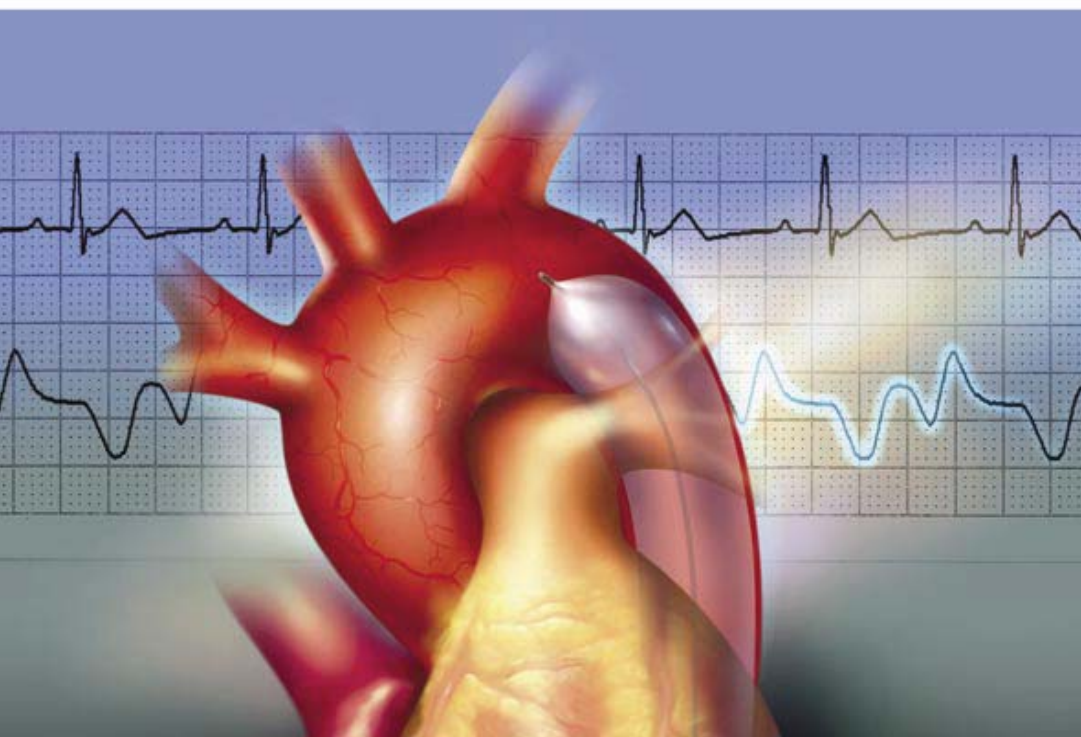


Jiří Mandák

---

# INTRAAORTÁLNÍ BALONKOVÁ KONTRAPULZACE



# Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

*Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.*



**MUDr. Jiří Mand’ák, Ph.D.** (1958), promoval na Lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Hradci Králové v roce 1983. Základní chirurgickou erudici získal na Chirurgické klinice FN a LF UK v Hradci Králové (1983 až 1985). Od roku 1985 přešel na nově vzniklou Kardiochirurgickou kliniku téže nemocnice. V roce 1986 složil atestaci z chirurgie I. stupně a v roce 1992 nástavbovou atestaci z kardiochirurgie. V letech 1993–1998 absolvoval externí postgraduální doktorandské studium (Ph.D.). Nyní působí jako kardiochirurg na Kardiochirurgické klinice FN a LF UK a jako odborný asistent na Katedře chirurgických oborů LF UK v Hradci Králové.

Je členem Evropské společnosti kardiotorakální chirurgie, České společnosti kardiovaskulární chirurgie, České společnosti pro mimotělní oběh a podpůrné systémy oběhu a České kardiologické společnosti.

**MUDr. Jiří Mandřák, Ph.D.**

## **INTRAAORTÁLNÍ BALONKOVÁ KONTRAPULZACE**

### **Recenzenti:**

Prof. MUDr. Jan Černý, CSc.

Doc. MUDr. Petr Němec, CSc.

© Grada Publishing, a.s., 2006

Cover Photo © MUDr. Pavel Žáček, Ph.D.

Illustrations © MUDr. Pavel Žáček, Ph.D.

Publikace byla vydána za sponzorského příspěví firem:

Arrow International ČR, a.s., Biomedica ČS s.r.o., Euromedical, spol. s.r.o.,

GlaxoSmithKline s.r.o., Lemma, a.s.

**ARROW**  
INTERNATIONAL CR, a.s.

**BIOMEDICA ČS** 

**euromedical**<sup>®</sup>  
PRODEJ ZDRAVOTNICKÉHO MATERIÁLU

  
GlaxoSmithKline

 **LEMMA**

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 2513. publikaci

Odpovědná redaktorka Mgr. Markéta Turynová

Sazba a zlom Josef Lutka

Počet stran 160

1. vydání, Praha 2006

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.*

*Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění ale nevyplývají pro autory ani pro nakladatelství žádné právní důsledky.*

*Všechna práva vyhrazena. Tato kniha ani její část nesmějí být žádným způsobem reprodukovány, ukládány či rozšiřovány bez písemného souhlasu nakladatelství.*

**ISBN 80-247-0734-9** (tištěná verze)

**ISBN 978-80-247-6309-5** (elektronická verze ve formátu PDF)

© Grada Publishing, a.s. 2011

# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk</b> .....	<b>9</b>
<b>Poděkování</b> .....	<b>10</b>
<b>Předmluva</b> .....	<b>11</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Historie kontrapulzace</b> .....	<b>15</b>
<b>2 Princip a efekt kontrapulzace</b> .....	<b>23</b>
2.1 Princip IABK .....	23
2.2 Efekt IABK .....	23
<b>3 Anatomicko-fyziologické aspekty kontrapulzace</b> .....	<b>35</b>
3.1 Elasticita aortální stěny .....	35
3.2 Intraaortální krevní tlak .....	35
3.3 Tepový objem .....	36
3.4 Periferní vazokonstrikce .....	36
3.5 Srdeční rytmus .....	36
<b>4 Technická kritéria účinnosti kontrapulzace</b> .....	<b>38</b>
4.1 Velikost a tvar balonku .....	38
4.2 Poloha balonku .....	39
4.3 Frekvence kontrapulzačních cyklů .....	40
<b>5 Spouštění a časování kontrapulzace</b> .....	<b>46</b>
5.1 Spouštění fází kontrapulzace ( <i>triggering</i> ) .....	46
5.1.1 Spouštění podle elektrokardiografického signálu ( <i>ECG trigger</i> ) .....	46
5.1.2 Spouštění podle arteriálního tlaku ( <i>pressure trigger</i> ) .....	49
5.1.3 Spouštění podle echokardiografického signálu .....	51
5.1.4 Vnitřní režim ( <i>internal mode</i> ) .....	52
5.2 Časování fází kontrapulzace ( <i>timing</i> ) .....	52
5.2.1 Nafouknutí balonku ( <i>inflation</i> ) .....	53

5.2.2	Vyfouknutí balonku ( <i>deflation</i> ) .....	53
5.2.3	Nesprávné časování ( <i>incorrect timing</i> ) .....	53
<b>6</b>	<b>Přístupy do cévního řečiště k zavedení kontrapulzačního balonku</b> .....	<b>59</b>
6.1	Způsob zavedení kontrapulzačního balonku .....	60
6.1.1	Zavedení balonku perkutánně .....	60
6.1.2	Zavedení balonku po předchozí chirurgické preparaci .....	68
6.2	Anatomická lokalizace místa zavedení .....	71
6.2.1	Stehenní tepna ( <i>arteria femoralis</i> ) .....	71
6.2.2	Pánevní tepna ( <i>arteria iliaca</i> ) .....	72
6.2.3	Vzestupná aorta ( <i>aorta ascendens</i> ) a oblouk aorty ( <i>arcus aortae</i> ) .....	72
6.2.4	Sestupná aorta ( <i>aorta descendens</i> ) .....	74
6.2.5	Tepny levé horní končetiny ( <i>arteria brachialis sinistra, arteria axillaris sinistra</i> ) .....	74
<b>7</b>	<b>Indikace</b> .....	<b>78</b>
7.1	Terapeutické indikace .....	79
7.1.1	Kardiogenní šok .....	79
7.1.2	Infarkt myokardu .....	81
7.1.3	Komplikace akutního infarktu myokardu .....	83
7.1.4	Komplikace během perkutánní koronární intervence ( <i>PCI</i> ) .....	84
7.1.5	Těžká nestabilní angina pectoris .....	85
7.1.6	Syndrom nízkého minutového srdečního výdeje .....	85
7.1.7	Ischemické změny myokardu během kardiochirurgické operace .....	86
7.1.8	Ischemické změny myokardu a selhávání oběhu během „nesrdeční“ operace ( <i>non-cardiac surgery</i> ) .....	87
7.1.9	Terapeutický „most“ k transplantaci srdce .....	87
7.1.10	Podpora oběhu při jiné mechanické podpoře .....	88
7.1.11	Podpora oběhu při ECMO .....	88
7.1.12	Kontuze srdce .....	89
7.1.13	Anafylaktický a septický šok .....	89
7.1.14	Ischemie CNS .....	90

7.1.15	Krvácení do gastrointestinálního traktu .....	90
7.1.16	Krvácení z gynekologické příčiny .....	90
7.1.17	Dilatace jícnu .....	91
7.2	Profylaktické indikace .....	91
7.2.1	Profylaktická IABK při elektivní perkutánní koronární intervenci ( <i>PCI</i> ) .....	91
7.2.2	Profylaktická IABK při urgentní perkutánní koronární intervenci ( <i>PCI</i> ) .....	93
7.2.3	Profylaktická IABK při srdeční operaci .....	95
7.2.4	Profylaktická IABK při „nesrdeční“ operaci ( <i>non-cardiac surgery</i> ) .....	99
7.2.5	Problémy spojené s profylaktickým použitím IABK .....	100
7.2.6	IABK během transportu na jiné pracoviště .....	101
<b>8</b>	<b>Kontraindikace .....</b>	<b>111</b>
8.1	Insuficience aortální chlopně .....	111
8.2	Disekce a aneuryzma aorty .....	112
8.3	Ruptura aorty .....	112
8.4	Předchozí operace na aortě a aortální chlopně .....	112
8.5	Předchozí operace na periferním tepenném řečišti .....	113
8.6	Stenózující změny tepenného řečiště .....	114
8.7	Obezita .....	114
<b>9</b>	<b>Komplikace intraaortální balonkové kontrapulzace .....</b>	<b>116</b>
9.1	Cévní komplikace .....	117
9.1.1	Ischemické komplikace .....	117
9.1.2	Poranění cévní stěny .....	119
9.1.3	Krvácení .....	122
9.1.4	Trombotické komplikace .....	124
9.1.5	Zavedení do žilního systému .....	125
9.1.6	Pozdní cévní komplikace .....	126
9.2	Trombocytopenie .....	126
9.3	Infekční komplikace .....	127
9.4	Technické komplikace .....	128
<b>10</b>	<b>Intraaortální balonková kontrapulzace v pediatrii .....</b>	<b>135</b>

<b>11 Jiné metody kontrapulzace</b> .....	<b>139</b>
11.1 Kontrapulzace plicní tepny ( <i>arteria pulmonalis</i> ) .....	139
11.2 Kontrapulzace ascendentní aorty .....	140
11.3 Muskulární kontrapulzace .....	140
11.4 Juxtaaortální kontrapulzace .....	140
11.5 Paraaortální kontrapulzace .....	141
11.6 Kontrapulzace pomocí svalové plastiky ( <i>aortomyoplasty</i> ) .....	142
11.7 Kontrapulzace pomocí svalové komory ( <i>skeletal muscle ventricle</i> ) .....	143
11.8 Břišní kontrapulzace ( <i>abdominal counterpulsation</i> ) .....	144
11.9 Externí kontrapulzace ( <i>EECP, enhanced external counterpulsation</i> ) .....	144
<b>12 Péče o nemocné s intraaortální balonkovou kontra- pulzací</b> .....	<b>149</b>
12.1 Péče o místo zavedení balonku .....	150
12.2 Kontrola vitality končetiny .....	150
12.3 Kontrola celkového stavu .....	153
12.4 Antibiotická terapie .....	153
12.5 Antikoagulační terapie .....	154
12.6 Odpojování od kontrapulzace ( <i>weaning</i> ) .....	154
<b>13 Zkušenosti s IABK na Kardiochirurgické klinice FN a LF UK v Hradci Králové</b> .....	<b>156</b>
<b>Rejstřík</b> .....	<b>159</b>



## Seznam použitých zkratk

a.	arteria
ACD	arteria coronaria dextra
ACS	arteria coronaria sinistra
ACT	activated clotting time
AIM	akutní infarkt myokardu
AKB	aortokoronární bypass
AP	angina pectoris
APTT	activated partial tromboplastin time
BVAD	biventricular assist device
CI	cardiac index
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervový systém
CPB	cardiopulmonary bypass
DSK	defekt septa komor
ECC	extracorporeal circulation
ECG	electrocardiogram
ECMO	extracorporeal membrane oxygenation
EF	ejekční frakce
EKG	elektrokardiogram
GIT	gastrointestinální trakt
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc
i.v.	intravenózní
IABK	intraaortální balonková kontrapulzace
IABP	intra-aortic balloon pump
ICHS	ischemická choroba srdeční
IM	infarkt myokardu
JIP	jednotka intenzivní péče
LK	levá komora
LVAD	left ventricular assist device
MO	mimotělní oběh
MV	minutový výdej
PCI	percutaneous coronary intervention
PK	pravá komora
rtg	rentgen
v.	vena

*Význam anglických zkratk je vysvětlen v textu.*

## Poděkování

Dovolte mi, abych touto cestou poděkoval především panu prof. MUDr. Janu Dominikovi, CSc., za cenné připomínky, rady i odbornou revizi. Neméně důležitý byl i jím vyvíjený tlak na mou osobu, abych práci včas dokončil.

Dále bych chtěl poděkovat panu MUDr. Pavlu Žáčkovi, Ph.D., za spolupráci při vytváření obrazové, fotografické a grafické dokumentace.

Můj dík patří i panu doc. MUDr. Vladimíru Lonskému, Ph.D., za řadu odborných připomínek při závěrečné úpravě celého textu.

Zároveň bych také rád poděkoval všem sponzorům, bez jejichž finanční pomoci by toto dílo nemohlo vůbec vzniknout.

Velký dík patří samozřejmě mé rodině a mým blízkým za nezměrnou trpělivost a podporu po celou dlouhou dobu zrodu této publikace.

## Předmluva

Geniální myšlenka principu intraaortální balonkové kontrapulzace je známa již více než 50 let. V roce 1953 bratři Kantrowitzové, lékař Adrian a technik Arthur, publikovali experimentální práci o možnostech zvýšení koronárního průtoku augmentací diastolického tlaku. V klinické praxi však poprvé intraaortální balonkovou kontrapulzací použil Mouloupoulos v Clevelandu v roce 1961. Přesto za duchovního otce, který má největší zásluhy o rozvíjení této metody jak v experimentu, tak i v klinické praxi, je oprávněně považován Adrian Kantrowitz. Ten také v roce 1968 publikoval práci o dobrých klinických zkušenostech s použitím kontrapulzace u nemocných v kardiogenním šoku. Mortimer Buckley v roce 1972 popsal úspěšné používání kontrapulzace v kardiochirurgii při nemožnosti odpojit operované od mimotělního oběhu. A z historie nutno zmínit ještě první perkutánní zavedení kontrapulzace Bregmanem v roce 1979. V průběhu 80. let minulého století se metoda intraaortální balonkové kontrapulzace postupně rozšířila na všechna pracoviště srdeční chirurgie a stala se nejčastěji používanou mechanickou srdeční podporou. Od té doby trvá oprávněná obliba této metody pro její dostupnost, relativně snadné zavádění a také pro její vysokou účinnost. Do dnešního dne pokračuje nepřetržitý vývoj kontrapulzačních přístrojů, který je charakterizován zaváděním nových materiálů, nových technologií a hlavně sofistikováním počítačových softwarů, které dnes automaticky řídí všechny funkce kontrapulzace.

Kardiovaskulární choroby jsou výstižně nazývány smrtící epidemií nejen druhé poloviny minulého století, ale i začátku nového tisíciletí. Jsou totiž zodpovědné za více než polovinu všech úmrtí ve vyspělých zemích. Poslední půlstoletí je však současně i obdobím obrovského rozvoje kardiochirurgie, kardiologie a intenzivní medicíny. A právě v těchto oborech se kontrapulzace využívá a dnes jí již statisíce nemocných vděčí za záchranu života. Intraaortální balonková kontrapulzace umožňuje kriticky nemocným překlenout období levostranného srdečního selhání, které je medikamentózní léčbou nezvládnutelné a přitom je reverzibilní. Vzácněji v případě ireverzibilního selhání může být i mostem k transplantaci srdce.

Intraaortální balonková kontrapulzace je v současnosti využívána asi u 2 % srdečních operací, a to buď při nemožnosti odpojení operovaného

od mimotělního oběhu nebo v časném pooperačním průběhu při rozvoji farmakologicky nevládnutelné levostranné srdeční slabosti. V posledních letech si kontrapulzace po zásluze vydobyla nezastupitelné místo i v katetrizačních laboratořích. Zde se uplatňuje při perkutánních koronárních intervencích především u nemocných akutně řešených v kardiogenním šoku, ale i u plánovaných intervencích u enormně rizikových nemocných. Dále je kontrapulzace používána i na koronárních jednotkách ke zvládnutí náhlých situací při komplikacích akutního infarktu myokardu.

Jiří Mandáček se úspěšně zhostil nelehkého úkolu. Podařilo se mu sepsat monografii přiměřeného rozsahu, ve které čtenář najde všechny potřebné teoretické i praktické informace o kontrapulzaci. Monografie je určena především kardiochirurgům, perfuzionistům, kardiologům a intenzivistům. Jsem přesvědčen, že závažnost, aktuálnost a klinický význam probírané problematiky si právem zasloužil vydání tohoto zdařilého díla.

Prof. MUDr. Jan Dominik, CSc.

# Úvod

Nemoci kardiovaskulárního systému patří v současnosti k nejčastějším onemocněním vůbec a jsou příčinou více než 50 % všech úmrtí v naší republice.

Tento alarmující počet přetrvává i přes obrovské pokroky v léčbě srdečních chorob. Stále se zlepšující farmakologická terapie přináší nové a nové možnosti ovlivnění těchto onemocnění. Nebývalý rozvoj intervenční kardiologické a radiologické terapie, především užití perkutánních koronárních plastik s implantací intrakoronárních stentů, perkutánních valvuloplastik či intervenčních ovlivnění srdečních arytmií, významně posouvá možnosti léčby nemocných se srdečním onemocněním. Stejně tak byl u nás v posledních letech zaznamenán i zásadní vzestup počtu srdečních operací.

Tímto dynamickým nárůstem, a to nejen co do kvantity a kvality, ale i co do dostupnosti poskytované specializované péče, se naše republika zařadila na přední místo v Evropě v léčbě kardiovaskulárních onemocnění.

Na druhé straně však významně roste počet nemocných vyššího věku, nemocných v pokročilých fázích onemocnění, s významným poškozením srdeční funkce, s difúzním sklerotickým postižením koronárního řečiště. Stejně tak narůstá počet nemocných se závažnými přidruženými chorobami.

Přesto či právě proto, tak úměrně roste i celkový počet nemocných v pokročilých, nejzávažnějších fázích onemocnění, ve stadiu srdečního selhávání. U těchto nemocných je pak, vedle dosavadní terapie, často jednou z posledních terapeutických možností použití tzv. dočasné mechanické podpory srdeční činnosti. Jedná se o zařízení, která jsou schopna, více či méně, dočasně podpořit, či dokonce nahradit srdce jako pumpu a překlenout tak akutní fázi srdečního selhání nebo překlenout dobu nutnou k definitivnímu intervenčnímu či operačnímu řešení.

Mezi podpůrné srdeční systémy patří různé typy tzv. levostranných (*LVAD, left ventricular assist device*), pravostranných (*RVAD, right ventricular assist device*) nebo oboukomorových (*BVAD, biventricular assist device*) mechanických srdečních podpor. Mezi mechanické podpory levé komory se řadí i tzv. intraaortální balonková kontrapulzace (*IABP, intra-aortic balloon pump, intra-aortic balloon counterpulsation*).

Intraaortální balonková kontrapulzace patří v současnosti mezi standardní klinické metody. Je užívána nejen na kardiochirurgických pracovištích

a v katetrizačních laboratořích, ale i na koronárních jednotkách a jednotkách intenzivní a resuscitační péče.

Současná medicína, všechny její obory a odvětví, zažívá neuvěřitelný rozvoj díky obrovskému nástupu techniky, elektroniky a počítačových systémů. Na základě této skutečnosti se v posledních desetiletích rozvinula řada nových metod a technologií. Každý medicínský obor tak využívá a aplikuje nejnovější poznatky vědy. Jednotlivá odvětví se dynamicky rozvíjejí a specializují. To umožňuje diagnostiku i léčbu všech onemocnění na nejvyšší úrovni.

Tato vysoká specializace jednotlivých oborů však sebou přináší i určitá úskalí. Jedním z nich je nemožnost obsáhnout nové poznatky všech oborů jedním člověkem. Využití nových poznatků a nových specializovaných metod z jednoho oboru v oboru jiném tak není často možné.

Jedním z typických příkladů je i intraaortální balonková kontrapulzace. Přestože tato metoda patří dnes v některých oborech k terapeutickému standardu, na jiných specializovaných pracovištích se o této léčebné metodě vůbec neví. Přesto by pravděpodobně mohla pomoci nemocnému v kritickém stavu i jinde.

Věřím, že by tato publikace mohla poskytnout široké odborné veřejnosti základní orientaci v problematice této vysoce specializované klinické metody, doplnit chybějící informace, překlenout případnou mezioborovou izolaci a nabídnout metodu i specialistům jiných klinických oborů.

V knize nevelkého rozsahu je ve stručnosti nastíněna anatomicko-fyziologická problematika, technické aspekty, indikace a kontraindikace, stejně jako i některé problémy spojené s klinickým použitím této metody.

V žádném případě se však tato práce nesnaží nahrazovat podrobné návody k použití, standardně dodávané výrobcí ke každému kontrapulzačnímu přístroji.

# 1 Historie kontrapulzace

Vývoj a klinické experimenty s cílem zlepšit prokrvení ischemického myokardu mechanickou podporou, podobně jako experimenty s podporou srdce selhávajícího jako pumpa, spadají do časných 50. let.

Už v roce 1953 bratři Kantrowitzové, lékař Adrian a technik Arthur, publikovali první experimentální práce o augmentaci koronárního řečiště během diastoly a ukázali tak možnou cestu dalšího vývoje [1, 2].

Jejich prvotní experiment byl založen na jednoduchém principu. Zakanylovaná koronární tepna pokusného zvířete byla plněna krví odebíranou ze stehenní tepny přes hadicový systém optimální délky tak, aby během systoly vypuzená krev dorazila přes tento uzavřený okruh (stehenní tepna–, „zpoždovací vedení“–koronární tepna) do koronární tepny právě při srdeční diastole.

V další experimentální práci na zvířatech pak oba autoři popisují možnost zlepšení intrakoronárního průtoku zvýšením intraaortálního tlaku během diastoly. Dosáhli toho stahováním elektricky stimulované bránice, kterou odpreparovali a fixovali okolo sestupné aorty.

V následujících letech myšlenku augmentace koronárního průtoku během diastoly dále rozvíjela celá řada autorů, z nichž je možno jmenovat především Clause [3], Lefemina s Harkenem [4] a Birtwella [5]. Tito autoři pracovali na podobné koncepci. Během systoly odebranou krev z velké arterie vraceli zpět do téže tepny během diastoly pomocí pneumatických či mechanických systémů. Naráželi však na zásadní problémy dané viskozitou krve, relativně malým množstvím pumpované krve, poškozováním krevních elementů i cévní stěny a srážením krve.

Princip kontrapulzace i její první klinické použití popsal jako první Moulopoulos v roce 1962 [6]. Spolu s technikem Topazem a ostatními pracovníky výzkumné laboratoře kliniky v americkém Clevelandu zdokonalili a připravili zařízení vhodné pro kontrapulzaci, tak jak je známe dnes.

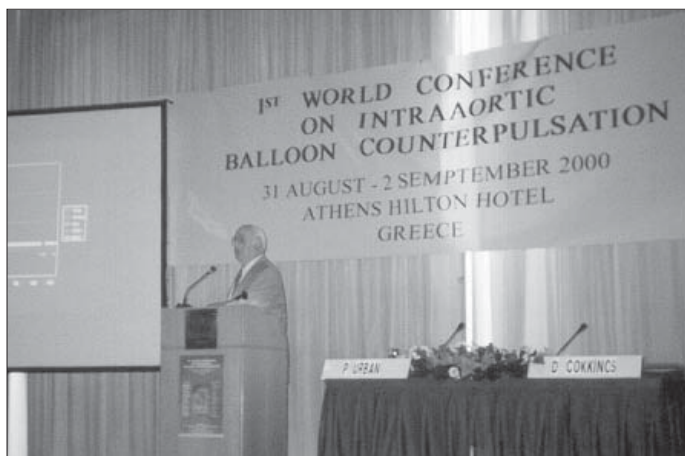
Hemodynamické změny byly během kontrapulzace navozovány nafukováním a vyfukováním balonku v sestupné aortě, časově vázaném na srdeční akci. Výhody byly zřejmé. Krev neopouštěla cévní řečiště pacienta, nebyla traumatizována v hadicovém systému mimo pacienta, nebylo nutno řešit problémy s průtokem krve neendotelizovaným hadicovým systémem apod. První balonky byly vyrobeny z latexového, tzv. Penrosova drénu, který byl

fixován na polyetylenový katétr. Balonky byly plněny oxidem uhličitým, který se ukázal bezpečnějším než původně zamýšlený a v experimentu používaný vzduch. Problémem však paradoxně nebylo plnění balonku plynem, ale jeho rychlé vypouštění. V té době nebyla dosud vyvinuta adekvátní vakuová pumpa, použitelná právě k těmto účelům. Postupně byla tato metoda propracována a bylo optimalizováno i časové spouštění nafukování a vyfukování balonku. Mouloupoulos jako první použil k časování moment uzavěru aortální chlopně (tzv. dikrotický zářez na tlakové křivce).

Tak mohla být tato metoda s úspěchem poprvé použita v roce 1961 (publikována v roce 1962) u nemocného v kritickém stavu při invazivním vyšetření v katetrizační laboratoři v clevelandské univerzitní nemocnici. Přestože kontrapulzovaný nemocný nakonec zemřel na následky kardiogenního šoku při rozsáhlém infarktu myokardu, byla poprvé jednoznačně prokázána účinnost metody [6].

Přesto ale největší zásluhy na dalším rozvinutí IABK a na jejím uvedení do širší klinické praxe má A. Kantrowitz (obr. 1.1).

Systematicky rozvíjel nejen vlastní poznatky, ale i zkušenosti clevelandské laboratoře. Upravil tvar kontrapulzačního balonku, polyuretanový materiál k jeho výrobě nahradil polytetrafluorethylenem a začal používat k náplni



**Obr. 1.1** *Kantrowitz přednášející na 1. světové konferenci o intraaortální balonkové kontrapulzaci (Atény, Řecko, 2000).*



balonku helium místo oxidu uhličitého. V roce 1968 publikoval první úspěšné klinické použití kontrapulzace u většího počtu nemocných [7, 8]. Právem ho proto můžeme označit za „duchovního otce“ metody (obr. 1.2).

V následných letech dochází k postupnému rozvoji metody a uplatnění v široké klinické praxi. Objevuje se řada publikací o úspěšném použití na více pracovištích a jsou publikovány stále vyšší počty úspěšně léčených pacientů. Současně se rozšiřuje i spektrum indikací k použití metody. Kontrapulzace byla úspěšně použita nejen u nemocných v kardiogenním šoku, ale i u nemocných s infarktem myokardu, nestabilní anginou pectoris a především u nemocných po kardiochirurgické operaci s použitím mimotělního oběhu. Poprvé tuto metodu, nezávisle na sobě, použili, resp. publikovali, Mundth s Buckleyem a Burger již v roce 1973 [9, 10, 12].

Stejně tak byly publikovány i různé způsoby zavádění balonků. Vedle klasického zavedení femorální tepnou např. i přímou kanylací vzestupné aorty, kanylací aorty přes našitou cévní protězu nebo zavedení balonku cestou podklíčkové tepny.

Byly vyvinuty nové typy balonků, jako např. balonek se dvěma samostatně nafukovatelnými oddíly. Menší, distálně uložený balonek nejprve uzavíral lumen sestupné aorty před vlastním nafouknutím centrální části a tak bránil odtoku krve do periferie při nafouknutí balonku většího.

O další zlepšení této metody se zasloužilo vyvinutí balonku s centrálním lumenem. Tak bylo možno po kovovém vodiči zavádět či upravovat polohu balonku. Stejně tak bylo díky tomu možno snímat intraaortální krevní tlak nad balonkem či aplikovat kontrastní látku pro případné zobrazení.

Vedle stále se zmenšující velikosti balonků, resp. katétrů se o významné snížení počtu ischemických komplikací zasloužilo i zavedení techniky inserce balonku bez *sheathu* tzv. *sheathless*. Celkový průsvit zavedeného katétru je tak menší a riziko uzávěru tepny nižší.



**Obr. 1.2** Kantrowitz spolu s autorem knihy.

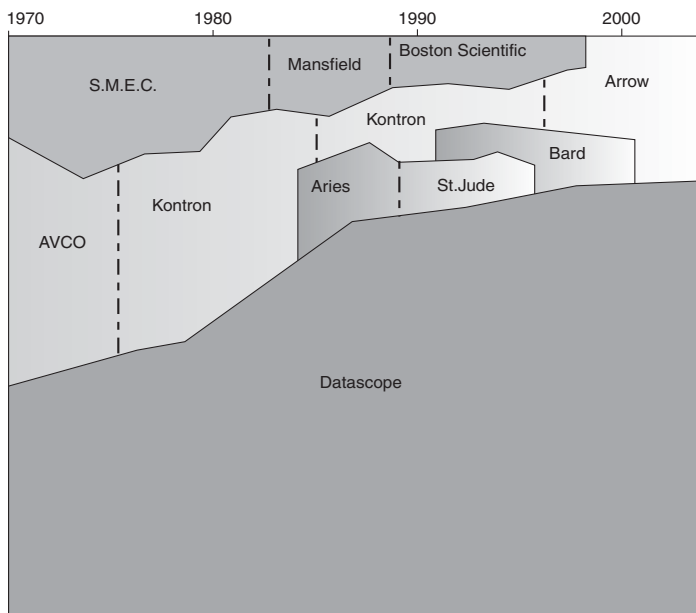
Zcela zásadním milníkem v rozšíření a dostupnosti metody však bylo zavedení tzv. Seldingerovy metody k zavádění kontrapulzačního balonku. Jedná se o vstup do cévního řečiště perkutánně vpichem, po kovovém zavaděči. Právě až užití této metody, publikované poprvé Bregmanem [13] a Subramaniamem v roce 1980 [9], dovolilo větší rozšíření metody kontrapulzace i na pracoviště bez tzv. chirurgického zázemí. Do té doby bylo totiž možné zavedení pouze po předchozí chirurgické preparaci, a tak byla nutná přítomnost erudovaného chirurga nejen při zavádění, ale i po ukončení IABK. Díky této revoluční změně se metoda intraaortální balonkové kontrapulzace rozšířila i na pracoviště na chirurgii nezávislá [11, 13–15].

Mezi země zabývající se problematikou mechanické podpory srdeční činnosti se zařadilo i Československo. Dlouhodobý systematický výzkum na brněnských, a posléze i pražských a bratislavských pracovištích, vedl k vývoji několika typů přístrojů k podpoře selhávajícího srdce. V 70. letech byl na katedře patologické fyziologie Lékařské fakulty Univerzity J. E. Purkyně v Brně, pod vedením prof. Vašků, vyvinut a uveden do praxe kontrapulzační přístroj vlastní konstrukce, s typovým označením Chirasist. K jeho prvnímu klinickému použití, a tak prvnímu užití metody IABK u nás, došlo na II. chirurgické klinice LF UJEP v Brně v únoru 1972. Tento přístroj byl poté s úspěchem používán nejen na brněnském pracovišti, ale i např. v Moskvě [16,17,18].

Paralelně s vývojem intraaortální podpory se rozvíjí i metoda tzv. externí kontrapulzace. Tato neinvazivní metoda byla poprvé popsána Dennisem v roce 1963 [19]. Princip metody spočíval v zevním stlačování dolních končetin speciálními válci, ve kterých končetiny spočívaly. Zevní kompresí, synchronizovanou se srdeční akcí, byla v diastole z periferního tepenného řečiště končetin vymasírována krev zpět do sestupné aorty. Tím byl zvyšován intraaortální tlak a zlepšeno prokrvení koronárních tepen. Snížení *afterloadu* však touto metodou dosaženo nebylo, neboť válce, či lépe řečeno rukávce, byly plněny vodou a tu nebylo možno dostatečně rychle pumpovat tak jako plyn. Problémy nastávaly také s omezením venózního odtoku z komprimovaných končetin. Přestože byly v literatuře publikovány práce s užitím této neinvazivní podpory oběhu i v humánní medicíně, pro řadu komplikací upadla nakonec na dlouhá léta v zapomnění. V posledních letech však tato metoda zažívá období renesance. Balonové rukávce okolo dolních končetin byly zdokonaleny, jsou plněny plynem a synchronizace podle EKG nemocného je řízena počítačově. Byly zaznamenány dobré výsledky především při léčbě chronické anginy pectoris a chronického srdečního selhávání.

Stejně tak neseznala rozšíření i další metoda externí, ale invazivní kontrapulzace, kterou navrhl Kantrowitz [4]. Na zevní stěnu sestupné aorty, přístupem z levostranné torakotomie, fixoval speciální silikonový „polštář“, který po nafouknutí plynem v diastole stlačoval sestupnou aortu. Přestože byl efekt podobný jako při intraaortální kontrapulzaci, vyžadovala tato metoda rozsáhlý operační přístup a relativně náročný chirurgický výkon, což dále zhoršovalo kritický stav nemocného. Po ukončení kontrapulzace byl navíc nezbytný další operační výkon, což zcela eliminovalo případné výhody tohoto typu kontrapulzace.

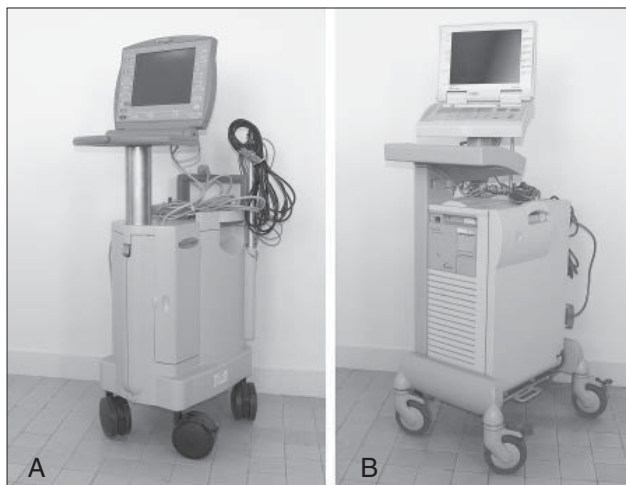
Následující období „historie“ intraaortální balonkové kontrapulzace je charakterizováno zájmem firem, které postupně přebírají iniciativu na poli dalšího výzkumu a vývoje (obr. 1.3).



**Obr. 1.3** Rozvoj, fúze a zastoupení jednotlivých firem, které se zabývají problematikou intraaortální balonkové kontrapulzace (schéma). Převezato a upraveno z Datascope LifeLines. Counterpulsation Overview. P/N: 0002–08–0399 R1.

Rozvíjejí se nové technologie ve výrobě kontrapulzačních balonků i přístrojů, jsou používány nové materiály. Podařilo se zmenšit průsvit katétru a tak výrazně snížit počet ischemických komplikací dolních končetin. Nové materiály umožnily rychlejší pohyb balonku, jeho rozbalení při nafouknutí i rychlejší splasknutí při vyfouknutí. Byly vyvinuty nové pneumatické jednotky kontrapulzačních přístrojů, a tak bylo dosaženo rychlejšího pumpování plynu. Dále byly zmenšeny rozměry i hmotnost kontrapulzačních přístrojů a byly vyvinuty jejich transportní varianty. Zvýšila se také kapacita elektrických baterií a tím byla prodloužena možnost kontrapulzace bez napojení na elektrickou síť.

Současný trend rozvoje je ale určován především využitím nejmodernější počítačové techniky. Stále dokonalejší hardwarové i softwarové vybavení umožňuje přesně optimalizovat fázování kontrapulzace, což je obrovským přínosem především u nemocných se srdečními tachyarytmiemi. Ovládání přístrojů a manipulace s nimi se díky počítačové technice významně zjednodušily. Celá řada dílčích kroků je automatizována. U nejnovějších přístrojů je plně automatizováno i zahájení a další řízení standardní kontrapulzace (obr. 1.4).



**Obr. 1.4** Přístroje pro intraaortální balonkovou kontrapulzaci.

A – ARROW® AutoCAT 2WAVE

B – DATASCOPE® System 98