyklé, jako vědec měl řadu oblastí zájmu, v roce 1666 provedl v Kielu první veřejnou sekci lidského těla, v roce 1685 založil Muzeum of the Cimbrici, zaměřené na archeologické vykopávky. V roce 1664 popsal v Drážďanech první pokusy o aplikaci opia do žíly u nemocných osob, výsledky byly špatné, a technika intravenózní injekce byla i proto považována za nebezpečnou. Jiný německý vědec Johann Sigismund Elsholtz (1623–1688) se v tomto období velmi věnoval problematice zdravého vzduchu, vody, zdravého jídla, osobní hygieně, a hlavně referoval o krevních transfuzích a infuzní léčbě. Ve své práci *Clysmatica nova* spekoval, že od přírody melancholický muž může být krevní transfuzí krví od své ženy plně života revitalizován. V literatuře je 17. století uváděno jako století, ve kterém byla kanylace žil vhodná především pro krevní transfuze, méně pro podávání léků. Jako jeden z příkladů vědců, kteří se věnovali transfuzím, je uváděn Richard

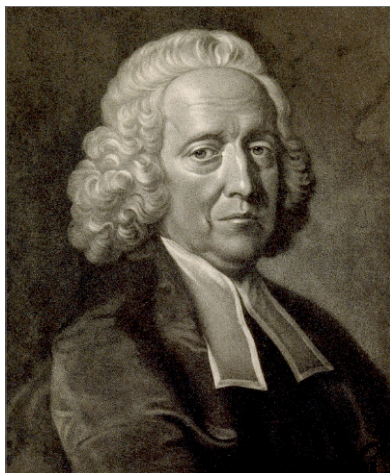
Lower (1631–1691), který kromě toho, že byl považován za vynikajícího patologa, provádějího vivisekce, zkoušel podávání ovčí krve lidem, pochopitelně se špatnými výsledky – také toto přispělo k odklonu od podávání léků a krve na řadu let.

## Stephen Hales

Ve všech odkazech, zabývajících se katetrizací srdce, je uváděno, že první katetrizace centrálních žil provedl v roce 1733 Stephen Hales (1677–1761), excentrický anglický duchovní (obr. 4). Narodil se v Kentu, vyrostl v přísné péči svého dědy sira Thomase Halese. Během studia se začal zajímat o vědu a experimenty, zajímal ho krevní tlak u zvířat. V roce 1707 začal pokusy s měřením tlaku v cévách psů – zaváděl kanyly z husích brků do žil i tepen na končetinách i na krku. Používal dále různá zvířata a v roce 1733 provedl poprvé přímé měření krevního tlaku v žile u klisny, kterou uložil na bok a do jugulární žíly ji zavedl mosaznou trubičku. Tuto trubičku pak napojil na skleněnou trubici, ve které pak měřil tlak v levé vnitřní jugulární žile. Referoval, že tlak ve skleněné trubici stoupl až do výše více než 9 stop (obr. 5). Hales se také



■ Obr. 3 Daniel Major



■ Obr. 4 Stephen Hales



■ Obr. 5 Stephen Hales – měření tlaku

pokusil změřit srdeční výdej – nechal zvíře vykrváčet a plnil pak oběh přes levou komoru srdeční rozpuštěným včelím voskem. Zabýval se kromě cirkulace celou řadou dalších oblastí, v roce 1758 svoje poznatky shrnul do publikace *A tritise on ventilators*.

## První zavádění cévek do srdce, vznik pojmu katetrizace srdce

Historicky je jednoznačně uváděno, že první zavedení cévek do srdce provedl francouzský fyziolog Claude Bernard v roce 1844 u koně a jako první pak tento výkon označil pojmem katetrizace srdce.

### Příběh Clauda Bernarda

*Mimořádnou osobností následujícího období byl Claude Bernard (1813–1872), francouzský lékař, který v roce 1844 provedl první katetrizaci u koně (obr. 6).*

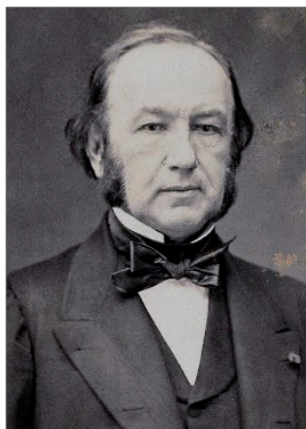
*Narodil se ve vesnici Saint-Julien v kantonu de Villefranche-sur-Saone ve Francii. Rodina Bernardových zde měla vinice, jeho otec byl také vesnický učitel, v této době nebyly ve Francii ještě veřejné školy a výuka tedy probíhala u Bernardů doma. Claude se začal učit v 8 letech, v té době v latině, dochovaly se záznamy, že byl tichý, málo aktivní student, málo četl a rodiče ho nepovažovali za nadějného chlapce. V 18 letech se stal pomocníkem lékárníka M. Milleta ve Fabourg de Vaise u Lyonu, zde chodil pravidelně na návštěvy do první veterinární školy ve Evropě, kde byly léky podávány nemocným zvířatům. Popisuje se, že Claude Bernard si v této době osvojil skepticismus k empirické medicíně devatenáctého století. Oblíbeným lékem té doby byl theriak (La Thériaque), bylo „v módě“ tento lék používat na řadu onemocnění. Tato látka byla složena ze 60 různých složek, včetně opia a v Bibli uváděné myrhy, která pochází z pryskyřice tvořené v kůře stromu z rodu Commiphora. Používá se dodnes jako dezinfekční prostředek a k výrobě vonných masť. Lékárník Millet vytvářel směsi podle vlastního úsudku, přimíchal drogy, aniž byly jinak doporučovány. Claude Bernard si v té době vytvořil vlastní negativní názor na tvorbu léků a jejich aplikaci v léčbě různých onemocnění. V této době měl Claude volný jeden den a noc za měsíc, obvykle je trávil v divadle Théâtre de Célestins, velmi si toto prostředí oblíbil a sepsal pro divadlo krátký skeč La Rose de Rhône, který prodal za 100 franků. Protože přestal chodit do lékárny, byl v roce 1833 propuštěn, sepsal pak pětidílné drama Arthur de Bretagne a odešel do Paříže, aby začal novou kariéru, byl představen profesoru literatury na Sorbonně M. Saint-Marc Girardinovi, který přečetl jeho dílo a konstatoval: „Nemáte temperament dramatika, pracoval jste v lékárně, jděte studovat medicínu.“ Claude Bernard*

tuto radu poněkud překvapivě vyslyšel a ve věku 21 let začal v roce 1834 studium medicíny. Zaujala ho nesmírně anatomie, ve které exceloval, později o ní řekl, že „anatomie je základ nezbytný pro všechna další studia medicíny“.

Fyziologie nebyla v této době samostatným oborem, významnou osobností, která se jí věnovala, byl profesor François Magendie (1783–1855), který se stal Claudovým učitelem a mentorem. V roce 1816 napsal první učebnici experimentální fyziologie. Magendie mimo jiné studoval také srdeční ozvy, elasticitu cév a zabýval se antagonismem systoly a diastoly. Druhou osobností, která významně ovlivnila další vědecké směřování Bernarda, byl filozof Auguste Comte (1798–1857), který prohlašoval, že jediná věda je klíčem k úspěšnému poznání života. Bernard sdílel mnoho jeho názorů, ale nenacházel v jeho filozofii vědecké základy a metodiku, říkal, že „nejlepší filozofický systém pro pracujícího vědce je nemít vůbec žádný“ (Riedel, 2009).

Claude Bernard kromě mnoha jiných zásadních objevů (například průkaz tvorby cukru v játrech, tepelné hospodaření organismu, koncept vnitřního prostředí, problematika nervové regulace vazokonstrikce a vazodilatace, demonstrace gangliové blokády, výzkumu farmakologie, anestezie, neurologie, toxikologie) provedl v roce 1844 první katetrizaci srdce a takto tento výkon jako první pojmenoval. U živého koně zavedl olověné trubičky zahnuté do potřebných tvarů do komor přístupem přes jugulární žíly a karotické tepny. Zavedl do cév teploměry a prokázal vyšší teplotu v komoře pravé než v levé – tím potvrdil, že k vyšší tvorbě tepla, tedy k metabolické aktivitě, dochází v těle. Teprve později popsal a zaznamenal také tlakové křivky z obou srdečních komor a popsal přístup do komor femorálním přístupem. V roce 1847 pak při studiu nervové regulace krevního tlaku změřil Bernard přesně tlak v pravé komoře. Je také pozoruhodné, že Claude Bernard jako první referoval o komplikaci katetrizace – při sekci zjistil, že trubičkou zavedenou do pravé komory srdeční došlo k perforaci stěny komory se vznikem hemoperikardu.

V osobním životě nebyl zřejmě Claude Bernard zcela šťastný, oženil se v roce 1845 s Marií François Maartinovou, dcerou lékaře, měli spolu 4 děti, pouze dvě dcery však přežily dětství. Přestože jeho žena neměla pro jeho vědeckou práci pochopení a přála si, aby Claude pracoval jako praktický lékař, věno, které sňatkem získali, použil Claude k podpoře svého bádání. V roce 1849 získal Claude Bernard medaili Legion d'honneur, v roce 1854 pak cenu Academy of Science, zařadil se mezi velikány vědy v medicíně.



■ Obr. 6 Claude Bernard

## II. PRAVOSTRANNÁ KATETRIZACE SRDCE

### Předchůdci Wenera Forssmanna

Před tím, než Werner Forssmann provedl svou první katetrizaci, se o podobný přístup snažilo několik osobností, které se však do historie katetrizací nezapsaly, především proto, že výsledky svých experimentů nepovažovaly za významné, a proto o nich nereferovaly v písemnictví. Je však udáváno, že v roce 1905 provedl německý lékař Bleichröder po experimentech na psech první zavedení katetru do centrálního žilního systému, ureterální katetr si zavedl přes žilu v třísle do dolní duté žíly. Po několika letech – v období „éry chemoterapie“, kdy lékaři měli představu, že léky je vhodné podávat co nejbližše postiženého orgánu – se v roce 1912 Bleichröder v Berlíně k jeho experimentům vrátil ve spolupráci s Ernestem Ungrem. Opět zaváděli ureterální katetry sami sobě do žil na horních i dolních končetinách, s pasáží katetru do axily a do dolní duté žíly. Vzhledem k tomu, že někdy pociťovali píchavou bolest, usuzoval Unger, že katetr pronikl až do srdce (Sette, 2012). V dostupné literatuře však doklady o těchto výkonech nelze dohledat.

#### Příběh Wenera Forssmanna

*První zavedení katetru do srdečního oddílu je tedy jednoznačně připisováno německému lékaři Werneru Forssmannovi, který se narodil v roce 1904 v Berlíně (obr. 10 a 11). Studium medicíny ukončil v roce 1929, po promoci nastoupil na oddělení chirurgie do Auguste Victoria Home v Eberswalde v roce 1929. Jeho zájmem se stala srdeční zástava – překvapilo ho, že intrakardiální injekce byly při resuscitaci odkládány až do doby, kdy již nemohly pomoci. Důvodem byly obavy z vytvoření pneumothoraxu, tamponády srdeční nebo poškození věnčitých tepen. Usoudil, že podávání léků by mohlo být účinnější, kdyby se podávaly přes žilní systém do pravého srdce. Když však požádal o souhlas s výzkumem svého nadřízeného, byla mu tato aktivita zakázána, především proto, že v té době byl jakýkoliv přístup do srdce považován za fatální. Začal tedy práci v experimentu, na zemřelých zaváděl ureterální katetr do pravé komory, pozici ověřoval pitvou a v dalších diskusích kolegy upozornil, že je připraven katetrizaci provést. Jeho šéf doktor Schneider však nadále odmítal dát souhlas, a když Forssmann*



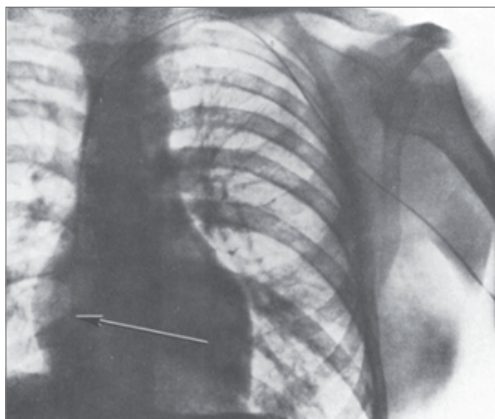
■ Obr. 10 Werner Forssmann v roce 1956



■ Obr. 11 Werner Forssmann při práci

sdělil, že experiment se zavedením katetru do srdce si provede sám na sobě, dostal přísný zákaz. Forssmann se přesto rozhodl, že neuposlechne, a výkon provede na sobě. V červenci 1929 přesvědčil chirurgickou sestru Gertu Ditzenovou, aby mu asistovala při prvním výkonu, který provede na ní – celou akci však inscenoval tak, že sestru připoutal ke stolu, sám si provedl lokální anestezii v kubitě levé paže a přes venesekci si zavedl 65 cm dlouhý ureterální katetr celý do žíly. Pak rozloženou sestru odpoutal a spolu s ní sešel o patro níže na rtg oddělení, kde dokumentoval pozici katetru v pravé síni. Chtěl sice katetr zavést ještě dále, ale katetr byl již další posun neumožňoval, byl již celý v těle. O dalším průběhu událostí existuje řada verzí, které popisují vyčerpání, zlobu, obavy z mentálního stavu Forssmanna – je již nemožné zjistit, která z nich je pravdivá, dokonce i popis výkonu Wernerem Forssmannem se v publikovaných textech liší.

V jedné publikaci v listopadu 1929 popsal Forssmann sám průběh výkonu (Forssmann, 1929): „První výkon proběhl za pomoci kolegy Petera Romeise, který provedl punkci mojí levé kubitální žíly a zavedl dobře zvlhčený ureterální katetr velikosti „Charrieres 4“, který zasunul do vzdálenosti 35 cm. Romeis se dalšího posunu katetru bál, proto výkon ukončil. O týden později jsem akci opakoval, ale provedl jsem si ji sám na sobě, katetr prošel po venesekci levé kubitální žíly do vzdálenosti 65 cm, během pohybu katetru v žíle jsem pociťoval teplo ve stěně žíly, chvíli cítil i dráždění ke kašli, což jsem přisuzoval stimulaci nervus vagus. S katetrem zavedeným v srdci jsem přešel z operačního sálu na rentgen, kde jsem pořídil snímky za pomoci sestry, která přede mnou držela zrcadlo, ve kterém mohl pozorovat pohyb a pozici katetru, rtg snímky. Během snímkování na rtg oddělení přišel ještě kolega Romeis, který chtěl, aby Forssmann dále katetr neposunoval, ale Forssmann své dílo dokončil. Katetr byl zaveden do pravé síně, dále již nemohl projít, protože byl krátký“ (obr. 12).



■ Obr. 12 Katetr v srdci  
W. Forssmanna

*Od jednoho z Forssmannových kolegů se během jedné hodiny všichni v nemocnici dozvěděli, co se přihodilo. Doktor Schneider Forssmannovi vyčetl, že ho neuposlechl, ale současně si uvědomil, jaké konsekvence mohly následovat po provedeném experimentu, a rozhodl se, že Wernerovi pomůže. Po další diskusi proto Schneider navrhl, aby se práce, kterou chtěl Forssmann publikovat, věnovala tématu zavádění katetru do srdce z hlediska léčebného, tedy, že podání léků do srdce může mít zásadní přínos pro vážně nemocné. Proto souhlasil s provedením katetrizace u ženy v šokovém stavu, umírající na puerperální sepsi, u níž sledovali reakci na intrakardiálně podaný adrenalin a strofantin.*

*Článek byl publikován v listopadu 1929 a vzbudil pohoršení v berlínském tisku – Forssmann byl obviňován Erntem Ungerem, šéfem chirurgie nemocnice Rudolfa Virchowa v Berlíně, z plagiátorství. Unger uváděl jako prioritu svou práci o intraarteriální aplikaci léků publikovanou v roce 1912. Šéfredaktor časopisu *Klinische Wochenschrift* však potvrdil Forssmannovu prioritu, dalšími, kdo se ozvali, byli již zmínění lékaři Unger, Bleichröder a Loeb, kteří zpochybnili Forssmannovu prioritu s argumenty, že oni byli první, kdo katetrizaci provedl. Forssmann proto zveřejnil dodatek ke svému článku, ve kterém uznal, že zmínění kolegové experiment provedli, ale zavedení ureterálního katetru do arterie nepublikovali. Priorita Forssmanna byla ještě jednou neúspěšně zpochybňována šéfem chirurgie z Düsseldorfu doktorem Ernestem Derrou v době, kdy Forssmann obdržel Nobelovu cenu.*

*Další konfrontací ve veřejném prostoru bylo vyjádření doktora Sauerbacha, který vyslovil názor, že „takové experimenty patří do cirkusu, ne však do solidní německé nemocnice“. V této situaci se k experimentu Forssmanna pozitivně vyjádřil jeho kolega z nemocnice Charité v Berlíně, který označil Forssmannovu práci za cennou a předpovídal mu dobrou budoucnost. Pravda však je, že Forssmann byl z nemocnice*

*v Eberswalde ihned propuštěn a nastoupil do nemocnice v Berlíně, kde pokračoval v katetrizacích vlastního těla. Říkalo se, že skončil, když měl na žilách celkem 17 veselek. Dále již v experimentech z oboru kardiologie nikdy nepokračoval a věnoval se urologii. Během druhé světové války sloužil jako chirurg, poté pak pracoval jako venkovský lékař. Věhlasu se mu pak celkem nečekaně dostalo v roce 1956, kdy se stal spolu s opravdovými pionýry srdečních katetrizací Dickinsonem Woodruffem Richardsem a André Frédéricem Cournandem nositelem Nobelovy ceny.*

*V jiné publikaci Forssmann popsal svůj přístup k prvním katetrizacím následovně: „Po úspěšných testech na kadaverech jsem přistoupil k první studii na člověku – ve formě experimentu na sobě. Prvním test, který jsem na sobě provedl, mi pomohl uskutečnit laskavý kolega. Zavedl do antekubitální žily silnou jehlu a kanylu, skrz kterou zavedl do žily dobře olejem ošetřený sterilní ureterální katetr. Katetr prošel bez problémů do vzdálenosti 35 cm, kolega, který pomáhal, již nechtěl dále katetr zavést, s čímž jsem souhlasil. Za týden jsem v experimentu pokračoval. V lokální anestezii, jsem si sám nemohl zavést jehlu do žily, provedl jsem si tedy malou venesekci v oblasti levého loketního kloubu. Do žily jsem zavedl opět ureterální katetr, který prošel bez odporu do vzdálenosti 65 cm, což jsem považoval za vzdálenost odpovídající tomu, že by katetr již mohl být v srdci. Při pasáži katetru jsem pociťoval teplo zřejmě z dotyku katetru s cévní stěnou, při opakovaných pasážích katetru došlo někdy k částečnému odporu a ke dráždění ke kašli. Pozici katetru jsem zaznamenal na rtg, při zavádění jsem mohl katetr vidět na fluoroskopii, když mi sestra držela ve správné pozici zrcadlo, ve kterém jsem obraz sledoval. Na obrázku je katetr, který prochází z levé paže do podklíčkové oblasti a dále pak přes v. jugularis a do pravé síně.“ Forssmann dále konstatuje, že při pasáži katetru neměl nepříjemné pocity, nedošlo k vedlejším projevům ani při vstupu katetru do síně. Vzhledem k tomu, že v jeho nemocnici bylo rtg oddělení na jiném patře, než jsou operační sály, musel se zavedeným katetrem absolvovat cestu po schodech nahoru jedno patro a po snímkování se opět vrátil na operační sál. Ani při této náročné akci neměl vedlejší projevy od zavedeného katetru, popisuje pouze pocit tepla a lehkou závrať ve chvíli, kdy si do pravé síně při dalším experimentu nastříkl kontrastní látku. Vzhledem k technickým problémům té doby se mu nepodařilo nastříkat kontrastu v síni zaznamenat. Výsledky experimentů publikoval v listopadu 1929 v Klinische Wochenschrift, další práci s aplikací kontrastu pak v roce 1931. Přestože jeho práce nezbudily velkou pozornost, v katetrizacích pokračoval a zaváděl také katetr i do dolní duté žily z v. femoralis. Pozorný čtenář si povšimne, že v popisu výkonu je jeden zásadní rozdíl – na rtg šel jednou o patro níže, jednou po patro výše! Tolik dostupné údaje.*

### III. PRAVOSTRANNÁ KATETRIZACE S VYUŽITÍM BALONKOVÝCH KATETRŮ

#### První „plovoucí“ katetry

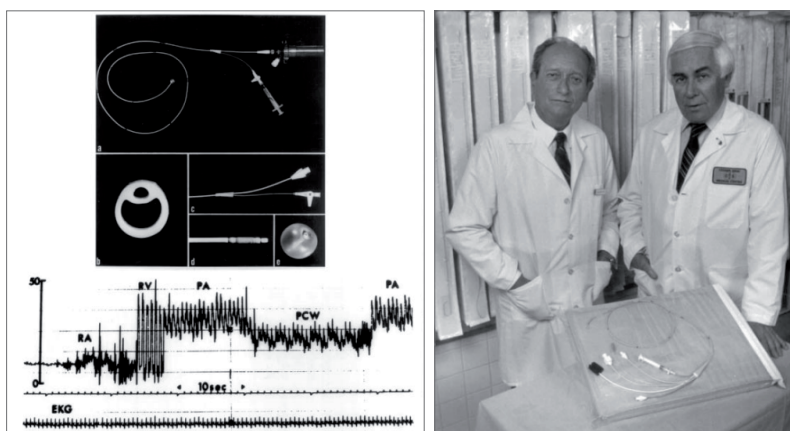
Všechno začalo, jak je typické, v experimentu, a to dlouho před tím, než přišli Swan s Ganzem se svým plovoucím balonkovým katetrem! Pravděpodobně úplně první, kdo v experimentu na psech použili katetr s balonkem, byliategola a Rahn již v roce 1953. Katetr měl zevní rozměr 3,2 mm (10F) a měl v sobě trubičku o průměru 1,27 mm, která sloužila k nafouknutí balonku, který byl umístěn na konci katetru (Lategola, 1953). Následoval velmi podrobný popis prvního miniaturního katetru, který byl použit k monitorování tlaků v pravém srdci a v a. pulmonalis u akutních stavů, a tedy u lůžka bez skiaskopické kontroly, pocházel od R. D. Bradleyho z roku 1964 (Bradley, 1964). Vzhledem k tomu, že jde zřejmě o první popis pravostranné srdeční katetrizace u pacientů přímo na jednotce intenzivní péče, uvádíme zde jeho podrobný popis: Autor v první části článku uvádí, že jeho metoda použití miniaturního katetru je přínosem u pacientů v těžkém stavu kdekoliv v nemocnici přímo u lůžka. Použil ji u 60 nemocných bez komplikací, jednalo se o nemocné se srdečním selháním, u plicní embolie, srdeční tamponády i po závažném krvácení. K zavedení katetru používal k venepunkci speciální jehlu s tenkou stěnou, velikosti 21, délky 3,8 cm, Seldingerovou technikou zavedl vodič s délky 20 cm, průměru 0,4 mm, vodič měl nylonové krytí se zevním průměrem 0,63 mm, po vyjmutí jehly zaváděl krátký 6 cm zavaděč, s vnitřním průměrem 0,75 mm a zevním průměrem 0,94 mm, skrz tento zavaděč pak po vyjmutí vodiče zavedl samotný diagnostický katetr délky 110 cm, s vnitřním průměrem 0,50 mm a zevním průměrem 0,63 mm, zavaděč i katetr měly Luer zakončení k napojení injekční stříkačky. Autor dále popisuje, jak katetr prochází z v. basilica přes v. subclavia do horní duté žíly, uvádí, že katetr je dostatečně flexibilní, aby mohl „plout“ s krevním proudem, ale také dostatečně rigidní, aby překonal případný odpor v cévním řečišti. Upozorňuje na riziko vzniku uzlu na katetru při jeho nešetrné rotaci. Polohu katetru pak v srdečních oddílech kontroluje podle získaných tlakových křivek, pokud se nedaří průchod do pravé komory srdeční, mění i polohu pacienta. Kvalita

získaných křivek uvedených v práci je velmi dobrá, záznam křivek ze síně, komory i a. pulmonalis je v práci prezentován, tlakové křivky ze zaklínění plicnice tento typ katetru neumožňoval. Autor uzavírá, že metoda je bezpečná, komplikace neměl a po získání zkušeností u prvních 10 pacientů, kde byl úspěšný pouze u čtyř z nich, dokázal u dalších 50 pacientů katetrizaci úspěšně provést. U třech pacientů s trikuspidální regurgitací pak popsal, jak po přechodu tenkého katetru do pravé komory došlo k návratu regurgitačním rodem zpět do síně. Práce publikovaná před 60 lety vzbuzuje velký obdiv nad všemi detaily v práci popsanými a je zajímavé, že v literárních odkazech je až na výjimky opomíjena.

Dalšími, kdo popsali katetry k výkonům bez rentgenové kontroly, byli v roce 1965 W. O. Fife a B. S. Lees, kteří konstruovali tzv. self-guiding katetr pro pravostrannou katetrizaci (Fife, 1965). V jejich práci popisují stav tehdejších pravostranných katetrizací, kdy katetry obtížně procházely do arterie pulmonalis při zavádění bez fluoroskopické kontroly. Existovaly dva typy katetrů – jeden uvedený výše, který byl pro užití v klinické praxi příliš tuhý, balonek často praskal, manipulace s ním byla obtížná a nedoznal dalšího rozšíření. Druhý typ byl vytvořen Dotterem a Straubem, byl to velmi tenký a jemný katetr, který byl unášen proudem krve a hlavní limitací jeho užití byl fakt, že se zamotával již v pravé síni a do a. pulmonalis často „nedoplaval“. Fife a Lee vytvořili speciální katetr z trubičky z plastu, na distálním konci upravili 2 cm od konce další 2 cm – katetr vložili do horkého minerálního oleje, který ohřívali do chvíle, kdy se z materiálu začalo kouřit a pak distální konce protáhli až do 4 cm – vytvořili tak tenký konec, uvádějí že tento proces trval do 5 minut. Tento první katetr zkoušeli opakovaně 10 měsíců v experimentu: katetrizovali 62 psů a jednoho šimpanze, ve většině případů úspěšně prošli až do a. pulmonalis a do zaklínění v plicnici. V jejich práci pak popisují další údaje o tomto katetru, jeho další uplatnění v klinické praxi však v literatuře popsáno není. V roce 1969 také referovali M. M. Scheinman, J.A. Abott a E. Rapaport o použití plovoucího katetru k měření tlaků v pravém srdci (Scheinman, 1969).

### Příběh Jeremyho Swana a Williama Ganz

*Velkou osobností, která se zapsala do světové historie srdečních katetrizací, byl lékař Vilém Ganz. Příběh vzniku katetru, který vstoupil do praxe pod názvem Swanův a Ganzův katetr, je natolik cenný, že zde bude popsán ve všech známých detailech. Je potřeba uvést, že v roce 1968 nemocniční mortalita u akutního infarktu myokardu byla 30 %, a nedařilo se ji zlepšit. V Los Angeles se v tehdy sešli dva muži s naprosto rozdílným původem, kteří však měli stejný cíl – pokusit se o zlepšení přežívání nemocných s akutním infarktem myokardu. První byl doktor H. J. C. Swan, svými přáteli byl*



Obr. 19 William Ganz a H. J. C. Swan, termodiluční plovoucí katetr

nazýván „Jeremy“ Swan. Narodil se v roce 1922 v Irsku, v roce 1945 získal titul MD v Londýně, v letech 1946–1948 sloužil v Royal Air Force, po získání hodnosti PhD z fyziologie odjel na Mayo Clinic v Rochestru, USA, kde pracoval jako konzultant a v roce 1956 získal občanství Spojených států amerických. V roce 1965 se pak přesunul do Los Angeles, kde se stal ředitelem Division of Cardiology at the Cedar-Sinai Medical Center a profesorem University of California. O tři roky později přijal na jeho pracoviště Viléma Ganze, v této době již přejmenovaného na Williama Ganze.

Vilém Ganz se narodil v Československu v Košicích v roce 1919, studia na Karlově Univerzitě v Praze ukončil po druhé světové válce v roce 1947 se summa cum laude. Od roku 1951 pracoval v Ústavu pro choroby oběhu krevního (ÚCHOK) – předchůdce dnešního IKEM Praha, kde se společně s Arnoštem Fronkem věnovali měření průtoků pomocí termodiluce. V roce 1960 publikovali v časopisu *Circulation Research* práci *Measurement of flow in single blood vessels including cardiac output by local thermodilution* (Froněk, 1960). Dále zde spolupracoval s profesory Weberem a Brodem, v roce 1960 obhájil titul kandidáta věd. V roce 1966 se rozhodl odejít z komunistického režimu a spolu s manželkou Magdou a dvěma syny Tomášem a Petrem získal výjezdní doložku a ve 49 letech se mu podařilo s pomocí židovské obce emigrovat do USA a zde získal jako chudý emigrant místo v Cedars of Lebanon Hospital v Los Angeles, kde se pak v roce 1968 spojil ve spolupráci s Jeremym Swanem v Cedars-Sinai Medical Center. Spolu pak dali vzniknout novému plovoucímu katetru, který umožňoval měření minutového objemu srdečního metodou termodiluce (obr. 19).

Jeden z blízkých spolupracovníků Jeremého Swana byl James S. Forrester, který vývoj a vznik tohoto katetru velmi podrobně popsal: „Swan věřil, že měření hemody-

*namiky u nemocných s akutním infarktem myokardu může zlepšit jejich prognózu, a požádal kardiologa Ronalda Danziga, který pracoval na jednotce intenzivní péče, aby zkoušel jemný katetr bez rtg kontroly nechat doplavit krevním proudem do plicnice a do periferie plicního zaklínění. Doktor Danzig pak referoval, že se jemný katetr obvykle zamotá již v pravé síni a dále se nedostává. O několik týdnů později seděl Jeremy Swan na pláži v Santa Monice a pozoroval plachetnice na moři a náhle dostal nápad – pokud by byla plachta připevněna na katetru, mohl by být katetr lépe krví unášen do plicnice. Tuto myšlenku pak sdělil třem spolupracovníkům – Ronaldu Danzigovi, šéfovi katetrizační laboratoře, dr. Haroldu Marcusovi a novému přírůstku v laboratoři – dr. Williamu Ganzovi. Danzig nebyl nadšen, představoval si, jak bude uvolňovat „Swanovu“ plachtu zaklíněnou v chordách trikuspidální chlopně, Marcus sarkasticky popisoval, jak Swanův vynález bude putovat cirkulací jako deštník Mary Poppins! Jeremy Swan se nenechal odradit a v rámci své činnosti konzultanta v Edwards Laboratories, které sídlily hodinu jízdy z Los Angeles, představil svoji myšlenku nového katetru inženýrům společnosti. Ani u nich se nesetkal s pochopením, nedovedli si představit konstrukci malého katetru „ozdobeného“ na dálku ovládanou plachtou. Swan se ani poté nechtěl vzdát a po nějaké době vznikla myšlenka, zda by se plachta nedala nahradit balonkem na distálním konci katetru – v té době byly podobné balonkové katetry zkoušeny k embolektomiím. David Chonette, další ze spolupracovníků, se rozhodl, že udělá Jeremymu Swanovi radost, a vyrobil první primitivní balonkové katetry z dětských trubiček používaných k výživě, na distální konec umístil balonek a v roce 1968 první prototypy předal Williamu Ganzovi do laboratoře. Na zvířatech pak zjistili, že po zavedení do žilního systému tento katetr s nafouknutým balonkem putuje velmi snadno do plicnice. Ganz s Chonettem pak vyrobili nový typ takového katetru, který měl již dvě lumen, jedno do balonku a druhé k měření tlaků. James Forrester se v roce 1969 připojil k týmu Jeremyho Swana a spolu s doktorem Georgem Diamondem dostali od Willieho Ganzeho jeho nový double lumen katetr a rozhodli se ho vyzkoušet katetrizací u psa. Naslepo zavedli katetr do vnitřní jugulární žíly a během chvíle měli na monitoru tlak z pravé síně, a pak se po další chvíli postup katetru zastavil – mysleli si, že je v koronárním sinu – a po jeho povytažení viděli tlakovou křivku a. pulmonalis. Pod skioskopií pak potvrdili, že katetr je již v distální části větvení a. pulmonalis – předchozí tlaková křivka tedy nebyla z pravé síně, ale ze zaklínění plicnice, kam katetr snadno doplaval s krevním proudem. Po tomto překvapivém úspěchu v experimentu se rozhodli ověřit možnost využití i v humánní medicíně – etické komise v té době ještě neexistovaly. Tentýž katetr sterilizovali a přistoupili ke katetrizaci na jejich Myocardial Infarction Research Unit (MIRU) – po venesekci žíly na předloktí. Poprvé zavedený katetr u nemocného s akutním IM vyvolal po vstupu do pravé komory srdeční komorovou tachykardii, která naštěstí skončila ihned, když katetr prošel do a. pulmonalis. Později tentýž den Jeremy, James a Willie rozbírali první zkušenost, která mohla*

skončit i fatálně, a dohodli se na úpravě pozice balonku na katetru, nově byl umístěn až na samotném distálním konci katetru. David Chonette z Edwards Laboratories pak dokázal vytvořit optimální latexový balonek, který byl velmi jemný, neobturoval po naplnění lumen katetru a nedocházelo u něj ke vzniku komorových arytmií. Během několika měsíců provedli Forrester a Diamond 70 katetrizací u lůžka a Marcus dalších 30 v katetrizační laboratoři s výbornými výsledky. Dalším zásadním pokrokem pak byl příspěvek Willieho Ganzeho – při spojení katetru s dvěma termistory by mohl být měřen i minutový objem srdeční termodilučně –, a opět se uplatnil David Chonette z Edwards Laboratories. Dokázal vytvořit katetr se třemi separátními luminy – jedno k měření tlaků, druhé do balonku a třetí pro drátek k termistorům –, umístěným tak, aby měřily teplotu v síni a v a. pulmonalis. Swanův-Ganzův plovoucí katetr, který umožňoval jak doplutí do zaklínění, tak měření tlaku a minutového objemu srdečního, byl na světě.

V roce 2019 uváděl James Forrester, že za 50 let od prvního použití tohoto katetru jich bylo ve světě použito více než 25 milionů a významně přispěly k postupnému zlepšení péče nejprve o nemocné s akutním infarktem myokardu, později pak především u nemocných se srdečním selháním. Hemodynamické monitorování pomocí těchto katetrů postupně doznalo řady změn (Nossaman, 2010), ale v katetrizačních laboratořích i na jednotkách intenzivní péče stále zůstávají užívanými katetry.

## IV. LEVOSTRANNÁ SRDEČNÍ KATETRIZACE

Jak bylo uvedeno v předchozí části, pravostranná katetrizace se spolu s měřením minutového objemu srdečního stala standardní procedurou, která přispěla k lepší diagnostice jak u vrozených srdečních vad, tak u dalších kardiovaskulárních onemocnění. Bylo zřejmé, že katetrizace levého srdce přinese jiné výzvy a bude velmi náročné se s nimi vyrovnat. Bylo nutné brát v úvahu, že katetr bude postupovat proti toku krevního proudu, že je větší riziko spasmů tepen. Velkou otázkou byla problematika přechodu přes aortální chlopeň do levé komory srdeční.

První katetrizaci levého srdce provedl zřejmě pruský chirurg Dieffenbach v roce 1831, avšak jeho pokusy byly vždy zpochybňovány, neboť nebyly dokumentovány. Je pozoruhodné, že ke katetrizaci levého srdce bylo historicky vyvinuto celkem šest metod. Jsou označovány jako:

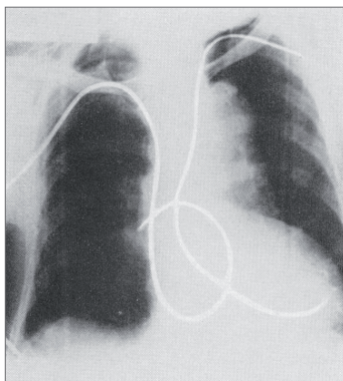
- » posterior perkutánní
- » transbronchiální
- » retrosternální
- » transseptální přístup k punkci levé síně
- » retrográdní arteriální
- » přední přímá punkce levé komory

Za přímý vstup do komory je považován retrográdní přístup přes aortální chlopeň, tuto techniku poprvé popsal a použil v roce 1950 Zimmerman a spol., a v roce 1953 vylepšil Seldinger využitím perkutánního zavedení katetru. Je zajímavé, že v době, kdy byl používán tento přístup, řada autorů i dále používala techniky ostatní, včetně přímé punkce levé komory srdeční, jak bude dále uvedeno.

Je jisté, že také v této části srdečních katetrizací vše zahájily experimentální práce. Již v roce 1933 Reboul a Racine provedli přímou perkutánní punkci obou srdečních komor u psů parasternálním přístupem, Rousthoi zavedl po punkci aorty retrográdně katetr do levé komory, ale nikdy neprovedl ventrikulografii. První úspěšnou retrográdní katetrizaci levé komory srdeční referovali Zimmerman (Cleveland City Hospital, USA) (Zimmerman, 1950) a Limon-Lason v roce 1950 (Limon-Lason, 1950) (obr. 20). Jako přístup použili ulnární arterii, kterou

chirurgicky otevřeli a poté opět zašili. Zaznamenali tlakové hodnoty v levé komoře i v aortě při pullbacku, získali snímky katetrů zavedených jak do řečiště plicnice při pravostranné katetrizaci, tak současně katetru zavedeného retrográdně do levé komory srdeční, neprovedli ventrikulografii.

Je však pozoruhodné, že přes realizovaný retrográdní přístup do levého srdce se v dalších letech dále uplatnilo několik technik využívajících přímé punkce síně a levé komory srdeční. Přístupy byly z dnešního pohledu až bizarní, z historického hlediska jsou jistě významné, a proto je postupně uvedeme podrobněji.



■ Obr. 20 Snímek z jedné z prvních katetrizací levé komory srdeční, druhý katetr v a. pulmonalis

## PŘÍMÁ PUNKCE PRAVÉ I LEVÉ KOMORY SRDEČNÍ

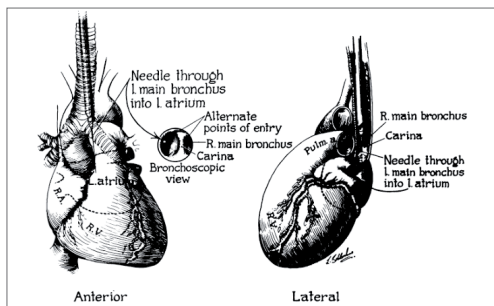
V roce 1951 referovali o přímé aplikaci kontrastní látky do levé komory srdeční Ponsdomenech s Nunezem z Havany na Kubě (Ponsdomenech, 1951). Je zajímavé, že autoři v době zahájení práce sami upozorňovali na to, že přímá punkce srdce jistě vzbudí pochybnosti z hlediska bezpečnosti a bude považována ze nehumánní. Přistupovali proto k experimentu a pak i ke klinické praxi velmi opatrně, s přesným vymezením všech detailů chystaných výkonů. Proceduru nazývali „cardioangiography“. V práci referují o 45 výkonech u třiceti nemocných bez komplikací, pouze 1× provedli perikardiografii, tu i v práci dokumentují. Na konci publikace ještě uvádějí, že v roce 1950 provedli ještě dalších 56 punkcí bez komplikací. K výkonu přistoupili po pečlivé experimentální přípravě na psech, u pacientů používali 35 cm dlouhou jehlu, kterou zaváděli v celkové anestezii pentothalem z epigastrického přístupu do pravé i levé komory srdeční. Po záznamu tlakové křivky z komory provedli angiografii nástřikem kontrastní látky, po skončení výkonu byla jehla vytažena a nemocný byl probuzen a sledován na lůžku ještě 10 dnů po punkci.

## TRANSBRONCHIÁLNÍ PUNKCE LEVÉ SÍNĚ

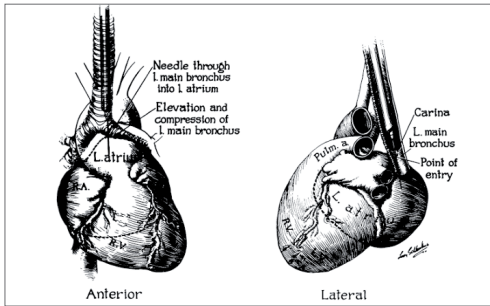
Jako kuriozitu musíme uvést také unikátní přístup do ouška levé síně přes bronchiální systém. V roce 1953 publikovali P. R. Allison a R. J. Linden z Leedsu ve Velké Británii práci, ve které popisují techniku punkce ouška speciálně upravenou jehlou, kterou zaváděli přes bronchoskop – punkci prováděli do anteromediální stěny pravého hlavního bronchu, odkud jehlu dále zavedli do ouška pravé síně. V práci prezentují normální tlakové křivky u nemocných s onemocněním plicním, dále pak křivky tlaků u nemocných s mitrální stenózou a insuficiencí (Allison, 1953).

Tuto techniku pak popsala také skupina Eugena Braunwalda z Clinic of Surgery, National Heart Institute, Bethesda, Maryland v roce 1960. Ve své práci referují o více než 500 levostranných katetrizacích provedených transbronchiální metodou, hodnotí ji jako užitečnou u řady srdečních onemocnění, především u chlopňových vad (Morrow, 1957) (obr. 21–24). Stejná skupina pak v roce 1959 shrnula všechny tehdy používané techniky levostranné srdeční katetrizace a zhodnotila jejich přínos v diagnostice srdečních onemocnění (Morrow, 1959). V souhrnu uvádějí následující techniky:

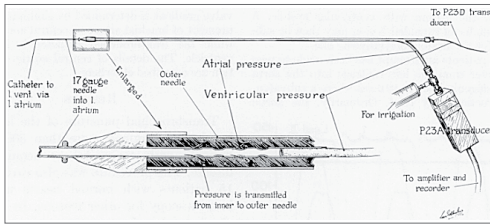
1. transbronchiální
2. transseptální
3. perkutánní punkce levé síně s přístupem kolem páteře
4. punkce levé komory subxifoidálním přístupem
5. retrogradní katetrizace z periferní tepny, přístup do levé komory přes aortální chlopiň
6. suprasternální punkce levé síně srdeční
7. katetrizace levého srdce přes intrakardiální komunikace u defektů septa síně



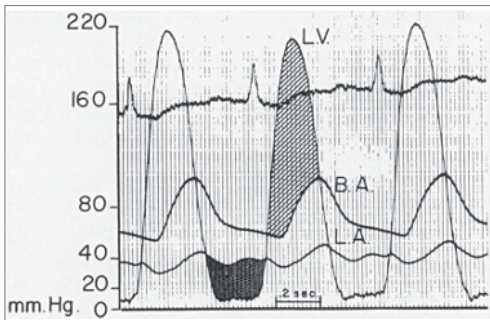
■ Obr. 21 Transbronchiální katetrizace levého srdce – schéma přístupu při normálních anatomických poměrech



■ Obr. 22 Transbronchiální katetrizace levého srdce – schéma přístupu u zvětšené levé síně



■ Obr. 23 Nákres jehly k transbronchiální punkci



■ Obr. 24 Záznam tlakových křivek z levé síně, levé komory a brachiální arterie získaný při transbronchiální katetrizaci (použity dvě punkční jehly)

## PŘÍMÉ MĚŘENÍ TLAKŮ V LEVÉ SÍNĚ, LEVÉ KOMOŘE A V AORTĚ

Techniku přímého měření tlaků v levé síni, v levé komoře a v aortě popsal jako první švédský lékař z Karolinska Institutu ve Stockholmu Viking Olov Björk v roce 1953 (Björk 1953). Vzhledem k tomu, že v tomto období byla tato až neuvěřitelná technika v klinické praxi používána, uvádíme její popis podrobně. Viking Björk publikoval výsledky přímého měření tlaků v srdci, které provedl u 60 nemocných s postižením mitrální chlopně, vyšetření proběhla bez komplikací a autor uvádí, že u indikovaných pacientů by mělo být prováděno. Používal jehlu zevního průměru 1,5 mm, délky 20 cm, vnitřního průměru 1 mm.