

Alan Bulava

Kardiologie pro nelékařské zdravotnické obory



Věnování a poděkování

Tuto knihu bych chtěl věnovat všem sestřičkám, technikům, biomedicínským inženýrům a dalším nelékařským pracovníkům, současným i budoucím, kteří se rozhodli nebo ještě rozhodují pro obor kardiologie. Je to krásná disciplína interní medicíny, která všechny, kdo se jí rozhodnou věnovat více než jen standardní díl času, odmění pocitem naplnění z dobře vykonané práce. Jen v málokterém oboru medicíny se za pobytu na nemocničním oddělení stává tak často z pacienta zdravý člověk. Kardiologie v tomto u mnoha onemocnění předběhla dobu. Díky entuziasmu a obětavé práci všech jsme se posunuli tam, kam se nám to ještě před čtvrt stoletím (a to já již pamatuji!) nezdálo ani myslitelné.

Na tomto místě se sluší také poděkovat Bc. Davidu Šitkovi, DiS., a MUDr. Přemyslu Hájkovi, kteří mi pomohli s přípravou obrazové dokumentace tak, aby byla dobře čitelná a přehledná. Za pečlivou recenzi rukopisu a inspirativní náměty i připomínky vděčím MUDr. Ing. Martinu Eisenbergerovi, Ph.D., a prof. MUDr. Elišce Sovové, Ph.D., MBA. Nemohu opomenout svou studentku Bc. Ivu Šafaříkovou, která mne přiměla mnohde zjednodušit a atraktivně přiblížit problematiku kardiologie i „méně lékařskou“ terminologií. Zda se nám práce povedla, nechť posoudí laskavý čtenář...

Alan Bulava

V Českých Budějovicích, prosinec 2016

KATALOGIZACE V KNIZE - NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Bulava, Alan

Kardiologie pro nelékařské zdravotnické obory / Alan Bulava. -- 1. vydání. -- Praha : Grada Publishing, a.s., 2017. -- 224 stran
ISBN 978-80-271-0468-0 (vázáno)

616.12 * 616.1 * 616-07 * 616-08

- kardiologie
- klinická kardiologie
- kardiovaskulární nemoci
- diagnostika (lékařství)
- terapie
- učebnice vysokých škol

616 - Patologie. Klinická medicína [14]

Alan Bulava

Kardiologie pro nelékařské zdravotnické obory

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.

Doc. MUDr. Mgr. Alan Bulava, Ph.D.

Kardiocentrum Nemocnice České Budějovice, a.s., Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Lékařská fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

KARDIOLOGIE PRO NELÉKAŘSKÉ ZDRAVOTNICKÉ OBORY

Recenzenti:

Prof. MUDr. Eliška Sovová, Ph.D., MBA

MUDr. Ing. Martin Eisenberger, Ph.D.

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

© Grada Publishing, a.s., 2017

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2017

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 6543. publikaci

Odpovědná redaktorka Mgr. Viola Těšínská

Sazba a zlom Jan Šístek

Veškerou obrazovou dokumentaci dodal autor.

Počet stran 224

1. vydání, Praha 2017

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

***Publikace vyšla s finanční podporou Nadace Kardiocentrum České Budějovice
a Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.***

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.

ISBN 978-80-271-9711-8 (ePub)

ISBN 978-80-271-9710-1 (pdf)

ISBN 978-80-271-0468-0 (print)

Obsah

Seznam zkratek	11
Úvod	15
1 Základy anatomie a fyziologie srdce a velkých tepen	17
1.1 Anatomické poznámky	17
1.2 Srdeční cyklus	19
1.3 Převodní systém srdeční	21
1.4 Tepny a žíly	23
2 Vyšetření kardiologického pacienta	27
2.1 Anamnéza a vedoucí příznaky v kardiologii	27
2.2 Fyzikální vyšetření	29
2.2.1 Pohled	29
2.2.2 Pohmat	30
2.2.3 Poklep	30
2.2.4 Poslech	30
2.3 Neinvazivní vyšetřovací metody	31
2.3.1 Elektrokardiografie (EKG)	31
2.3.2 Dlouhodobá monitorace EKG	42
2.3.3 Ergometrie	45
2.3.4 Krevní tlak	46
2.3.5 Skiaskopie a skiografie hrudníku	47
2.3.6 Echokardiografie a duplexní ultrasonografie	49
2.3.7 Test na nakloněné rovině	56
2.3.8 Výpočetní tomografie a magnetická rezonance	56
2.3.9 Nukleární izotopová vyšetření	59
2.4 Invazivní vyšetřovací metody	62
2.4.1 Krevní testy	62
2.4.2 Invazivní monitorování arteriálního tlaku	65
2.4.3 Pravostranná srdeční katetrizace a měření srdečního výdeje	68
2.4.4 Koronarografie, ventrikulografie a aortografie	69
2.4.5 Elektrofyzilogické vyšetření	74
2.4.6 Intrakardiální ultrazvuk a intravaskulární ultrazvuk	78
2.4.7 Implantabilní holterovské systémy	83
3 Arteriální hypertenze	85
3.1 Epidemiologie a etiologie	85
3.2 Klinický obraz a vyšetření	86
3.3 Rizikové faktory a orgánová poškození	87
3.4 Arteriální hypertenze u specifických skupin	90
3.4.1 Hypertenze ve stáří	90

3.4.2	Hypertenze v těhotenství	90
3.4.3	Hypertenze u diabetiků	91
3.4.4	Pacienti s rezistentní hypertenzí	91
3.5	Léčba hypertenze	91
3.6	Hypertenzní krize	94
4	Ischemická choroba srdeční	95
4.1	Etiopatogeneze	95
4.2	Stabilní a nestabilní plát	95
4.3	Rizikové faktory	96
4.4	Akutní koronární syndromy	98
4.4.1	Klinický obraz a diagnóza	100
4.4.2	Léčba	101
4.5	Komplikace akutních koronárních syndromů	102
4.5.1	Srdeční arytmie	103
4.5.2	Ruptura volné stěny levé komory	103
4.5.3	Ruptura mezikomorového septa	104
4.5.4	Ruptura papilárního svalu	104
4.5.5	Perikarditidy	104
4.5.6	Systémová embolizace	105
4.5.7	Infarkt pravé komory	105
4.6	Stabilní ischemická choroba srdeční	106
4.6.1	Stabilní námahová angina pectoris	106
4.6.2	Zvláštní formy anginy pectoris	111
5	Srdeční selhání	113
5.1	Definice, etiologie a epidemiologie	113
5.2	Typy srdečního selhání a spouštěcí faktory	113
5.3	Patofyziologie srdečního selhání a základní kompenzační mechanismy	114
5.4	Klinický obraz	116
5.5	Základy farmakologické léčby srdečního selhání	117
5.6	Základy nefarmakologické léčby srdečního selhání	118
5.7	Kardiogenní šok	121
6	Srdeční arytmie	123
6.1	Arytmogenní mechanismy	123
6.2	Klasifikace srdečních arytmií, výskyt a příčiny	124
6.3	Bradyarytmie	125
6.3.1	Blokády Tawarových ramének	125
6.3.2	Sick sinus syndrom	127
6.3.3	Atrioventrikulární (AV) blokády	128
6.4	Tachyarytmie	129
6.4.1	Supraventrikulární tachyarytmie	129
6.4.2	Komorové tachyarytmie	141
6.5	Základy farmakologické léčby srdečních arytmií	145
6.6	Základy nefarmakologické léčby srdečních arytmií	146

6.6.1	Léčba bradykardií, trvalá kardiostimulace	146
6.6.2	Implantabilní kardiovertery-defibrilátory (ICD)	149
7	Synkopa	153
7.1	Definice a výskyt	153
7.2	Etiologie, klasifikace a léčba	153
8	Náhlá srdeční smrt	159
8.1	Definice a příčiny	159
8.2	Prevence	160
8.3	Léčba	160
9	Základy kardiopulmonální resuscitace a nejčastější akutní stavy	163
9.1	Základní neodkladná resuscitace dospělých	163
9.2	Nejčastější akutní stavy	168
9.2.1	Cévní mozková příhoda	168
9.2.2	Akutní infarkt myokardu	168
9.2.3	Anafylaxe	169
9.2.4	Hypoglykemie	169
10	Chlopenní vady srdeční	171
10.1	Patofyziologie	171
10.2	Diagnóza	171
10.3	Mitrální stenóza	172
10.4	Mitrální regurgitace	173
10.5	Aortální stenóza	173
10.6	Aortální regurgitace	174
11	Infekční endokarditida	177
11.1	Etiopatogeneze	177
11.2	Klinický obraz a diagnostická vyšetření	178
11.3	Léčba	179
11.4	Prevence	180
12	Nejčastější vrozené srdeční vady v dospělosti	183
12.1	Defekt septa síní	183
12.2	Defekt septa komor	185
12.3	Otevřená Botallova dučej	185
12.4	Koarktace aorty	186
12.5	Prolaps mitrální chlopně	186
12.6	Ebsteinova anomálie	187
12.7	Fallotova tetralogie	188
12.8	Transpozice velkých cév	189
13	Kardiomyopatie	191
13.1	Dilatační kardiomyopatie	191
13.2	Hypertrofická kardiomyopatie	192

13.3	Restriktivní kardiomyopatie	193
13.4	Arytmogenní dysplazie pravé komory	193
13.5	Další kardiomyopatie	193
14	Myokarditidy	195
15	Perikarditidy	197
16	Onemocnění aorty	201
16.1	Disekce aorty	201
16.2	Aneuryzma aorty	203
17	Žilní tromboembolická nemoc	207
17.1	Etiopatogeneze	207
17.2	Plicní embolie	207
17.3	Chronická tromboembolická plicní hypertenze	210
17.4	Základy moderní perorální antikoagulační léčby	210
18	Primární plicní hypertenze	213
	Seznam literatury	215
	Rejstřík	217
	Souhrn	221
	Summary	223

Slovo prof. PhDr. Valérie Tóthové, Ph.D., děkanky Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích



Kniha, kterou otevíráte, je svým způsobem výjimečná, neboť se snaží výstižně přiblížit kardiologii sestrám a dalším nelékařským profesím. Tyto profese zauímají vedle lékařů významné místo v poskytování bezpečné péče pacientům. Sestry představují nejpočetnější zdravotnický personál ve zdravotnickém systému, tráví nejvíce času v blízkosti pacienta, a proto je nutné, aby měly kvalitní vědomosti a dovednosti k identifikaci změn v jeho zdravotním stavu a mohly odpovídajícím způsobem reagovat i na jeho vzniklé potřeby. Důležitou roli mají sestry rovněž při diagnostických a léčebných postupech, v jejichž rámci, na základě

indikace lékaře a v souladu se svými kompetencemi, vykonávají konkrétní činnosti.

Autor, docent Alan Bulava, v předložené publikaci komplexně zpracoval základní informace z kardiologie. Knihu doporučuji jako studijní materiál studentům ošetrovatelství a dalších nelékařských oborů ve všech typech studia. V knize naleznou cenné informace taktéž všichni pracovníci nelékařských profesí z praxe, neboť jednotlivé kapitoly rovněž odrážejí zkušenosti autora – vynikajícího a mezinárodně uznávaného odborníka v klinické praxi.

Seznam zkratk

ACD	<i>arteria coronaria dextra</i> (pravá věnčitá tepna)
ACS	<i>arteria coronaria sinistra</i> (levá věnčitá tepna)
ACE	enzym konvertující angiotenzin
ACT	aktivovaný koagulační čas
AED	automatický externí defibrilátor
AIM	akutní infarkt myokardu
AKS	akutní koronární syndrom
Ao	aorta
AP	<i>angina pectoris</i>
aPTT	aktivovaný parciální tromboplastinový čas
ARVD	arytmogenní kardiomyopatie pravé komory
AT	síňová tachykardie (z angl. atrial tachycardia)
ATB	antibiotika
AV	atrioventrikulární
AVB	atrioventrikulární blokáda
AVNRT	atrioventrikulární nodální reentry tachykardie
AVRT	atrioventrikulární reentry tachykardie
BNP	natriuretický peptid typu B
CK	kreatinkináza
CK-MB	MB frakce kreatinkinázy
CL	délka cyklu (z angl. cycle length)
CMP	cévní mozková příhoda
CS	koronární sinus
CT	výpočetní tomografie
CTEPH	chronická tromboembolická plicní hypertenze
DD	D-dimery
DDŽ	dolní dutá žíla
DKMP	dilatační kardiomyopatie
DTK	diastolický krevní tlak
EDV	konečný diastolický objem
EF	ejekční frakce
EFV	elektrofyzilogické vyšetření
EKG	elektrokardiogram
ESV	konečný systolický objem
FiS	fibrilace síní
FiK	fibrilace komor
FLS	flutter síní
HDL	lipoproteiny o vysoké denzitě
HDŽ	horní dutá žíla
HKMP	hypertrofická kardiomyopatie
HUTT	test na nakloněné rovině (z angl. head-up tilt test)
HŽT	hluboká žilní trombóza
ICE	intrakardiální echokardiografie

ICD	implantabilní kardioverter-defibrilátor
IE	infekční endokarditida
ICHDKK	ischemická choroba dolních končetin
ICHS	ischemická choroba srdeční
IM	infarkt myokardu
INR	international normalized ratio (vyjádření Quickova času)
IVUS	intravaskulární ultrazvuk
JR	junkční rytmus
KES	komorové extrasystoly
KMP	kardiomyopatie
KPR	kardiopulmonální resuscitace
KS	kardiostimulátor
KT	komorová tachykardie
KV	kardiovaskulární
LBBS	blok levého Tawarova raménka (z angl. left bundle branch block)
LDL	lipoproteiny o nízké denzitě
LK	levá komora
LQTS	syndrom dlouhého QT intervalu (z angl. long QT syndrome)
LS	levá síň
MRI	zobrazení magnetickou rezonancí (z angl. magnetic resonance imaging)
NAP	nestabilní <i>angina pectoris</i>
NOAK	nová antikoagulancia (xabany, gatrany)
nonSTE-AKS	akutní koronární syndrom bez ST elevací
NSS	náhlá srdeční smrt
NT-proBNP	N-terminál natriuretického peptidu typu B
NYHA	klasifikace tíže srdečního selhání podle New York Heart Association
PCI	perkutánní koronární intervence (z angl. percutaneous coronary intervention)
PDE5	fosfodiesteráza 5
PE	plicní embolie
PET	pozitronová emisní tomografie
PPH	primární plicní hypertenze
PK	pravá komora
PS	pravá síň
PTSMA	perkutánní transkatérová septální myokardiální ablace
RAAS	renin-angiotenzin-aldosteronový systém
RBBB	blok pravého Tawarova raménka (z angl. right bundle branch block)
RC	<i>ramus circumflexus</i>
RF	radiofrekvenční
RFA	radiofrekvenční ablace
RIA	<i>ramus interventricularis anterior</i>
RKMP	restriktivní kardiomyopatie
RTG	rentgenový
SA	sinoatriální
SAP	stabilní <i>angina pectoris</i>
SICHS	stabilní ischemická choroba srdeční

SKG	selektivní koronarografie
SPECT	jednofotonová emisní tomografie
SR	sinusový rytmus
SRL	srdeční resynchronizační léčba
SSS	syndrom chorého sinu (z angl. sick sinus syndrom)
SSSEF	srdeční selhání se sníženou ejekční frakcí
SSZEF	srdeční selhání se zachovalou ejekční frakcí
STE-AKS	akutní koronární syndrom s ST elevacemi
STK	systolický krevní tlak
SVES	supraventrikulární extrasystoly
rt-PA	rekombinantní tkáňový aktivátor plazminogenu
TEE	transezofageální echokardiografie
TEN	tromboembolická nemoc
TIA	tranzitorní ischemická ataka
TF	tepová frekvence
TK	krevní tlak
TTE	transtorakální echokardiografie
VAD	komorová srdeční podpora (z angl. ventricular assist device)
VG	ventrikulografie
VLDL	lipoproteiny o velmi nízké denzitě
VSV	vrozené srdeční vady
ZZS	zdravotnická záchranná služba
1D	jednodutinový
2D	dvoudutinový

Úvod

Kardiovaskulární onemocnění jsou v ekonomicky rozvinutých zemích stále zodpovědná za více než 50 % úmrtí a tuto skutečnost patrně nebude možné v nejbližších desetiletích radikálně zvrátit. Naopak, v souvislosti s neustálým prodlužováním střední délky života bude obor kardiovaskulární medicíny zažívat nové lékařské a zcela jistě i etické výzvy.

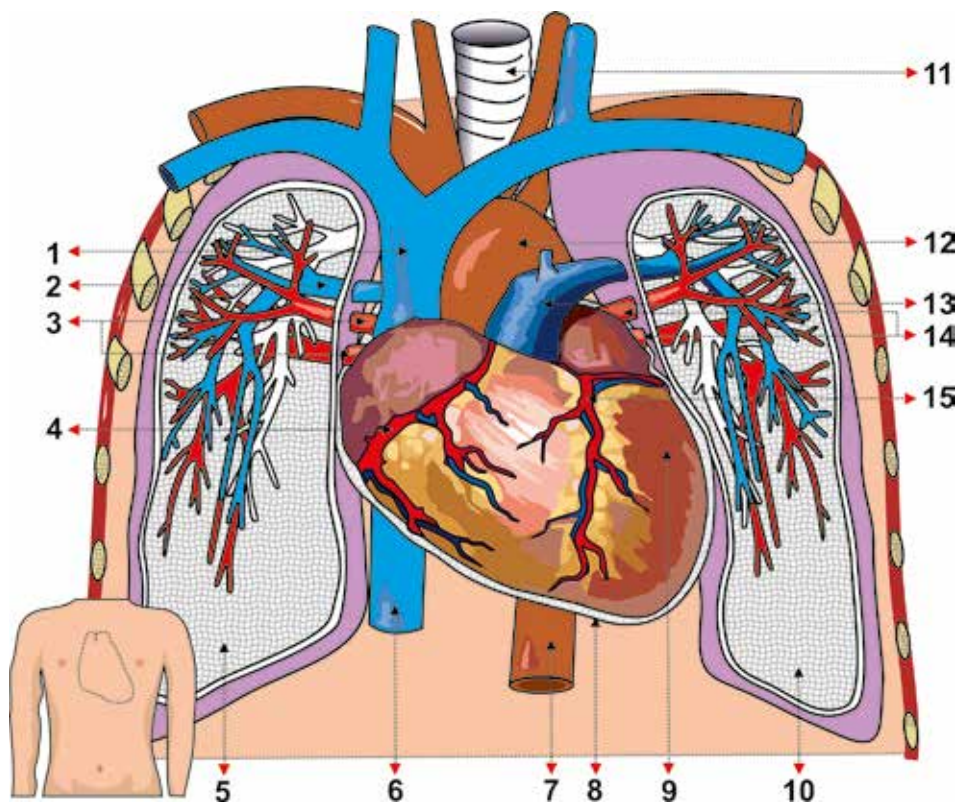
Kardiologie prošla za poslední dvě desetiletí neuvěřitelným rozvojem. Bylo dosaženo významného pokroku ve farmakologické i nefarmakologické léčbě kardiovaskulárních onemocnění. Do běžné klinické praxe byly zavedeny jak postupy medicíny založené na důkazech (evidence-based medicine), tak i na důkazech založené postupy ošetrovatelské (evidence-based nursing). Samotná kardiologie jako podobor vnitřního lékařství byla postupem času doslova atomizována na řadu subspecializací. Typickým příkladem je intervenční kardiologie, arytmologie nebo zobrazovací metody, kde se kardiologie prolíná s oborem radiologickým. V České republice byla dobudována síť komplexních kardiovaskulárních center, kde se soustředí péče o kardiologické pacienty vyžadující specifickou intervenci. Kromě toho vznikají národní centra pro léčbu relativně vzácnějších onemocnění (onemocnění aorty, primární plicní hypertenze, dědičné nebo vrozené vývojové vady atp.). To vše klade zvýšené nároky nejen na samotné lékaře, ale také na sestry či biomedicínské inženýry, kteří se dnes na péči o kardiologické pacienty podílejí a musejí být pro porozumění svým oborům seznámeni se základy diagnostiky a moderní léčby kardiovaskulárních onemocnění.

Tato učebnice si proto klade za cíl pomoci nelékařským pracovníkům působícím v kardiocentrech nebo na kardiologických odděleních rychle se zorientovat v této komplexní a složité problematice. Přinášíme tedy základní informace o anatomii a fyziologii kardiovaskulárního systému, o vyšetřovacích metodách v kardiologii a o onemocněních, se kterými se sestry setkávají ve své každodenní praxi. Rozhodně si nečiníme nárok na vyčerpávající informace, ale jde nám o stručný, výstižný, zapamatovatelný a čtivý přehled toho, co je dnes v kardiologii v klinické praxi běžné a dostupné. Pro získání detailnějších znalostí však bude jistě zapotřebí sáhnout do specializované literatury nebo po časopiseckých zdrojích.

1 Základy anatomie a fyziologie srdce a velkých tepen

1.1 Anatomické poznámky

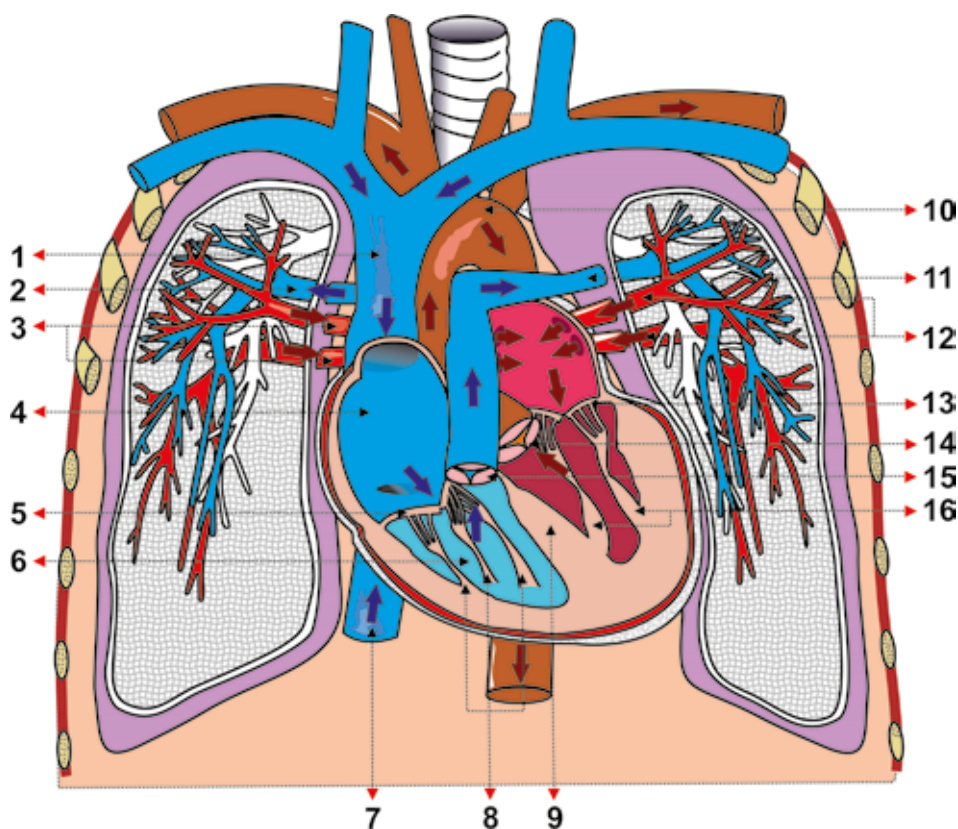
Srdce (*cor, kardia*) je dutý svalový orgán kuželovitého tvaru (obr. 1.1), uložený v dutině hrudní za hrudní kostí v ochranném vazivovém vaku označovaném jako **osrdečník (perikard)**, mezi pravou a levou plicí. Asi dvě třetiny srdce leží vlevo od střední čáry, jedna třetina vpravo od střední čáry. Srdce je na povrchu pokryto vazivovým osrdečníkem (**epikardem**), který se odděluje od velkých cév a vytváří vak – **perikard**.



Obr. 1.1 Uložení srdce v hrudníku a jeho topografický vztah k okolním orgánům
 1 – horní dutá žíla, 2 – pravá větev plicnice, 3 – pravostranné plicní žíly, 4 – pravá věnčitá tepna (*arteria coronaria dextra*), 5 – pravá plice, 6 – dolní dutá žíla, 7 – sestupná hrudní aorta, 8 – perikardiální vak, 9 – srdce, 10 – levá plice, 11 – průdušnice (*trachea*), 12 – aortální oblouk, 13 – plicnice, 14 – levostranné plicní žíly, 15 – levá věnčitá tepna (*arteria coronaria sinistra*), resp. její hlavní větev, *ramus interventricularis anterior (RIA)*

Mezi oběma vazivovými blánami je štěrbina, vyplněná malým množstvím kapaliny (perikardiální tekutina) snižující tření a usnadňující tak pohyby srdce. Pod epikardem se nachází srdeční svalovina (**myokard**), která tvoří vlastní stěny srdce. Vnitřní výstelku srdce tvoří nitroblána srdeční (**endokard**). I když srdce váží jen **250–350 g**, je neuvěřitelně výkonné: za minutu se stáhne přibližně sedmdesátkrát a za jeden den tak přečerpá přes 7000 l krve! Srdce fyzicky velmi aktivních lidí má větší hmotnost než srdce těch, kteří žádnou fyzickou námahu nevykonávají. Srdce muže je rovněž hmotnější než srdce ženy.

Srdce je svislou svalovou přepážkou rozděleno na **pravou a levou polovinu** (obr. 1.2). Každá polovina se brázdou věncovou rozděluje na tenkostěnnou horní **předsíň** (*atrium*) a silnostěnnou spodní **komoru** (*ventriculus*). Normální srdce se skládá ze dvou předsíní (atrií), do kterých přitéká žilní krev, a ze dvou komor (*ventriculi*), vhánějících krev do



Obr. 1.2 Anatomická stavba srdce

1 – horní dutá žíla, 2 – pravá větev plicnice, 3 – pravostranné plicní žíly, 4 – pravá síň, 5 – trikuspidální chlopeň, 6 – pravá komora srdeční, 7 – dolní dutá žíla, 8 – papilární svaly a závěsný aparát trikuspidální chlopně, 9 – mezikomorové septum, 10 – oblouk aorty, 11 – levá větev plicnice, 12 – levostranné plicní žíly, 13 – mitrální chlopeň, 14 – aortální chlopeň, 15 – chlopeň plicnice, 16 – papilární svaly a závěsný aparát mitrální chlopně

systému tepen. Levá komora je větší a silnější než pravá, obě komory obsahují větší část srdeční svaloviny než předsíně. Předsíně jsou uloženy nad komorami a jsou menší. Mezi pravou předsíní a pravou komorou je **chlopeň trojcípá** (trikuspidální) a mezi levou síní a levou komorou je **chlopeň dvojčípá** (mitrální). Pojmenování „mitrální“ souvisí s jejím tvarem, kterým se chlopeň podobá biskupské pokrývce hlavy – mitře. Trojcípá a dvojčípá chlopeň se také označují jako atrioventrikulární chlopně, protože jsou uloženy v každé polovině srdce mezi předsíní a komorou. Díky chlopním protéká krev jen jedním směrem, a to ze síní do komor. K dolní ploše trojcípé a dvojčípé chlopně a k jejím okrajům přirůstá z komorové strany řada šlašinek. **Šlašinky** (*chordae tendinae*) připojují chlopnenní cípy k papilárním svalům, které vybíhají z komorových stěn. Šlašinky fungují jako lana upevněná k chlopním a brání tomu, aby se cípy chlopní vyvrátily do předsíní v průběhu stahu komor, kdy dochází ke zvýšení nitrokomorového tlaku krve. Zamezují tedy průniku krve zavřenou chlopní (regurgitaci).

Do srdce vstupují velké žíly (horní a dolní dutá žíla – *vena cava superior et inferior*, plicní žíly – *venae pulmonales*) a ze srdce vystupují velké tepny (plicnice a aorta). **Horní a dolní dutá žíla** vstupují do pravé předsíně, do levé předsíně přicházejí z plic čtyři plicní žíly. Z pravé komory vystupuje **plicnice**, z levé komory vystupuje nejsilnější tepna v lidském těle – **srdečnice (aorta)**. Návratu krve z tepen do komor brání **poloměsíčitá chlopně**, kterým říkáme pulmonální a aortální podle pozice jejich uložení. Každá z těchto dvou chlopní se skládá ze tří poloměsíčitých cípů ve tvaru hnízda nebo kapsičky. Aortální chlopeň je uložena mezi levou komorou a aortou. Je silnější než pulmonální chlopeň, protože odolává vyššímu tlaku krve.

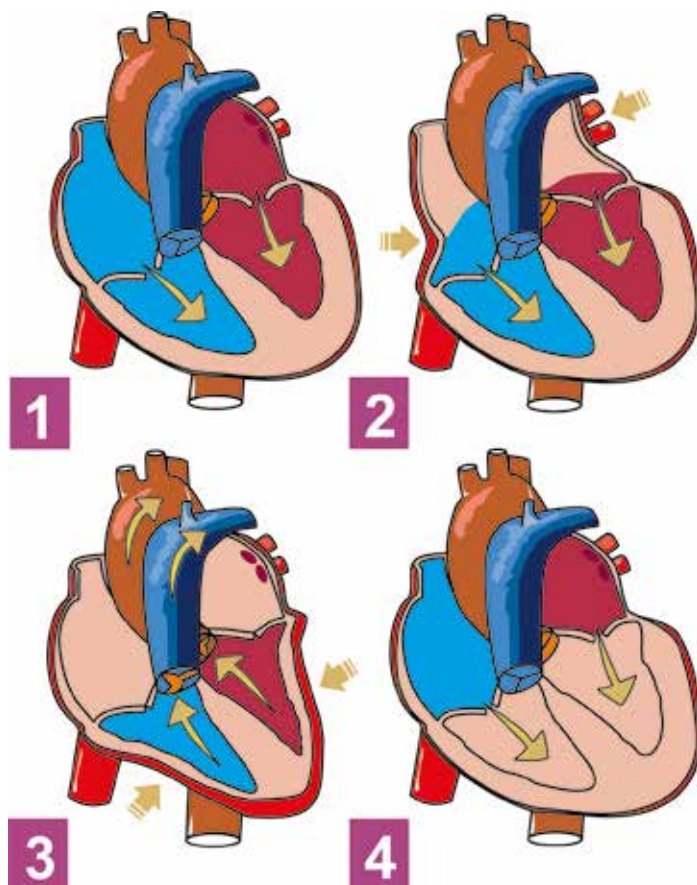
Věňčité (koronární) tepny zprostředkovávají dostatečný přívod kyslíku a živných látek srdeční svalovině. Koronární tepny odstupují z aorty těsně za aortální chlopní a rychle se větví. Terminální síť vlásečnic bohatě prostupuje srdce a zajišťuje tak dokonalé zásobení kyslíkem a živinami. Ateroskleróza koronárních cév způsobuje ischemickou chorobu srdeční, projevující se např. jako *angina pectoris* (námaňová bolest na hrudi) nebo jako infarkt myokardu (kompletní ucpání cévy s následkem odumření části srdeční svaloviny).

1.2 Srdeční cyklus

Srdeční cyklus (obr. 1.3) je série stahů a uvolnění srdeční svaloviny, jimiž je poháněn a udržován krevní oběh. Základní činností srdce je střídavé smršťování a ochabování svaloviny. Smrštění svaloviny říkáme **systola**, ochabnutí **diastola**. Po systole síní a komor nastává diastola celého srdce. Fáze systoly a diastoly plynule přecházejí jedna v druhou a tvoří základ jedné srdeční revoluce (tj. stahu a relaxace).

Srdeční stahy udržují cirkulaci krve a krevní oběh. Série kontrakcí jednotlivých srdečních oddílů se u zdravého dospělého opakuje 60–90krát za minutu. Srdeční stahy jsou způsobeny pravidelně a spontánně vznikajícími elektrickými impulzy, které jsou v srdci rozváděny tzv. převodním systémem srdečním (viz dále). Srdce je stejně jako jiné orgány inervováno vegetativními nervy – sympatikem a parasympatikem. **Sympatikus** činnost srdce zrychluje a zesiluje, **parasympatikus** ji zpomaluje a oslabuje.

Tepový objem je objem krve, který se ze srdce dostává při jednom srdečním stahu. **Minutový srdeční objem (srdeční výdej)** je množství krve, které srdce vypudí



Obr. 1.3 Srdeční cyklus. 1 – na počátku diastoly se otevírají mitrální a trikuspidální ústí a nejdříve dochází k tzv. pasivnímu plnění komor podle tlakového gradientu. 2 – následuje kontrakce síní a komory jsou plněny aktivně tzv. síňovým příspěvkem (činí až 20 % objemu, který v diastole nateče do komory). Fáze 1 a 2 se souhrnně nazývají diastola. 3 – ve fázi systoly komor je krev stahem obou komor vypuzována do aorty a plicnice, otevírají se aortální a pulmonální chlopně a současně se zavírají trikuspidální a mitrální chlopně tak, aby se krev nemohla vracet zpět do předsíní. 4 – na konci systoly klesá tlak v obou komorách tak, že je nakonec nižší než tlak v obou síních (fáze izovolumické relaxace) a tím se mitrální i trikuspidální ústí otevrou – komory se právě začínají pasivně plnit a tímto dějem znovu začíná diastola.

za jednu minutu. V klidu je u dospělého člověka minutový objem asi 5 litrů. Srdeční výdej závisí na čtyřech základních parametrech:

1. **Preload** (předpětí): stupeň natažení svalových vláken před vlastní kontrakcí ovlivňuje sílu kontrakce levé komory, a to tak, že čím víc je v levé komoře krve, tím silnější je její stah a tím více krve je do oběhu vypuzeno. Toto však platí jen do určitého natažení vláken, po dosažení tohoto limitu je již vztah mezi objemem a silou kontrakce opačný (tento princip nazýváme Frankův-Starlingův zákon).

2. **Afterload** (dotížení): afterload je tlak, který levá komora srdeční musí vytvořit, aby převýšila tlak v aortě a krev mohla proudit do velkého oběhu. Čím větší je afterload, tím větší práci srdce vykonává. Pokud je afterload extrémně velký a srdce na práci nestačí, začíná srdeční výdej klesat.
3. **Kontraktilita** (stažlivost): kontraktilita je schopnost srdce se stahovat a vypuzovat krev. Síla kontraktility je kromě preloadu a afterloadu ovlivňována i aktivitou vegetativního nervového systému.
4. **Tepová frekvence**: tepová frekvence je počet srdečních kontrakcí za jednu minutu (neboli počet tepů za jednu minutu). Srdeční výdej je přímo úměrný tepové frekvenci a tepovému objemu. S narůstající tepovou frekvencí tedy bude narůstat srdeční výdej. Existuje však limit tepové frekvence; nad tímto limitem již srdeční výdej dále růst nebude a bude naopak klesat. Při vysokých tepových frekvencích se totiž srdce nestačí dostatečně naplnit a dochází pak již k poklesu tepového objemu.

Elasticitou velkých cév je v lidském těle za předpokladu normálního srdečního výdeje udržován relativně stabilní krevní tlak. Rozlišujeme **tlak systolický** (tlaková špička, která nastává během srdeční systoly) a **tlak diastolický** (tlakové minimum, které nastává během srdeční diastoly). U zdravého člověka klidový tlak nepřevyšuje 140/90 mm Hg.

Míra kontrakce levé srdeční komory se posuzuje parametrem zvaným **ejekční frakce** (EF). Ejekční frakce je poměr tepového objemu (tj. objemu krve, který srdce vypudí během jedné srdeční kontrakce do velkého oběhu) a objemu krve, který se nacházel v levé komoře srdeční těsně předtím, než došlo ke kontrakci (tzv. enddiastolický/konečný diastolický objem). Tento parametr lze proto zapsat:

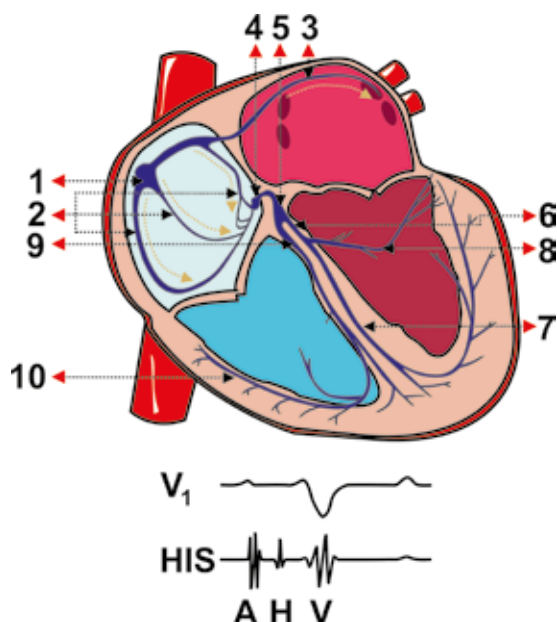
$$EF = (EDV - ESV) / EDV,$$

kde EDV je konečný diastolický objem levé komory srdeční a ESV je konečný systolický objem levé komory srdeční. Rozdílem konečného diastolického a konečného systolického objemu je právě objem vypuzený levou komorou do aorty, tedy tepový objem. Vypočtená hodnota se ještě násobí 100 a jednotkou jsou pak %. Normální hodnota EF u zdravého člověka je 55 % a víc (EF 60 % tedy neznamená, že srdce pracuje na 60 %, ale naopak, že z hlediska čerpání krve pracuje úplně normálně).

1.3 Převodní systém srdeční

Převodní systém srdeční je specializovaná tkáň vyskytující se jak v srdečních síních, tak v komorách, která zabezpečuje vznik a přenos elektrických impulzů k vlastní pracovní svalovině síní a především komor (obr. 1.4). Skládá se ze **sinoatriálního** (SA) a **atrioventrikulárního** (AV) uzlu, **Hisova svazku**, **pravého a levého Tawarova raménka**, předního a zadního **fasciklu** a dále ze sítě terminálních **Purkyňových vláken**.

Hlavní činností SA uzlu je udržování spontánní elektrické aktivity. SA uzel je proto též nazýván primárním pacemakerem (udavatelem kroku). Elektrické impulzy zde vznikají s frekvencí 60–90 za minutu. Pokud je SA uzel nějakým způsobem poškozen, elektrickou aktivitu přebírají sekundární centra z oblasti AV uzlu (tzv. AV junkce, hovoříme též o junkčním rytmu) nebo terciární centra v samotných srdečních komorách. Sekundární centra mají obecně pomalejší tepovou frekvenci (cca 40–60/min) než centrum primární



Obr. 1.4 Převodní systém srdeční. Elektrokardiogram snímáný elektrodou umístěnou v oblasti Hisova svazku (HIS) obsahuje tři komponenty: sínovou (A), potenciál Hisova svazku (H) a komorovou (V).

1 – sinoatriální uzel, 2 – šíření impulsu z SA uzlu pravou síní, 3 – Bachmannův svazek, 4 – atrioventrikulární uzel, 5 – Hisův svazek, 6 – levé Tawarovo raménko, 7 – levý zadní fascikulus, 8 – levý přední fascikulus, 9 – pravé Tawarovo raménko, 10 – distální ramifikace pravého Tawarova raménka

a podobně terciární centra mají tepovou frekvenci nejméně (20–40/min). SA uzel je umístěn v horní pravé síni v blízkosti vyústění horní duté žíly. Vzruch vznikající v SA uzlu se dále šíří přes pravou i levou předsíň. Na stropě síní se nachází svalová struktura zvaná Bachmannův svazek, umožňující rychlejší šíření vzruchu směrem k oušku levé síně. Vzruch se z SA uzlu dále šíří po pravé síni směrem k AV uzlu, který funguje jako přirozený „zpomalovač“ vedení – jakási pojistka bránící převádění příliš rychlých vzruchů z předsíní na komory. Časové zpoždění mezi aktivací síní a komor (na povrchovém EKG měřitelné jako PQ interval – viz dále) nastává právě díky AV uzlu a umožní dokonalou náplň komor před jejich vlastním stahem. V případě příliš rychlé sínové aktivity (např. u sínových tachykardií nebo u fibrilace síní) působí AV uzel jako přirozený „převodník“, tj. dochází k filtrování sínové frekvence a ne každý elektrický impuls je AV uzlem převeden na komory (obr. 1.5).

Hisův svazek je za normálních okolností jediným elektrickým spojením mezi svalovinou síní a svalovinou komor. Dělí se záhy po prostupu mezikomorovým septem na pravé a levé Tawarovo raménko. Levé Tawarovo raménko se dále dělí na levý přední a levý zadní svazek a všechny svazky a raménka skončí v terminálních větvení drobných vláček, které nazýváme Purkyňova vlákna. Účelem Tawarových ramének, svazků a Purkyňových vláken je rychle a rovnoměrně rozvést elektrický impuls do všech oblastí pravé a levé komory tak, aby jejich kontrakce nastala co