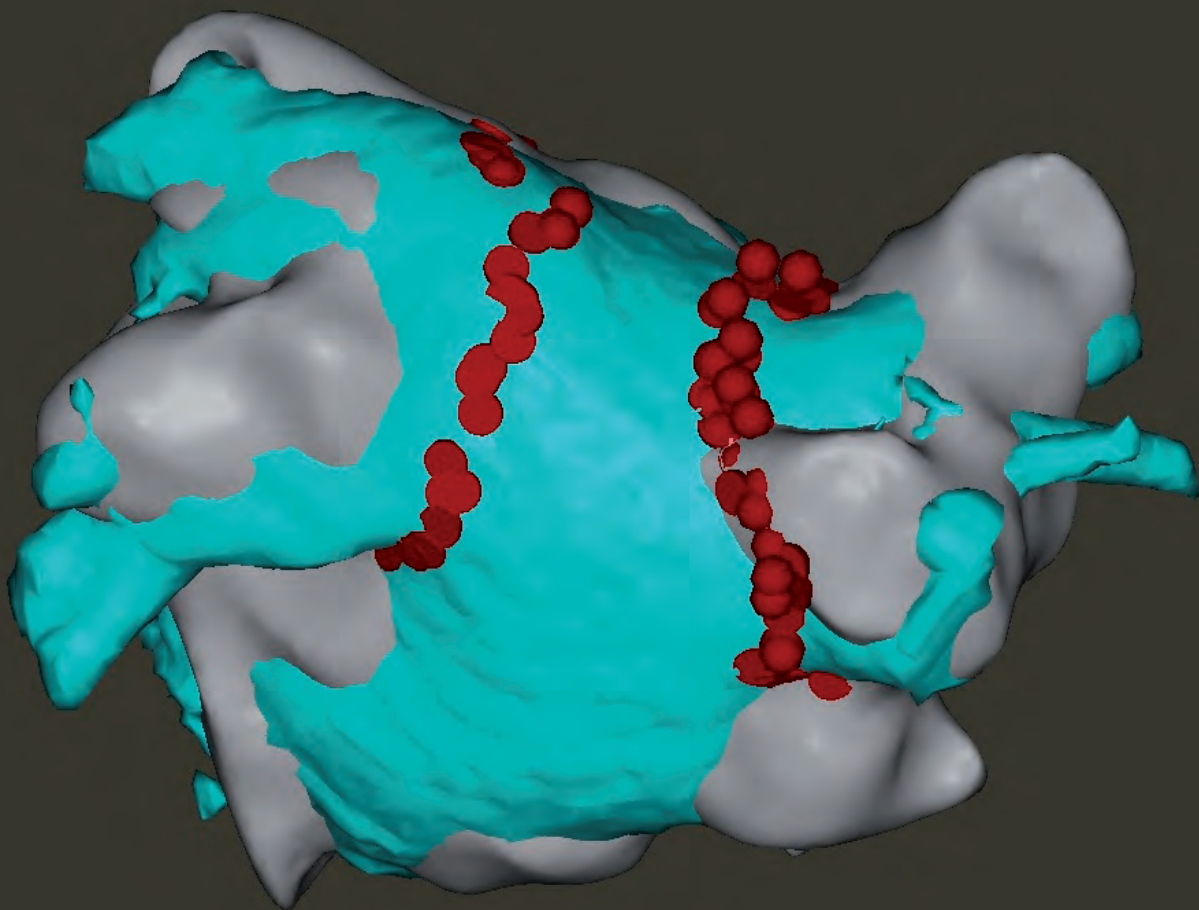


Martin Eisenberger, Alan Bulava, Martin Fiala

Základy srdeční elektrofyzologie a katéetrových ablací



Martin Eisenberger, Alan Bulava, Martin Fiala

Základy srdeční elektrofyzologie a katéetrových ablací

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.

MUDr. Ing. Martin Eisenberger, Ph.D., doc. MUDr. et Mgr. Alan Bulava, Ph.D.,
doc. MUDr. Martin Fiala, Ph.D.

Základy srdeční elektrofyzologie a katédrových ablací



Autoři:

Doc. MUDr. et Mgr. Alan Bulava, Ph.D. – Kardiocentrum Nemocnice
České Budějovice, a.s., Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích,
I. interní – kardiologická klinika FN Olomouc
MUDr. Ing. Martin Eisenberger, Ph.D. – OLV Hospital, Aalst, Belgie
Doc. MUDr. Martin Fiala, Ph.D. – Nemocnice Podlesí, a.s., Třinec a Interní kardiologická klinika
LF MU a FN Brno

Recenzovali:

doc. MUDr. Petr Heinc, Ph.D.
prof. MUDr. Josef Kautzner, CSc., FESC

TIRÁŽ TIŠTĚNÉ PUBLIKACE:

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2012

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2012

Fotografii na obálku dodali autoři.

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 4798. publikaci

Odpovědná redaktorka Mgr. Helena Vorlová

Hlavní ilustrátor David Sitek, obrázky 1.5, 2.2, 2.4, 2.5, 3.2, 3.3, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, 5.8, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4,
6.5, 7.1, 7.3, 15.7, 15.10, 15.18 a 15.20 dle předloh autorů překreslil MgA. Radek Krédl.

Sazba a zlom MgA. Radek Krédl.

Počet stran 264

Vydání první, Praha 2012

Vytiskla tiskárna FINIDR s. r. o., Český Těšín



**Autoři a nakladatelství děkují společnostem INLAB Medical, s.r.o., BIOTRONIK Praha, spol. s r.o.,
CARDION, s.r.o. a Euromedical, s.r.o., za podporu, která umožnila vydání publikace.**

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

Postupy a příklady v 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.

ISBN 978-80-247-3677-8

ELEKTRONICKÉ PUBLIKACE:

978-80-247-8007-8 (pro formát PDF)

978-80-247-8008-5 (pro formát EPUB)

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.

**MUDr. Ing. Martin Eisenberger, Ph.D., doc. MUDr. et Mgr. Alan Bulava, Ph.D.,
doc. MUDr. Martin Fiala, Ph.D.**

Základy srdeční elektrofyzologie a katédrových ablací

Autoři:

Doc. MUDr. et Mgr. Alan Bulava, Ph.D. – *Kardiocentrum Nemocnice*

České Budějovice, a.s., *Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích,*

I. interní – kardiologická klinika FN Olomouc

MUDr. Ing. Martin Eisenberger, Ph.D. – *OLV Hospital, Aalst, Belgie*

Doc. MUDr. Martin Fiala, Ph.D. – *Nemocnice Podlesí, a.s., Třinec a Interní kardiologická klinika
LF MU a FN Brno*

Recenzovali:

doc. MUDr. Petr Heinc, Ph.D.

prof. MUDr. Josef Kautzner, CSc., FESC

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2012

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2012

Fotografii na obálku dodali autoři.

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 4798. publikaci

Odpovědná redaktorka Mgr. Helena Vorlová

Hlavní ilustrátor David Sitek, obrázky 1.5, 2.2, 2.4, 2.5, 3.2, 3.3, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, 5.8, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 7.1, 7.3, 15.7, 15.10, 15.18 a 15.20 dle předloh autorů překreslil MgA. Radek Krédl.

Sazba a zlom MgA. Radek Krédl.

Počet stran 264

Vydání první, Praha 2012

Vytiskla tiskárna FINIDR s. r. o., Český Těšín



***Autoři a nakladatelství děkují společnostem INLAB Medical, s.r.o., BIOTRONIK Praha, spol. s r.o.,
CARDION, s.r.o. a Euromedical, s.r.o., za podporu, která umožnila vydání publikace.***

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

Postupy a příklady v knize, rovněž tak informace o léčích, 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.

ISBN 978-80-247-3677-8

Obsah

Seznam zkratk	13
Úvod	17
1 Elektrofyziologická laboratoř (M. Eisenberger)	19
1.1 Elektrofyziologický tým	19
1.2 Základní vybavení elektrofyziologické laboratoře	20
1.3 Příprava pacienta	23
1.4 Komplikace	24
Literatura	24
2 Elektrofyziologické katétry a intrakardiální signály (M. Eisenberger)	25
2.1 Diagnostické katétry	25
2.2 Základní skiaskopické projekce	25
2.3 Umístění katétrů	27
2.3.1 Pravá síň	28
2.3.2 Pravá komora	28
2.3.3 Koronární sinus	28
2.3.4 Hisův svazek	29
2.4 Intrakardiální signály	29
2.4.1 Bipolární a unipolární signál	29
2.4.2 Filtrace signálu	29
2.4.3 Far-field elektrogram	30
2.4.4 Frakcionované a dvojité potenciály	30
Literatura	31
3 Klasifikace a mechanismus arytmíí (M. Eisenberger)	32
3.1 Klasifikace arytmíí	32
3.2 Mechanismus tachyarytmíí	33
3.2.1 Reentry	33
3.2.2 Abnormální automacie	35
3.2.3 Spouštěná aktivita	35
3.3 Diagnostika mechanismu arytmíí	37
3.4 Diagnostika fokálních a makroreentry tachykardií	38
Literatura	38
4 Základy elektrofyziologického vyšetření (M. Eisenberger)	40
4.1 Intervaly převodního systému srdečního	40
4.1.1 Normální aktivace síní a komor	40
4.1.2 Interval PA	40

4.1.3	Interval AH	41
4.1.4	Interval HV	42
4.2	Vyšetřování sinoatriálního uzlu	42
4.3	Síňová stimulace	43
4.3.1	Vzestupná stimulace síní	45
4.3.2	Programovaná stimulace síní	45
4.3.3	Elektrofyzilogický „gap“	47
4.4	Komorová stimulace	47
4.4.1	Vzestupná stimulace komor	47
4.4.2	Stimulace komor s jedním extrastimulem	49
4.4.3	Programovaná stimulace komor	50
4.5	Vývolání a zrušení arytmie	52
	Literatura	54
5	Základy mapování arytmii (M. Eisenberger, A. Bulava).....	55
5.1	Aktivační mapování	55
5.2	Pacemapping	57
5.3	Entrainment mapping	58
5.4	Trojrozměrné elektroanatomické mapování	59
5.4.1	Systém CARTO	61
5.4.2	Systém EnSite NavX a EnSite Velocity	66
5.4.3	Bezkontaktní mapování	69
5.4.4	Integrace obrazů	69
5.5	Robotické a navigační systémy	71
	Literatura	73
6	Katédrová ablace (M. Eisenberger).....	75
6.1	Radiofrekvenční ablace	75
6.2	Výkon, teplota a impedance	75
6.3	Standardní ablační katétry	78
6.4	Chlazené ablační katétry	78
	Literatura	80
7	Transseptální punkce (M. Eisenberger).....	81
7.1	Anatomie mezisíňového septa	81
7.2	Provedení transseptální punkce	82
7.3	Alternativní postupy	83
7.4	Komplikace	85
	Literatura	85
8	Atrioventrikulární nodální reentry tachykardie (A. Bulava).....	86
8.1	Povrchová EKG křivka	86
8.2	Pomalá a rychlá AV nodální dráha	88
8.3	Základní elektrofyzilogické vlastnosti	89

8.3.1	Dualita AV vedení.....	89
8.3.2	AV nodální echo	89
8.3.3	Typická slow-fast AVNRT	89
8.3.4	Atypická AVNRT.....	90
8.3.5	AVNRT s převodem 2 : 1	93
8.3.6	Nástup a ukončení AVNRT	93
8.3.7	Setrvalé vedení pomalou AV nodální dráhou	94
8.3.8	Další charakteristiky AVNRT	94
8.4	Radiofrekvenční ablace AVNRT	95
8.4.1	Ablace rychlé AV nodální dráhy.....	95
8.4.2	Ablace pomalé AV nodální dráhy.....	95
8.4.3	Cíle ablace pomalé AV nodální dráhy	99
8.4.4	Komplikace ablace pomalé AV nodální dráhy	100
	Literatura	100
9	Přídavné dráhy a atrioventrikulární reentry tachykardie (A. Bulava)	102
9.1	Povrchová EKG křivka	103
9.2	Umístění přídavných drah	104
9.3	Elektrofyzilogické vlastnosti přídavných spojek	105
9.3.1	Stimulace síní	106
9.3.2	Stimulace komor.....	109
9.4	AV reentry tachykardie (AVRT)	110
9.5	Parahisální stimulace	111
9.6	Zvláštní druhy přídavných drah.....	113
9.6.1	Mahaimovy dráhy	113
9.6.2	Permanentní junkční reciproční tachykardie.....	114
9.7	Stratifikace rizika náhlé srdeční smrti	114
9.8	Ablace akcesorních spojek	115
9.8.1	Lokalizace přídavné dráhy.....	118
9.8.2	Specifické situace	120
9.9	Komplikace ablace přídavných drah	123
	Literatura	123
10	Typický flutter síní (A. Bulava).....	126
10.1	Povrchová EKG křivka	126
10.2	Reentry okruh	128
10.2.1	Anatomická definice	128
10.2.2	Entrainment flutteru síní	129
10.3	Zvláštní varianty typického flutteru síní	131
10.3.1	Double wave reentry flutteru síní	131
10.3.2	Lower-loop reentry flutteru síní	132
10.4	Radiofrekvenční ablace flutteru síní	133
10.4.1	Anatomie kavotrikuspidálního můstku	133
10.4.2	Provedení ablace kavotrikuspidálního můstku	133

10.4.3	Cíle ablace kavotrikuspidálního můstku	138
10.4.4	Komplikace ablace kavotrikuspidálního můstku	139
	Literatura	140
11	Síňové tachykardie (A. Bulava)	142
11.1	Fokální síňové tachykardie	143
11.1.1	Povrchové EKG u fokálních síňových tachykardií	143
11.1.2	Katérová ablace fokálních síňových tachykardií	144
11.1.3	Úspěšnost a komplikace ablací pro fokální síňové tachykardie ..	147
11.2	Makroreentry síňové tachykardie	148
11.2.1	Povrchové EKG u makroreentry síňových tachykardií	148
11.2.2	Katérová ablace makroreentry síňových tachykardií	148
11.2.3	Úspěšnost a komplikace ablací pro makroreentry síňové tachykardie	151
11.3	Diferenciální diagnostika fokálních a makroreentry síňových tachykardií	152
11.4	Nepřiměřená sinusová tachykardie	154
	Literatura	156
12	Fibrilace síní (M. Fiala)	158
12.1	Povrchová EKG křivka	158
12.2	Patofyziologie fibrilace síní	159
12.3	Zobrazovací a navigační metody při ablaci FS	160
12.4	Izolace plicních žil	161
12.5	Lineární léze	163
12.6	Elektrogramem řízená ablace	164
12.7	Ablace autonomních ganglií	165
12.8	Stupňovaná ablační strategie	167
12.9	Ablace síňových tachykardií konvertovaných při ablaci nebo recidivujících po ablaci	167
12.10	Cílové momenty ablačního výkonu	167
12.11	Dlouhodobé udržení sinusového rytmu	168
12.12	Klinický význam ablace fibrilace síní	168
12.13	Komplikace výkonu	169
12.14	Indikace selektivní ablace	169
12.15	Antikoagulace v období kolem výkonu a sledování po ablaci	169
	Literatura	170
13	Alternativní technologie izolace plicních žil (A. Bulava, M. Eisenberger)	174
13.1	Cirkulární izolace plicních žil multielektrodovým ablačním katétrem ..	174
13.1.1	Mechanismus účinku a ablační systém	174
13.1.2	Technika ablace	174
13.1.3	Výsledky a limitace cirkulární ablace	177

13.1.4	Komplikace cirkulární ablace	177
13.2	Kryoablace fibrilace síní	178
13.2.1	Mechanismus účinku	178
13.2.2	Kryoablační systém	178
13.2.3	Technika ablace	179
13.2.4	Limitace kryoablace	180
13.2.5	Komplikace kryoablace	181
13.3	Laserový ablační katétr	181
13.3.1	Mechanismus laserové ablace	181
13.3.2	Laserový systém	181
13.3.3	Technika laserové ablace	181
13.3.4	Výsledky laserové ablace	182
13.3.5	Komplikace laserové ablace	182
13.4	Síťkový (mesh) ablační katétr	183
	Literatura	184
14	Modifikace a ablace AV uzlu (A. Bulava)	186
14.1	Indikace k provedení katéetrové ablace	186
14.1.1	Ablace AV uzlu u pacientů s fibrilací síní	187
14.1.2	Ablace AV uzlu u pacientů s resynchronizační léčbou a fibrilací síní	187
14.2	Provedení katéetrové ablace	188
14.2.1	Ablace AV uzlu	189
14.2.2	Modifikace AV uzlu	190
14.3	Komplikace katéetrové ablace AV uzlu	191
	Literatura	191
15	Diferenciální diagnostika tachykardií s úzkým QRS komplexem (A. Bulava)	194
15.1	Diagnostika podle povrchového EKG	195
15.1.1	Povrchové EKG při sinusovém rytmu	195
15.1.2	Povrchové EKG při běžící tachykardii	196
15.1.3	Odezva tachykardie na podaný adenosin	197
15.1.4	Ostatní EKG charakteristiky	198
15.2	Elektrofyzilogické vyšetření při sinusovém rytmu	199
15.2.1	Základní intervaly	199
15.2.2	Hodnocení retrográdního vedení	199
15.2.3	Hodnocení antegrádního vedení	200
15.3	Elektrofyzilogické vyšetření při běžící tachykardii	200
15.3.1	Vznik tachykardie	201
15.3.2	Ukončení tachykardie	201
15.3.3	Poměr síňové a komorové aktivity	201
15.3.4	Hodnocení posloupnosti a časování síňové aktivace	202
15.3.5	Kolísání délky cyklu tachykardie	202

15.3.6	Vznik bloku Tawarova raménka při tachykardii	203
15.3.7	Komorová stimulace v době refrakterity Hisova svazku (His refractory pacing)	203
15.3.8	Entrainment tachykardie z pravé komory a burst pacing	203
15.3.9	Další stimulační manévry	206
15.4	Obtížné situace	206
	Literatura	208
16	Komorové arytmie (M. Eisenberger)	210
16.1	Definice a rozdělení komorových arytmií	210
16.2	Komorová tachykardie u chronické ischemické choroby srdeční	210
16.2.1	Mechanismus	210
16.2.2	Povrchová EKG křivka	211
16.2.3	Indikace ke katérové ablaci	213
16.2.4	Elektrofyzilogické vyšetření	213
16.2.5	Katérová ablace	217
16.2.6	Cíle ablace	218
16.2.7	Úspěšnost a komplikace ablace	218
16.3	Komorová tachykardie u neischemických kardiomyopatií	218
16.3.1	Komorová tachykardie u dilatační kardiomyopatie	219
16.3.2	Komorová tachykardie u hypertrofické kardiomyopatie	219
16.3.3	Komorová tachykardie u arytmogenní kardiomyopatie pravé komory	219
16.4	Raménková reentry tachykardie (bundle branch reentry tachykardie)	220
16.4.1	Mechanismus	220
16.4.2	Povrchová EKG křivka	222
16.4.3	Elektrofyzilogické vyšetření	223
16.4.4	Katérová ablace	223
16.4.5	Úspěšnost a komplikace ablace	223
16.5	Idiopatické komorové tachykardie z výtokového traktu	224
16.5.1	Komorové tachykardie z výtokového traktu pravé komory	224
16.5.2	Idiopatické komorové tachykardie z výtokového traktu levé komory	229
16.6	Fascikulární komorové tachykardie	233
16.6.1	Mechanismus	233
16.6.2	Povrchová EKG křivka	233
16.6.3	Elektrofyzilogické vyšetření	234
16.6.4	Katérová ablace	235
16.6.5	Úspěšnost a komplikace ablace	236
16.7	Epikardiální komorové tachykardie	236
16.7.1	EKG kritéria epikardiální komorové tachykardie	236
16.7.2	Epikardiální punkce	237
16.7.3	Epikardiální mapování	238

16.7.4 Epikardiální ablace	239
16.7.5 Komplikace	239
Literatura	239
17 Fibrilace komor (M. Eisenberger)	242
17.1 Definice fibrilace komor	242
17.2 Mechanismus fibrilace komor	242
17.3 Povrchová EKG křivka	242
17.4 Elektrofyziologické vyšetření	243
17.5 Katétrová ablace	244
17.6 Katétrová ablace při elektrické bouři	244
Literatura	246
18 Diferenciální diagnostika tachykardií se širokým QRS komplexem (M. Eisenberger)	247
18.1 Diagnostika 12-svodového EKG	247
18.1.1 Povrchové EKG při sinusovém rytmu	247
18.1.2 Povrchové EKG při tachykardii	248
18.1.3. Odezva tachykardie na adenosin	248
18.1.4 Ostatní EKG charakteristiky	249
18.2 Elektrofyziologické vyšetření při sinusovém rytmu	249
18.2.1 Základní intervaly	249
18.2.2 Hodnocení retrográdního vedení	249
18.2.3 Hodnocení antegrádního vedení	250
18.3 Elektrofyziologické vyšetření při běžící tachykardii	250
18.3.1 Vznik tachykardie	250
18.3.2 Ukončení tachykardie	251
18.3.3 Poměr síňové a komorové aktivity	251
18.3.4 Hodnocení posloupnosti síňové aktivace a záznamu z Hisova svazku	251
18.3.5 Kolísání délky cyklu tachykardie	252
18.3.6 Síňová stimulace v průběhu běžící tachykardie	252
Literatura	252
O autorech	255
Rejstřík	257
Souhrn/Summary	263

Seznam zkratek

AA	aortální anulus
Abl	ablační katétr
ACD	pravá věnčitá tepna (arteria coronaria dextra)
ACT	aktivovaný koagulační čas (activated clotting time)
AL	levý Amplatzův katétr
Ao	aorta
AP	předozadní (anteroposteriorní)
ARVD	arytmogenní kardiomyopatie pravé komory (arythmogenic right ventricular dysplasia)
AV	atrioventrikulární
AVJRT	atrioventrikulární junkční reentry tachykardie
AVN	kompaktní AV uzel (AV node)
AVNRT	AV nodální reentry tachykardie
AVRT	AV reentry tachykardie
BLTR	blok levého Tawarova raménka
BPTR	blok pravého Tawarova raménka
CL	délka cyklu (cycle length)
CS	koronární sinus (coronary sinus)
CSd	distální koronární sinus
cSNRT	korigovaný SNRT
CSp	proximální koronární sinus
CT	počítačová tomografie
DAD	opožděná následná depolarizace (delayed after-depolarization)
DDIR	dvoudutinová inhibovaná stimulace komor s adaptabilní frekvencí
DDŽ	dolní dutá žíla
DW-MRI	difuzně-vážená nukleární magnetická rezonance
EAD	časná následná depolarizace (early after-depolarization)
EAVNC	zrychlené vedení AV uzlem (enhanced atrioventricular nodal conduction)
EP	elektrofyzilogie, elektrofyzilogický (electrophysiology, electrophysiological)
ERP	efektivní refrakterní perioda
F	french; jednotka délky, která se používá k vyjádření průměru (D) katétru, $1\text{ D (v mm)} = \text{D (ve F)} / 3$
FF	far-field
FLS	flutter síní
FO	oválné okénko (fossa ovalis)
FP	rychlá AV nodální dráha (fast pathway)
FRP	funkční refrakterní perioda
FS	fibrilace síní

HDŽ	horní dutá žíla
His	Hisův svazek
His-P	Hisův svazek – Purkyňova vlákna
HRA	horní pravá síň (high right atrium)
IAS	interatriální septum
ICD	implantabilní kardioverter-defibrilátor (implantable cardioverter defibrillator)
ICE	intrakardiální echokardiografie (intracardiac echocardiography)
ICHS	ischemická choroba srdeční
KES	komorová extrasystola
KT	komorová tachykardie
LAO	levá šikmá projekce (left anterior oblique)
LAT	místní aktivační čas (local activation time)
LCC	levý koronární sinus (left coronary cusp)
LDPŽ	levá dolní plicní žíla
LHPŽ	levá horní plicní žíla
LK	levá komora
LS	levá síň
LTR	levé Tawarovo raménko
MA	mitrální anulus
MAP	mapovací katétr
MRI	magnetická rezonance (magnetic resonance imaging)
N ₂ O	oxid dusný
NCC	nekoronární sinus (non-coronary cusp)
OLS	ouško levé síně
P ₁	potenciál Purkyňových vláken
P ₂	potenciál zadního fasciklu
PA	pulmonální anulus
PDPŽ	pravá dolní plicní žíla
PF	přední fascikl
PHPŽ	pravá horní plicní žíla
PJRT	permanentní junkční reciproční tachykardie
PK	pravá komora
PPI	poststimulační interval (post-pacing interval)
PTR	pravé Tawarovo raménko
PS	pravá síň
PVAC	cirkulární multielektrodový ablační katétr (pulmonary vein ablation catheter)
PŽ	plicní žíla
RAO	pravá šikmá projekce (right anterior oblique)
RCC	pravý koronární sinus (right coronary cusp)
Ref	referenční signál
RF	radiofrekvenční

RFA	radiofrekvenční ablace
RRP	relativní refrakterní perioda
RV	pravá komora (right ventricle)
RVA	hrot pravé komory (right ventricular apex)
RVOT	výtokový trakt pravé komory (right ventricular outflow tract)
SA	sinoatriální
SNRT	zotavovací čas SA uzlu (sinus node recovery time)
SP	pomalá AV nodální dráha (slow pathway)
ST	síňová tachykardie
SVT	supraventrikulární tachykardie
TA	trikuspidální anulus
TCL	délka cyklu tachykardie (tachycardia cycle length)
TS	transseptální sheath
Uni	unipolární signál
VA	ventrikuloatriální
VVIR	jednodutinová inhibovaná stimulace komor s adaptabilní frekvencí
WOI	zájmové okno (window of interest)
ZF	zadní fascikl

Úvod

Srdeční elektrofyziologie prošla za posledních 20 let rozvojem, který je nevidaný v celé historii medicíny. Došlo k posunu od čistě diagnostické metody, která sloužila pouze k potvrzení mechanismu arytmie popřípadě k testování nasazené farmakoterapie, k metodě kurativní, která je schopna s vysokou účinností danou poruchu rytmu také vyléčit. V posledních několika letech se na trhu objevily nové systémy, které umožňují trojrozměrné mapování arytmii, integraci snímků z výpočetní tomografie či magnetické rezonance, použití robotů anebo cílení arytmogenních ložisek pomocí stereotaxe. V současné době je elektrofyziologické pracoviště povinnou součástí každého komplexního kardiologického centra a všichni lékaři i nelékařští specialisté v oboru by tak měli být seznámeni se základy invazivního vyšetřování arytmii a jejich léčby katérovou ablací.

Předkládáme vám historicky první českou monografii pojednávající o základech srdeční elektrofyziologie a katérových ablacích. Snažili jsme se vám tento uchvacující obor přiblížit pomocí barevných obrázků a názorných schémat. Ačkoliv jsme v některých zvláště důležitých případech připojili i ukázky skutečných křivek a signálů, jsme přesvědčeni, že pro správné a snadné pochopení jsou schematické kresby s podrobným popisem podstatně vhodnější. Do monografie jsme zahrnuli také řadu vlastních zkušeností a publikovaných výsledků vědecko-výzkumných prací prováděných na pracovištích autorů.

V prvních kapitolách se věnujeme vybavení katetrizační laboratoře a základům elektrofyziologického vyšetření. Následují principy katérové ablace a jejich užití při léčbě arytmii. Další část je rozčleněna podle nejčastějších diagnóz, se kterými je možné se na elektrofyziologickém sále setkat. Velkou pozornost jsme věnovali novým aspektům invazivní léčby fibrilace síní a komorových tachyarytmii včetně fibrilace komor. Úmyslně jsme vynechali kapitoly o podrobné patofyziologii, epidemiologii, neinvazivním vyšetřování a farmakologické léčbě arytmii, které jsou již dostatečně popsány v domácích učebnicích. Čtenáře také odkazujeme na platná guidelines České kardiologické společnosti, která se postupně vyvíjejí a jsou pravidelně aktualizována. Předkládaná publikace by měla mít nadčasový význam a principy v ní popisované by měly zůstat v platnosti i přes předpokládaný další rozvoj oboru.

Předpokládáme, že by po této publikaci mohli sáhnout studenti medicíny na konci svých studií, lékaři v přípravě na kardiologickou atestaci a lékaři kardiocenter všech subspecializací. Novou cílovou skupinou by měli být elektrofyziologičtí technici a inženýři, kteří v současné době tvoří nedílnou součást specializovaných týmů. Z tohoto důvodu jsme se snažili omezit lékařské termíny na minimum tak, aby publikace byla pochopitelná i nelékařsky vzdělaným specialistům. Schematické obrázky by mohly přiblížit tento nesmírně komplexní obor zdravotním sestrám, které pracují na elektrofyziologických sálech. Po přečtení předkládané knihy by měl být čtenář schopný interpretovat základní elektrofyziologické vyšetření a rozumět principům katérové ablace nejčastějších poruch srdečního rytmu. Kniha by tak měla obsahovat všechny základní informace nezbytné k práci na elektrofyziologickém sále.

Rádi bychom velice poděkovali oběma recenzentům za pečlivé přečtení rukopisu a za cenné poznámky a připomínky. Zvláštní poděkování patří pak panu Davidu Sitkovi za pečlivé překreslení velké většiny schematických obrázků a křivek. Bez jeho obětavé práce by tato kniha v předkládané podobě nevznikla.

Dne 1. března 2012

autoři

1 Elektrofyzilogická laboratoř

Martin Eisenberger

Elektrofyzilogická laboratoř (obr. 1.1) je vysoce specializované kardiologické pracoviště, kde se za pomoci katétrů zavedených do srdečních dutin diagnostikují a léčí poruchy srdečního rytmu (1–2).



Obr. 1.1 Elektrofyzilogická laboratoř (Kardiocentrum České Budějovice)

1.1 Elektrofyzilogický tým

Nejdůležitější částí elektrofyzilogické laboratoře je zkušený a sebraný **tým**. Ten se skládá z vyšetřujícího lékaře, který je za celý výkon zodpovědný, jedné až dvou sester a elektrofyzilogického technika. Lékař-elektrofyzilog zavádí katétr, interpretuje získané nálezy, rozhoduje o podání léků a provádí vlastní katérovou ablací. Sestra připravuje pacienta, podává léky, kontroluje vitální funkce a provádí elektrickou kardioverzi nebo defibrilaci. Technik obsluhuje zařízení laboratoře, jako je stimulátor, EKG registrační systém, generátor radiofrekvenční energie a další přístroje. Na dosah by měl být anesteziolog a v ideálním případě i kardiochirurg pro řešení případných komplikací.

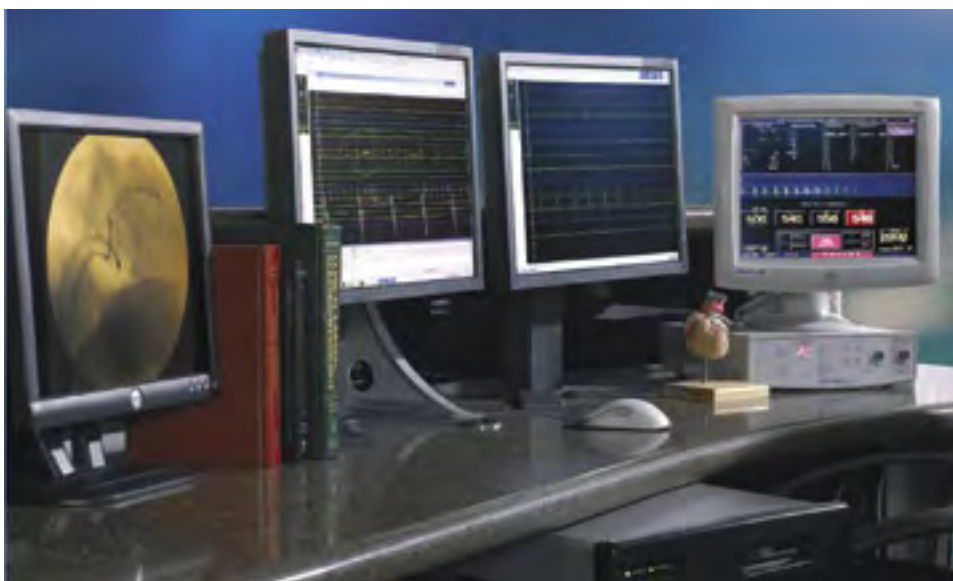
1.2 Základní vybavení elektrofyziologické laboratoře

Rentgenový přístroj slouží ke kontrole polohy katétrů v srdečních dutinách a k potřebným angiografickým vyšetřením (zobrazení plicních či jiných hrudních žil, event. jejich anatomických abnormalit). Přístroj by měl umožňovat různé projekce a poskytovat dostatečně kvalitní obraz. Většina systémů umožňuje kromě plynulé skiaskopie i pulzní skiaskopii, která sníží dávku záření až o 70 %. Pro složitější výkony je třeba digitálního záznamu zobrazovaných struktur k jejich dalšímu použití v průběhu výkonu (např. angiografie plicních žil následovaná jejich izolací). Na většině pracovišť se používají jednorovinné systémy s jedním C-ramenem, jejichž výhodou je nižší pořizovací cena, než mají dvourovinné přístroje se dvěma C-rameny. Dvourovinné přístroje (tzv. biplane systémy) na druhou stranu umožňují získání dvou obvykle na sebe kolmých projekcí bez nutnosti přejíždění mezi příslušnými rovinami.

Stimulátor funguje jako zdroj elektrických impulzů s nastavitelnou šířkou (v ms) a amplitudou (v mA) (obr. 1.2). Stimulátor by měl být schopen sériové stimulace v širokém rozsahu stimulačních frekvencí, měl by být schopen generovat jednotlivé extrastimuly, kombinovat sériovou stimulaci s následnými vloženými extrastimuly a měl by mít dva kanály ke stimulaci. Existují stimulátory s manuálním ovládáním, kdy se stimulační parametry nastavují ručně, a stimulátory s digitálním ovládáním umožňující automatické programování stimulačních režimů. Stimulátor bývá často integrální součástí elektrofyziologického systému.



Obr. 1.2 Stimulátor – zdroj elektrických impulzů s celou řadou nastavitelných parametrů



Obr. 1.3 *Elektrofyzilogický systém se dvěma monitory, pracovní stanicí, myší a obrázkou rentgenového přístroje; stejná dvojice monitorů se nachází i ve vyšetřovně nad lůžkem pacienta*

EKG registrační systém (EP systém) slouží k simultánnímu zobrazení a záznamu povrchového a intrakardiálního EKG signálu (obr. 1.3). Mezi nejpoužívanější systémy patří CardioLab (tzv. Prucka) od firmy General Electric, LabSystem™ Pro EP od firmy Bard Electrophysiology, EP Tracer od firmy CardioTek (tzv. Maastricht EP systém) a EP Workmate® od St. Jude Medical. Při výběru systému je klíčová kvalita zobrazeného signálu, zejména minimalizace rušení z okolních přístrojů a při ablaci. Získaný signál je nejprve zesílen, filtrován a po jeho zpracování zobrazen na tzv. real-time monitoru. Většina EP systémů je vybavena dalším monitorem, na kterém je možné off-line hodnotit výsledky vyšetření. Rychlost zobrazení signálu je obvykle možné nastavit v rozsahu od 25 do 400 mm/s – vysoká rychlost je s výhodou používána při hodnocení časových posloupností s přesností na několik milisekund, rychlost 25 mm/s je někdy důležitá pro srovnání s reálnou EKG křivkou. Každý systém musí mít tiskárnu a zařízení k archivaci dat.

Generátor radiofrekvenční energie (tzv. ablátor) je zdrojem střídavého proudu o vysoké frekvenci (500–750 kHz) pro radiofrekvenční ablací (obr. 1.4). Je možné na něm nastavit dodávaný výkon, maximální teplotu, typ použitého ablačního katétru apod. Generátor je možné obvykle spojit s **pumpou** dodávající chladicí roztok do chlazených katétrů. Na pumpě lze nastavit průtok chladicího roztoku jak v klidu (obvykle 2 ml/min), tak i v průběhu ablace (10–30 ml/min dle doporučení výrobce katétru).

K nepostradatelnému vybavení elektrofyziologické laboratoře patří EKG monitor, manžeta k pravidelnému měření krevního tlaku, pulzní oxymetr, externí defib-

A**B**

Obr. 1.4 **A** – současně používaný generátor radiofrekvenční energie Stockert (Biosense Webster, Inc.), **B** – prototyp nového generátoru SmartAblate (Biosense Webster, Inc.)

rilátor, dočasný kardiostimulátor, vybavení pro resuscitaci, rozvod kyslíku, přístroj pro stanovení aktivovaného koagulačního času (ACT) a set k provádění punkce perikardu v případě vzniku srdeční tamponády. K dispozici musí být základní léky, jako jsou atropin, adrenalin, analgetika ze skupiny opiátů a antiemetika, v elektrofyziologii se navíc při vyšetření často používá isoprenalin a adenosin a další intravenózní antiarytmika.

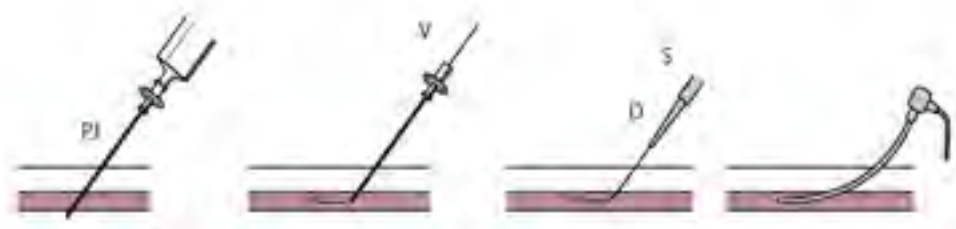
Ke speciálnímu vybavení laboratoře patří trojrozměrné (3D) elektroanatomické mapovací systémy, kryoablátor, intrakardiální echokardiografie, zařízení k dálkové navigaci katétru apod.

1.3 Příprava pacienta

Každý pacient je obvykle nejprve vyšetřen a poučen v arytmologické ambulanci. Před přijetím do nemocnice se dle rozhodnutí arytologa, který bude výkon provádět, buď vysazuje antiarytmická léčba (nejčastěji po dobu 4–5násobku biologického poločasu daného léku), anebo je možné ji ponechat. Problémem bývá jen dlouhý poločas amiodaronu, který, pokud by neměl být účinný, by měl být vysazen alespoň 6 týdnů před vyšetřením. Jinak se obvykle vyšetření provádí za jeho současného podávání, jeho vysazení několik dní před vyšetřením nemá význam. Nasazená antiarytmická léčba může zcela úplně znehodnotit vyšetření, pokud nebude možné v laboratoři klinickou arytmií vyvolat. Je třeba upravit antikoagulační terapii a dle místních zvyklostí převést pacienta z warfarinu na nefrakcionovaný nebo nízkomolekulární heparin. Na řadě pracovišť se však warfarin nevysazuje před ablací typického flutteru síní a v poslední době ani před selektivní ablací fibrilace síní.

Před vlastním vyšetřením je nutné provést klidové EKG, základní odběry a většinou také echokardiografické vyšetření. Pacient bývá od půlnoci nalačno, má vyholené pravé i levé třísto, zavedený periferní žilní katétr a dle zvyklostí pracoviště je premedikován. K sedaci se zpravidla používá diazepam nebo midazolam, k analgezii fentanyl či morfin. Vyvolatelnost některých arytmií, např. AV nodální reentry tachykardie nebo idiopatické komorové tachykardie z výtokového traktu pravé komory, může být podáním sedativ snížena, proto je před ablací těchto arytmií rutinně nepodáváme. Celková anestezie se podle potřeby a místních zvyklostí používá u ablací komorových arytmií, fibrilace síní, u dětí a při použití epikardiálního přístupu. S vyšetřením musí pacient v každém případě vyjádřit informovaný souhlas.

Do srdečních oddílů jsou katetry zaváděny **žilní** cestou (nejčastěji přes femorální žílu, ale i přes podklíčkovou či jugulární žílu) anebo při mapování a ablacích v levostranných srdečních oddílech **transaortální**, neboli **retrográdní** cestou (nejčastěji přes femorální tepnu) (3). Pacient je v poloze na zádech, přikryt sterilními rouškami či jednorázovým krytím. Po předchozí dezinfekci kůže se vyšetření zahájí místním



Obr. 1.5 Seldingerova technika

Po místním znecitlivění se příslušná céva nasonduje dutou punkční jehlou (PJ). Přes lumen jehly se pak do cévy zavede tenký vodič (V) a punkční jehla se odstraní. Po vodiči se pak do cévy zasune dilatátor (D) spolu se sheathem (S). Dilatátor se poté spolu s vodičem odstraní a v cévě zůstává pouze sheath, který se na závěr propláchne fyziologickým roztokem.

z necitlivěním v místě vpichu. Modifikovanou Seldingerovou technikou (obr. 1.5) se do příslušné cévy zavede sheath (zavaděč). Ve velikosti používaných zavaděčů panují velké rozdíly mezi pracovišti, nicméně pro diagnostické katétry většinou postačuje 6–7 F sheath, pro ablační katétry je obvykle nutné použít zavaděč 7–8 F.

1.4 Komplikace

Komplikace elektrofyzilogického vyšetření jsou velmi vzácné a na našem pracovišti jsme v posledních 5 letech zaznamenali pouze lokální cévní komplikace (hematom, trombóza, tepenné pseudoaneuryzma a arteriovenózní píštěl). V literatuře jsou kromě cévních komplikací (1 %) udávány ještě tromboembolické komplikace (0,4 %), perforace srdce (0,2 %), AV blokáda vyššího stupně při manipulaci v okolí AV uzlu (0,1 %) a popisováno bylo i jedno úmrtí v souvislosti s programovanou stimulací komor (4). V případě, že je kromě elektrofyzilogického vyšetření provedena ještě katétrová ablace, je četnost komplikací vyšší – okolo 5 % – a jejich výskyt je závislý na ablovaném substrátu (5–6). Komplikace při katétrové ablacii jsou uvedeny v jednotlivých kapitolách zvlášť pro každou popisovanou arytmiu.

Literatura

1. Bashore TM, Bates ER, Berger PB, et al. American College of Cardiology/Society for Cardiac Angiography and Interventions Clinical Expert Consensus Document on Cardiac Catheterization Laboratory Standards. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 2170–2214.
2. Tracy CM, Akhtar M, DiMarco JP, et al. American College of Cardiology/American Heart Association 2006 update of the clinical competence statement on invasive electrophysiology studies, catheter ablation, and cardioversion: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training; developed in collaboration with the Heart Rhythm Society. *Circulation* 2006; 114(15): 1654–1668.
3. Singer I. *Interventional Electrophysiology*, 2nd edition. Lippincott Williams and Wilkins 2001.
4. Horowitz LN, Kay HR, Kutalek SP, et al. Risks and complications of clinical cardiac electrophysiologic studies: a prospective analysis of 1,000 consecutive patients. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9: 1261–1268.
5. Hindricks G. The Multicentre European Radiofrequency Survey (MERFS): complications of radiofrequency catheter ablation of arrhythmias. The Multicentre European Radiofrequency Survey (MERFS) investigators of the Working Group on Arrhythmias of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 1993; 14: 1644–1653.
6. Calkins H, Yong P, Miller JM, et al. Catheter ablation of accessory pathways, atrioventricular nodal reentrant tachycardia, and the atrioventricular junction. Final results of a prospective, multicentre clinical trial. *Circulation* 1999; 99: 262–270.

2 Elektrofyzilogické katétry a intrakardiální signály

Martin Eisenberger

Katétry používané v elektrofyziologii je možné rozdělit na diagnostické a ablační. V této kapitole budou vysvětleny **diagnostické katétry**, jejich umístění za pomoci skiaskopie a jejich využití při záznamu **intrakardiálních elektrogramů**. **Ablační katétry** budou popsány v kapitole 6 o katéetrové ablacii.

2.1 Diagnostické katétry

Diagnostické katétry se používají k registrování intrakardiálních EKG signálů v jednotlivých srdečních dutinách, mapování komplexních arytmii a ke stimulaci. Nejčastěji se používají katétry 4-polární (kvadrupolární) se dvěma páry elektrod umožňujícími současnou stimulaci distálním párem a snímání proximálním párem. Vzdálenost elektrod na katétru určuje velikost oblasti, ze které je signál snímán. Pokud vyžadujeme přesné mapování velmi malé oblasti, je výhodné použít katétry s krátkou vzdáleností mezi elektrodami, zatímco k posouzení směru šíření vzruchu ve velké oblasti je výhodnější multipolární katétr s velkou vzdáleností elektrod (např. 10 mm). K zaznamenávání signálů z koronárního sinu se používají nejčastěji katétry 10-polární (dekapolární), k mapování trikuspidálního anulu katétry 20-polární (duodekapolární, tzv. halo katétry). Na trhu jsou k dispozici i 2- (bi-), 6- (hexa-), 8- (okta-) polární, ale i cirkulární 10- a 20-polární katétry k registraci potenciálů z plicních žil (Lasso, Biosense Webster nebo Orbiter, St. Jude Medical a další) (obr. 2.1). Katétry jsou buď **neřiditelné** s konstantní velikostí zakřivení, nebo **řiditelné** s nastavitelnou velikostí zakřivení (1).

2.2 Základní skiaskopické projekce

Zavádění katétrů se obvykle provádí za skiaskopické kontroly. Nejčastěji se používají tři projekce – **předozadní** (antero-posterior – AP, úhel 0°), **pravá šikmá** (right anterior oblique – RAO, -30° až -45°) a **levá šikmá** projekce (left anterior oblique – LAO, +30° až +45°) (obr. 2.2 a 2.3) (2).

Předozadní projekce slouží k rychlému zavedení katétrů do pravé komory, do oblasti Hisova svazku nebo do pravé síně. Tato projekce obvykle dostačuje i pro složitější mapování, zejména pokud se k němu používá současně elektroanatomického mapovacího systému. Nevýhodou však je, že se atrioventrikulární chlopně projikují jako elipsy a řada elektrofyziologů dává přednost šikmým projekcím. Je ale nutné si uvědomit, že šikmé projekce zvyšují výrazně dávku rentgenového záření.

V RAO projekci je srdce vpravo ohraničeno zadní stěnou pravé a levé síně a vlevo přední stěnou pravé komory, nad níž se nachází výtokový trakt. RAO projekce se používá k posouzení anteriorní/posteriorní a superiorní/inferiorní polohy katétrů v levých i pravých srdečních oddílech. V této projekci se obvykle zavádějí katétry do oblasti hrotu pravé komory a Hisova svazku. Je dobré vědět, že v RAO se pater zobrazuje napravo od srdce.