

**POCKET ATLAS OF CORONARY PHYSIOLOGY**

---

**KAPESNÍ ATLAS KORONÁRNÍ FYZIOLOGIE**

**Petr Kala, MD, PhD, FESC, FSCAI,  
Martin Mates, MD, PhD, FESC  
et al.**

# **POCKET ATLAS OF CORONARY PHYSIOLOGY**

MAXDORF  
JESSENIUS

**MUDr. Petr Kala, Ph.D., FESC, FSCAI,  
Doc. MUDr. Martin Mates, CSc., FESC  
a kolektiv**

# **KAPESNÍ ATLAS KORONÁRNÍ FYZIOLOGIE**

**MAXDORF  
JESSENIUS**

## AUTHORS / AUTOŘI

- MUDr. Petr Kala, Ph.D., FESC, FSCAI, Interní kardiologická klinika LF MU a FN Brno
- Doc. MUDr. Martin Mates, CSc., FESC, Kardiologické oddělení Nemocnice Na Homolce, Praha

## CO-AUTHORS / SPOLUAUTOŘI

- MUDr. Otakar Boček, Interní kardiologická klinika, LF MU a FN Brno
- MUDr. Karel Kopřiva, Kardiologické oddělení Nemocnice Na Homolce, Praha
- MUDr. Roman Miklík, Ph.D., Interní kardiologická klinika, LF MU a FN Brno
- MUDr. Martin Poloczek, Interní kardiologická klinika, LF MU a FN Brno
- MUDr. Tomáš Ondrůš, Interní kardiologická klinika, LF MU a FN Brno

## REVIEWER / RECENZENT

- Doc. MUDr. Pavel Červinka Ph.D., FESC, FSCAI, Kardiologická klinika, Masarykova nemocnice Ústí n. L.

**All rights reserved.** This book is protected by copyright. No part of it may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from the publisher.

Autoři i nakladatel vynaložili velkou péči a úsilí, aby všechny informace v knize obsažené týkající se dávkování léků a forem jejich aplikace odpovídaly stavu vědy v okamžiku vydání. Nakladatel však za údaje o použití léků, zejména o jejich indikacích, kontraindikacích, dávkování a aplikačních formách, nenese žádnou odpovědnost, a vylučuje proto jakékoli přímé či nepřímé nároky na úhradu eventuálních škod, které by v souvislosti s aplikací uvedených léků vznikly. Každý uživatel je povinen důsledně se řídit informacemi výrobců léčiv, zejména informací přiloženou ke každému balení léku, který chce aplikovat.

*Ochranné obchodní známky (chráněné názvy) léků ani dalších výrobků nejsou v knize zvlášť zdůrazňovány. Z absence označení ochranné známky proto nelze vyvozovat, že v konkrétním případě jde o název nechráněný.*

Toto dílo, včetně všech svých částí, je zákonem chráněno. Každé jeho užití mimo úzké hranice zákona je nepřipustné a je trestné. To se týká zejména reprodukování či rozšiřování jakýmukoli způsobem (včetně mechanického, fotografického či elektronického), ale také ukládání v elektronické formě pro účely rešeršní i jiné. K jakémukoli využití díla je proto nutný písemný souhlas nakladatele, který také stanoví přesné podmínky využití díla. Písemný souhlas je nutný i pro případy, ve kterých může být udělen bezplatně.

**Petr Kala, Martin Mates et al.**

**POCKET ATLAS OF CORONARY PHYSIOLOGY - KAPESNÍ ATLAS KORONÁRNÍ FYZIOLOGIE**

© Petr Kala, Martin Mates, 2012

© Maxdorf, 2012

Illustration © Ing. Radka Švihálková, 2012

Cover layout © Maxdorf, 2012

Published by / Vydal **Maxdorf s. r. o.**, nakladatelství odborné literatury, Na Šejdru 247/6a, 142 00 Praha 4  
e-mail: info@maxdorf.cz, internet: www.maxdorf.cz; **Jessenius®** je chráněná značka [No. 267113] označující publikace určené odborné zdravotnické veřejnosti

Copyeditor / Odpovědný redaktor: **Ing. Veronika Pátková**

Layout / Grafické řešení: **DESIGN STUDIO MAXDORF**

Typesetting / Sazba: **Denisa Honzalová**

Printed in the Czech Republic by Books print s.r.o.

**ISBN 978-80-7345-281-0**

Kniha vyšla za laskavé podpory společností:

**cardion**

**SIEMENS**

## PREFACE

In this Pocket Atlas of Coronary Physiology, Dr Kala and Dr Mates concentrate on illustrative cases of our everyday lives i.e. our work of interventional cardiologists: No tedious pages on the control of myocardial blood flow, no inflated paragraphs on the relative merits of different indices of stenosis severity. Just what is important for clinical decision making to help our patients with coronary artery disease: thorough history taking, high quality coronary angiography (coronary anatomy) and pressure-derived fractional flow reserve (coronary physiology). Let's face it: do we really need much more? Probably not. But not less either.

As a physician one must obtain all the necessary information to decide upon different treatment strategies. In most patients with suspected coronary disease, this information should be collected in the catheterization laboratory. An angiogram without background information on the clinical presentation is useless. Similarly, an angiogram without complementary information about the functional severity of the observed narrowing often leads to inappropriate decisions. Nowadays all this information can and should be obtained at the same place and at the same time. Since the early days of invasive coronary physiology, our Czech friends have been among the "believers", and have accumulated a sizable clinical experience. With the present Pocket Atlas they want to share part of their experience.

A small book, huge enthusiasm.

*Bernard De Bruyne*

It is with pleasure that we welcome this Pocket Atlas of Coronary Physiology by Dr Kala from Brno. The atlas is a clear compilation of 35 patients with coronary artery disease which was difficult to assess by standard angiography and ultimately clarified by coronary pressure measurement and fractional flow reserve (FFR) assessment. The cases are presented in a systematic way with focus on the clinical presentation and data, so important but so often ignored by interventionalists. Next, the angiograms are shown and a large variety of elucidating pressure recordings, providing the key to correct diagnosis and treatment. The author should be commended for this book which is a contribution to interventional cardiology and will contribute to further interest and implementation of coronary physiology in catheterisation laboratories in the Czech Republic and beyond.

*Nico HJ Pijls*

## PŘEDMLUVA

V publikaci Kapesní atlas koronární fyziologie se autoři zaměřili na názorné příklady z našeho každodenního života intervenčních kardiologů. Žádné jednotvárné povídání o kontrole průtoku krve myokardem, žádné zanícené povídání o relativním významu různých indikátorů závažnosti koronární stenózy. Prostě jen to, co je skutečně důležité při klinickém rozhodování a ve snaze pomoci pacientům s onemocněním koronárních tepen. Pečlivá anamnéza, vysoce kvalitní koronární angiografie (koronární anatomie) a tlakově odvozená frakční průtoková rezerva (koronární fyziologie). Upřímně řečeno: potřebujeme skutečně ještě něco dalšího? Pravděpodobně ne. Ale méně také ne.

Má-li se lékař rozhodnout o tom, kterou z různých léčebných strategií zvolí, musí nejprve získat všechny nezbytné informace. U většiny pacientů s podezřením na onemocnění věnčitých tepen se takové informace získávají v rámci pracovišť zabývajících se katetrizací. Samotný angiogram, bez informace o klinických projevech, je bezcenný. Podobně angiogram bez doplňujících informací o funkční závažnosti pozorovaného zúžení často vede k nesprávným rozhodnutím. Dnes všechny tyto informace mohou být (a měly by být) získány na jednom místě a ve stejném čase. Naši čeští přátelé patřili již od prvopočátku invazivní koronární fyziologie k těm, kteří v to věřili. Od té doby nashromáždili rozsáhlé klinické zkušenosti. Vydáním Kapesního atlasu koronární fyziologie se snaží podělit se alespoň o část svých zkušeností.

Malá kniha, obrovské zanícení.

*Bernard De Bruyne*



S potěšením vítáme tento Kapesní atlas koronární fyziologie zpracovaný doktorem Kalou z Brna. Atlas představuje soubor 35 kazuistik pacientů s onemocněním koronárních tepen, které bylo obtížné vyhodnotit standardní angiografií a které byly s definitivní platností objasněny až měřením tlaku v koronárních tepnách a vyhodnocením frakční průtokové rezervy (FFR). Jednotlivé případy jsou systematicky uspořádané, se zaměřením na klinické výsledky a jejich prezentaci, což bývá ze strany lékařů zabývajících se intervenčními metodami často opomíjeno. V atlasu jsou dále prezentovány angiogramy a široká škála záznamů o měření tlaku, které pomáhají objasnit problematiku a jsou klíčem ke stanovení správné diagnózy a léčby. Nezbyvá než autory pochválit za zpracování této publikace, která je přínosem pro oblast intervenční kardiologie a jistě přispěje ke zvýšení zájmu o fyziologii koronárních cév a jejímu většímu využití na pracovištích zabývajících se katetrizací, jak v České republice, tak v zahraničí.

*Nico HJ Pijls*

# CONTENTS

<b>PREFACE</b> . . . . .	6
<b>ABBREVIATIONS</b> . . . . .	16
<b>INTRODUCTION</b> . . . . .	20
<b>METHODOLOGY</b> . . . . .	25
<b>CASE REPORT NO. 1</b> . . . . .	32
Patient with non-STEMI and multi-vessel disease	
<b>CASE REPORT NO. 2</b> . . . . .	40
Patient with heart failure and chronic CAD	
<b>CASE REPORT NO. 3</b> . . . . .	48
Patient with STEMI and three-vessel disease treated with primary PCI and FFR-guided CABG	
<b>CASE REPORT NO. 4</b> . . . . .	57
Patient with ischemic cardiomyopathy after MI in the past	
<b>CASE REPORT NO. 5</b> . . . . .	65
Patient with in-stent restenosis after primary PCI	
<b>CASE REPORT NO. 6</b> . . . . .	73
Asymptomatic patient with several risk factors	
<b>CASE REPORT NO. 7</b> . . . . .	80
Patient with atypical symptoms and possible silent myocardial ischemia	
<b>CASE REPORT NO. 8</b> . . . . .	86
Patient with stable angina	
<b>CASE REPORT NO. 9</b> . . . . .	93
Two-vessel disease in a patient with non-STEMI	
<b>CASE REPORT NO. 10</b> . . . . .	99
Triple-vessel disease in a chronic heart failure patient after non-STEMI	

<b>CASE REPORT NO. 11.</b> . . . . .	106
FFR-guided revascularization in patient after prolonged cardiac resuscitation	
<b>CASE REPORT NO. 12.</b> . . . . .	113
Patient with progressive angina	
<b>CASE REPORT NO. 13.</b> . . . . .	119
Patient with atypical exercise chest pain after STEMI	
<b>CASE REPORT NO. 14.</b> . . . . .	125
Patient with silent myocardial ischemia	
<b>CASE REPORT NO. 15.</b> . . . . .	133
Patient with non-STEMI and single-vessel disease	
<b>CASE REPORT NO. 16.</b> . . . . .	139
High-risk patient with stable angina	
<b>CASE REPORT NO. 17.</b> . . . . .	145
Patient with temporary angina	
<b>CASE REPORT NO. 18.</b> . . . . .	151
Staged FFR-guided PCI of LAD in non-STEMI ACS	
<b>CASE REPORT NO. 19.</b> . . . . .	158
Typical exercise angina in a 65-year-old smoker	
<b>CASE REPORT NO. 20.</b> . . . . .	164
Mixed chest pain in a 63-year-old man	
<b>CASE REPORT NO. 21.</b> . . . . .	170
Exertional chest pain in an oncology patient	
<b>CASE REPORT NO. 22.</b> . . . . .	176
Conservative treatment in an angiographically almost significant LCx stenosis	
<b>CASE REPORT NO. 23.</b> . . . . .	182
Stable angina in a high risk patient	
<b>CASE REPORT NO. 24.</b> . . . . .	188
Patient after posterior and inferior wall MI	
<b>CASE REPORT NO. 25.</b> . . . . .	194
Two-vessel disease in patient with hypertension and valvular disease	

<b>CASE REPORT NO. 26</b> . . . . .	200
Non-infarct related proximal LAD	
<b>CASE REPORT NO. 27</b> . . . . .	206
In-stent restenosis of LAD	
<b>CASE REPORT NO. 28</b> . . . . .	212
Proximal LAD	
<b>CASE REPORT NO. 29</b> . . . . .	219
The effect of stenting on FFR	
<b>CASE REPORT NO. 30</b> . . . . .	226
Impact of collaterals on functional significance of borderline LAD lesion	
<b>CASE REPORT NO. 31</b> . . . . .	231
Asymptomatic long LAD lesion	
<b>CASE REPORT NO. 32</b> . . . . .	237
Borderline bifurcation lesion of LCx on CT angiography	
<b>CASE REPORT NO. 33</b> . . . . .	242
Multi-vessel and left main disease	
<b>CASE REPORT NO. 34</b> . . . . .	249
Borderline two-vessel disease in asymptomatic diabetic patient prior to non-cardiac surgery	
<b>CASE REPORT NO. 35</b> . . . . .	255
Normal perfusion scan in patient with triple-vessel disease	
<b>CONCLUSION</b> . . . . .	261
<b>REFERENCES</b> . . . . .	263

## OBSAH

<b>PŘEDMLUVA</b> . . . . .	8
<b>PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK</b> . . . . .	18
<b>ÚVOD</b> . . . . .	22
<b>METODOLOGIE</b> . . . . .	28
<b>KAZUISTIKA Č. 1.</b> . . . . .	38
Pacient s non-STEMI a onemocněním více tepen	
<b>KAZUISTIKA Č. 2.</b> . . . . .	46
Pacient se srdečním selháním a chronickou ICHS	
<b>KAZUISTIKA Č. 3.</b> . . . . .	55
Pacient se STEMI a onemocněním tří tepen léčený primární PCI a FFR-guided indikací CABG	
<b>KAZUISTIKA Č. 4.</b> . . . . .	63
Pacient s ischemickou kardiomyopatií po IM před lety	
<b>KAZUISTIKA Č. 5.</b> . . . . .	71
Pacient s in-stent restenózou po primární PCI	
<b>KAZUISTIKA Č. 6.</b> . . . . .	78
Asymptomatický pacient s rizikovými faktory	
<b>KAZUISTIKA Č. 7.</b> . . . . .	84
Pacient s netypickými obtížemi a suspektní němou ischemií myokardu	
<b>KAZUISTIKA Č. 8.</b> . . . . .	91
Pacient se stabilní AP	
<b>KAZUISTIKA Č. 9.</b> . . . . .	97
Onemocnění dvou tepen u pacienta s non-STEMI	
<b>KAZUISTIKA Č. 10.</b> . . . . .	104
Onemocnění tří tepen u pacientky s chronickým srdečním selháním po non-STEMI	

<b>KAZUISTIKA Č. 11.</b> . . . . .	111
FFR-guided revaskularizace u pacienta po protražované resuscitaci	
<b>KAZUISTIKA Č. 12.</b> . . . . .	117
Pacient s progresí AP	
<b>KAZUISTIKA Č. 13.</b> . . . . .	123
Pacient s atypickými námahovými bolestmi na hrudi po STEMI	
<b>KAZUISTIKA Č. 14.</b> . . . . .	131
Pacient s němou ischemií myokardu	
<b>KAZUISTIKA Č. 15.</b> . . . . .	137
Pacient s non-STEMI a postižením jedné tepny	
<b>KAZUISTIKA Č. 16.</b> . . . . .	143
Rizikový pacient se stabilní AP	
<b>KAZUISTIKA Č. 17.</b> . . . . .	149
Pacient s přechodnou AP	
<b>KAZUISTIKA Č. 18.</b> . . . . .	156
„Staged“ FFR-guided PCI RIA u non-STEMI AKS	
<b>KAZUISTIKA Č. 19.</b> . . . . .	162
Typické námahové stenokardie u 65letého kuřáka	
<b>KAZUISTIKA Č. 20.</b> . . . . .	168
Smíšené thorakalgie u 63letého muže	
<b>KAZUISTIKA Č. 21.</b> . . . . .	174
Námahové bolesti na hrudi u onkologické pacientky	
<b>KAZUISTIKA Č. 22.</b> . . . . .	180
Konzervativní postup u angiograficky téměř významné stenózy RC	
<b>KAZUISTIKA Č. 23.</b> . . . . .	186
Stabilní AP u rizikového pacienta	
<b>KAZUISTIKA Č. 24.</b> . . . . .	192
Pacient po IM zadní a dolní stěny	
<b>KAZUISTIKA Č. 25.</b> . . . . .	198
Onemocnění dvou tepen u hypertonika s chlopenními vadami	
<b>KAZUISTIKA Č. 26.</b> . . . . .	204
Neinfarktová tepna – proximální segment RIA	

<b>KAZUISTIKA Č. 27.</b> . . . . .	210
In-stent restenóza RIA	
<b>KAZUISTIKA Č. 28.</b> . . . . .	217
Proximální segment RIA	
<b>KAZUISTIKA Č. 29.</b> . . . . .	224
Difuzně postižená ACD – efekt PCI na hodnoty FFR	
<b>KAZUISTIKA Č. 30.</b> . . . . .	229
Vliv kolaterál na funkční významnost hraniční stenózy RIA	
<b>KAZUISTIKA Č. 31.</b> . . . . .	235
Asymptomatická dlouhá léze na RIA	
<b>KAZUISTIKA Č. 32.</b> . . . . .	240
Hraniční bifurkační postižení RC na CT angiografii	
<b>KAZUISTIKA Č. 33.</b> . . . . .	247
Nemoc tří tepen a kmene levé koronární tepny	
<b>KAZUISTIKA Č. 34.</b> . . . . .	253
Hraniční choroba dvou tepen u asymptomatického diabetika před nekardiální operací	
<b>KAZUISTIKA Č. 35.</b> . . . . .	259
Negativní scintigrafie myokardu u nemocné s chorobou tří tepen	
<b>ZÁVĚR</b> . . . . .	262
<b>LITERATURA</b> . . . . .	263

## ABBREVIATIONS

ACE-I .....	ACE-inhibitor
ACI .....	internal carotid artery
ACS .....	acute coronary syndrome
AMI .....	acute myocardial infarction
ASA .....	acetylsalicylic acid
BB .....	betablocker
BMI .....	body mass index
BMS .....	bare metal stent
BP .....	blood pressure
CaB .....	calcium blocker
CABG .....	coronary artery bypass grafting
CAD .....	coronary artery disease
CAUD .....	caudal
CCS .....	Canadian Cardiovascular Society (classification)
CMP .....	cardiomyopathy
CPR .....	cardiopulmonary resuscitation
CRAN .....	cranial
CT .....	computer tomography
D1(2) .....	first (second) diagonal branch
DEB .....	drug-eluting balloon
DES .....	drug-eluting stent
ECG .....	electrocardiography
ECHO .....	echocardiography
FFR .....	fractional flow reserve
FFRmyo .....	myocardial fractional flow reserve
Hb .....	hemoglobin
HR .....	heart rate
i.c. ....	intracoronary
i.v. ....	intravenous
ISR .....	in-stent restenosis
IVUS .....	intravascular ultrasound
LAD .....	left anterior descending
LBBS .....	left bundle branch block
LCA .....	left coronary artery



LCx.....	left circumflex artery
LIMA.....	left internal mammary artery
LMCA.....	left main coronary artery
LMWH.....	low-molecular weight heparin
LV.....	left ventricle
LVEF.....	left ventricular ejection fraction
MI.....	myocardial infarction
MLA.....	minimum lumen area
MLD.....	minimum lumen diameter
MVD.....	multi-vessel disease
non-STEMI.....	acute myocardial infarction without ST elevations
NSAID.....	non-steroidal anti-inflammatory drugs
NTG.....	nitroglycerin
NYHA.....	New York Heart Association (functional classification)
OCT.....	optical coherent tomography
OM1(2).....	first (second) obtuse marginal
PCI.....	percutaneous coronary intervention
Pd/Pa.....	distal coronary pressure to aortic pressure ratio
POBA.....	plain old balloon angioplasty
PPI.....	proton pump inhibitor
PTA.....	percutaneous transluminal angioplasty
RCA.....	right coronary artery
SPECT.....	single-photon emission tomography
STEMI.....	acute myocardial infarction with ST elevations
SVG.....	saphenous venous graft
TIMI.....	thrombolysis in myocardial infarction (classification)
TRA.....	transradial approach

## PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

ACD.....	arteria coronaria dextra
ACE-I .....	inhibitor ACE
ACI .....	arteria carotis interna
ACS .....	arteria coronaria sinistra
AIM.....	akutní infarkt myokardu
AKS .....	akutní koronární syndrom
AP .....	angina pectoris
ASA.....	kyselina acetylsalicylová
BB .....	betablokátor
BMI .....	body mass index
BMS.....	nekrytý (nelékový) stent
CaB .....	kalciový blokátor
CABG.....	aortokoronární bypass
CAUD.....	kaudálně
CCS .....	Canadian Cardiovascular Society (klasifikace)
CMP.....	cévní mozková příhoda
CT.....	výpočetní tomografie
CRAN.....	kraniálně
DEB.....	lékový balónkový katétr
DES.....	lékový stent
EF.....	ejekční frakce
ECHO .....	echokardiografie
EKG .....	elektrokardiografie
FFR.....	frakční průtoková rezerva
FFRmyo .....	funkční průtoková rezerva myokardu
Hb.....	hemoglobin
i.c.....	intrakoronární
i.v.....	intravenózní
ICHS.....	ischemická choroba srdeční
IM .....	infarkt myokardu
ISR .....	restenóza ve stentu
IVUS.....	intravaskulární ultrasonografie
KMP.....	kardiomyopatie
KP .....	kardiopulmonálně

KPR	.....	kardiopulmonální resuscitace
LBBB	.....	blokáda levého raménka Tawarova
LIMA	.....	levá mamární tepna
LK	.....	levá komora
LMWH	.....	nízkomolekulární heparin
MLA	.....	minimální plocha lumen
MLD	.....	minimální průměr lumen
non-STEMI	.....	akutní infarkt myokardu bez elevací ST segmentu
NTG	.....	nitroglycerin
NYHA	.....	New York Heart Association (klasifikace)
OCT	.....	optická koherentní tomografie
PAD	.....	perorální antidiabetika
PCI	.....	perkutánní koronární intervence
Pd/Pa	.....	poměr distálního tlaku k aortálnímu (proximálnímu) tlaku
POBA	.....	prostá balónková angioplastika
PPI	.....	inhibitory protonové pumpy
PTA	.....	perkutánní transluminální angioplastika
RC	.....	ramus circumflexus
RD	.....	ramus diagonalis
RIA	.....	ramus interventricularis anterior
RIVP	.....	ramus interventricularis posterior
RMS	.....	ramus marginalis sinister
RPLD	.....	ramus posterolateralis dexter
RS	.....	ramus septalis
SKG	.....	selektivní koronarografie
SPECT	.....	jednofotonová emisní tomografie
STEMI	.....	akutní infarkt myokardu s elevacemi ST segmentu
SVG	.....	graft z vena saphena
TF	.....	tepová frekvence
TIMI	.....	thrombolysis in myocardial infarction (klasifikace)
TK	.....	krevní tlak
TRA	.....	transradiální přístup

## INTRODUCTION

Dear colleagues,

we would like to share an exciting view of coronary arteries with you. Our aim is not to change current practice using coronary angiography as the basic morphologic method, but to provide you with some more clinically relevant information.

More precise morphologic invasive methods like intravascular ultrasound (IVUS) and optical coherent tomography (OCT) have a much higher resolution. This can be helpful in the assessment of plaque volume, length and content of the lesion but some questions still remain unresolved.

The main question is “whether to revascularize?”. Though the morphology is widely used for the indication of revascularization, there is a more efficient way to make the proper decision in stabilized or stable patients. Functional or hemodynamic significance of the individual lesions can be relatively easily assessed by pressure measurements during maximal hyperemia corresponding with the maximal coronary flow. Fractional flow reserve (FFR or FFR<sub>myo</sub>) is nowadays a well-established method recommended in all important practical guidelines in Europe and the United States.

A combination of the morphologic and functional assessments is currently the best approach for individual patients and their coronary lesions. As the “all-in-one” concept can be applied directly in the cathlab, all this information can be obtained almost simultaneously. Based on the results, individual treatment can be recommended to achieve the safest and most effective method of treatment.

We believe that 35 case reports from daily practice will help you in the sometimes so difficult decision-making process in the cathlab. The Pocket Atlas of Coronary Physiology can also serve as an intro-

duction to the problem and as the first experience with the practical application of FFR. We will be very happy if the cases inspire you to see the patients with coronary artery disease in a different but more appropriate way.

*Yours sincerely*  
*Petr Kala and Martin Mates*

## ÚVOD

Milé kolegyně, vážení kolegové, vážení přátelé,

rádi bychom se s Vámi podělili o poznatky získané z poněkud jiného úhlu pohledu na koronární tepny. Naším cílem není zpochybnění současného využití koronární angiografie jako základní morfologické zobrazovací metody, ale poukázání na další, klinicky důležité skutečnosti.

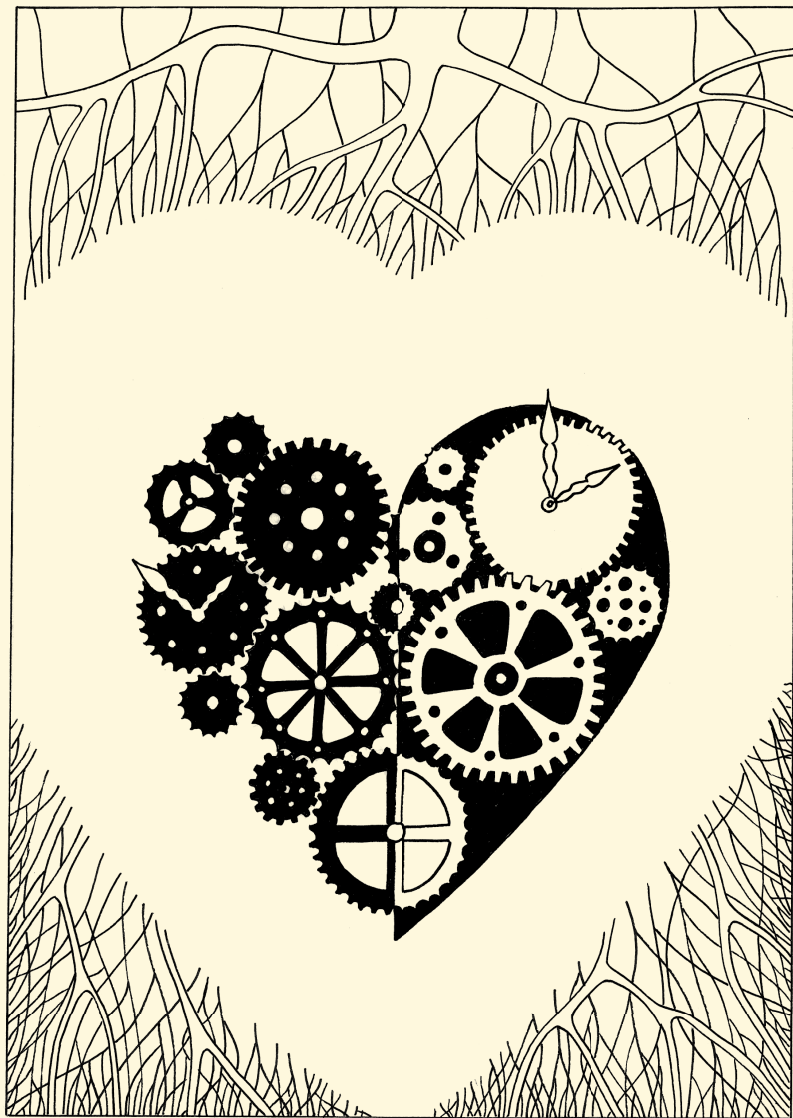
Přesnější metody invazivního posouzení koronární morfologie, jako jsou intravaskulární ultrazvuk (IVUS) a optická koherentní tomografie (OCT), mají výrazně vyšší rozlišovací schopnost. Ta pomáhá při přesném stanovení koronárního postižení včetně posouzení složení plátu, jeho délky i objemu. I přesto však některé otázky zůstávají nezodpovězeny.

Hlavní otázka totiž zní, *zda revaskularizovat*. A ačkoliv jsou morfologické metody široce využívány, odpověď na tuto základní otázku u stabilizovaných nebo stabilních pacientů není tak jednoduchá. Výraznou pomocí je stanovení funkční nebo také hemodynamické významnosti konkrétních koronárních stenóz, které může být poměrně snadno posouzeno přímo v katetrizační laboratoři. Krevní průtok přes koronární stenózu, který nás zajímá, totiž ve většině případů odpovídá poměru středních tlaků před stenózou a za ní v průběhu maximální hyperemie. Získáme tak konkrétní numerickou hodnotu odpovídající frakční průtokové rezervě myokardu (FFR nebo FFR-myo). Metoda FFR je v současnosti velmi dobře propracována a jeho význam je vyjádřen i v doporučených postupech kardiologických společností v Evropě a v USA.

Nejlepší možnou kombinací se tedy jeví morfologické a funkční posouzení konkrétních lézí u konkrétních pacientů. Koncept „vše v jednom“ nebo také „all-in-one“ je možné použít přímo v katetrizační laboratoři, a to s minimálním časovým zdržením. Na základě takto získaných informací je možné stanovit nejbezpečnější a zároveň nejefektivnější léčbu konkrétních pacientů.

Věříme, že 35 kazuistik, které jsme pro Vás vybrali, Vám pomůže při každodenním a často nelehkém rozhodování v katetrizační laboratoři. Kapesní atlas koronární fyziologie může zároveň posloužit jako úvod do „funkční“ problematiky i jako první zkušenost s klinickou aplikací FFR. Budeme velmi rádi, když Vás tato kniha bude inspirovat k poněkud jinému a širšímu pohledu na pacienty s ischemickou chorobou srdce.

*S úctou*  
*Petr Kala a Martin Mates*



■ Different view of the heart / Srdce z jiného pohledu



## METHODOLOGY

### Methodology of FFR measurement

It is crucial to use the proper technique of FFR measurement to achieve clinically relevant results. The following text will help you to make the basic steps in an appropriate way – some points are very well known from coronary interventions (PCI), some are related specifically to FFR. By using the optimal technique, your experience will rapidly grow and you will be able to use FFR and interpret the data in more and more complex procedures.

### Step by step approach

- heparin or low-molecular weight heparin
- zero the arterial pressures
- equalization of pressures at the tip of catheter
- i.c. nitrate administration after crossing the lesion and before the FFR measurement
- induction of hyperemia and FFR measurement
- re-check equalization – pressure drift

### Hyperemia induction

adenosine bolus - intracoronary (i.c.)

- at least 80  $\mu\text{g}$  to LCA
- at least 40  $\mu\text{g}$  to RCA
- higher doses up to 300  $\mu\text{g}$  are safe

Adenosine systemic

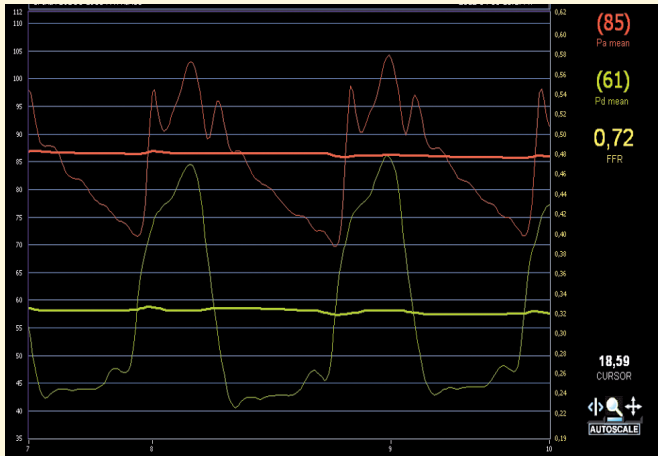
- central vein – 140  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$
- antecubital vein – 180  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

### Indication for i.c. bolus administration of adenosine

- single lesions
  - ~ need for good and stable catheter intubation
  - ~ absence of aorto-ostial disease
  - ~ if in doubt, increase the dose or switch to i.v. infusion

### Indication for i.v. infusion of adenosine (achievement of “steady-state”)

- diffuse disease or multiple stenoses (FFR continuous measurement during pull-back is possible)
- aorto-ostial lesion
- left main disease
- doubts after i.c. hyperemia



■ Schematic figure of fractional flow reserve measurement (FFR)

**Red curve** = aortic pressure curve obtained from the guiding catheter in the coronary artery ostium = *pre-stenotic pressure curve*

**Green curve** = coronary pressure curve obtained from the micromanometer located on the special coronary pressure wire = *post-stenotic pressure curve*

**Pd mean** = mean pressure distal to the stenosis (horizontal curve in green)

**Pa mean** = mean pressure proximal to the stenosis (horizontal curve in red)

**FFR** = numeric value of the fractional flow reserve during maximal hyperemia (calculated from the Pd mean/Pa mean ration)

Cut-off value of 0.80 has been validated as a threshold for indication or deferral of revascularization. Stenosis with  $FFR \leq 0.80$  is indicated for revascularization.

*Note: In some of the FFR figures there is also a yellow curve present showing the ongoing recording and actual FFR values.*

■ **Demonstrační obrázek** měření frakční průtokové rezervy (FFR)

**Červená křivka** = aortální tlaková křivka získaná z katétru (vodící cévky) zavedeného do ústí koronární tepny = *tlaková křivka před stenózou*

**Zelená křivka** = koronární tlaková křivka získaná z mikromanometru umístěného za stenózou na speciálním koronárním tlakovém (pressure) vodiči = *tlaková křivka za stenózou*

**Pd mean** = střední tlak distálně od stenózy (horizontální zelená křivka)

**Pa mean** = střední tlak proximálně od stenózy (horizontální červená křivka)

**FFR** = hodnota frakční průtokové rezervy myokardu v průběhu maximální hyperemie (odpovídající poměru Pd mean/Pa mean)

Hodnota FFR 0,80 je akceptována jako hranice pro indikaci nebo odložení revaskularizace. Stenóza s  $FFR \leq 0,80$  je indikována k revaskularizaci.

*Pozn.: Na některých FFR křivkách uvedených v knize se objevuje ještě žlutá horizontální křivka, která značí nahrávání do paměti přístroje a aktuální hodnoty FFR.*

## METODOLOGIE

### Metodologie měření FFR

Správná technika měření FFR je zásadní pro získání spolehlivých výsledků. V následujících bodech najdete některá doporučení dobře známá z koronárních intervencí (PCI), některé body jsou však specificky vázány na měření FFR. Ruku v ruce se správnou technikou pak přichází osobní zkušenost, která je především při klinické interpretaci komplexních postižení velmi důležitá.

### Postup

- heparin nebo nízkomolekulární heparin
- vynulování tlaků
- ekvalizace tlaků na konci katétru (senzor je na distálním okraji kontrastního konce vodiče, katétre nesmí zakliňovat)
- nitrát i.c. po překonání stenózy a před měřením FFR
- hyperemie a měření FFR
- před ukončením měření je nutná kontrola udržení ekvalizace – tzv. drift

### Indukce hyperemie

Adenosin bolus intrakoronárně (i.c.)

- minimálně 80  $\mu\text{g}$  do ACS
- minimálně 40  $\mu\text{g}$  do ACD
- vyšší dávky do 300  $\mu\text{g}$  jsou bezpečné

Adenosin systémově

- centrální žíla – 140  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$
- předloketní žíla – 180  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

### Užití i.c. bolusového podání adenosinu

- izolované stenózy  
~ podmínkou je dobrá a stabilní pozice zaváděcího katétru

- ~ absence aorto-ostiálního postižení
- ~ při pochybnostech je nutno zvýšit dávku nebo změnit na i.v. infuzi

### **Užití i.v. infuze adenosinu (dosažení tzv. steady-state)**

- difuzní onemocnění nebo vícečetné postižení (možné kontinuální sledování hodnoty FFR v průběhu stažení tlakového vodiče – tzv. pull-back)
- aorto-ostiální léze
- postižení kmene ACS
- nejistota po i.c. podání



**CASE REPORTS**

**KAZUISTIKY**

## CASE REPORT NO. 1

---

### **PATIENT WITH NON-STEMI AND MULTI-VESSEL DISEASE**

#### History

- Male, 48 years old
- Non-STEMI of the lateral wall as the first manifestation of CAD, treated with acute PCI – recanalization of OM2 using manual thromboaspiration and BMS implantation (Fig. 1.1, 1.2)
- Smoker, morbus Bechterev, peptic ulcer in the past
- Medication: analgesics and non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAID) before non-STEMI

#### Present condition

- 3 weeks after MI treated with PCI the patient was indicated to FFR of the borderline LAD lesion

#### Objective findings

- BP 140/80 mmHg, HR 72/min, sinus rhythm, Killip I

#### Supporting examinations

- ECHO: LVEF 58 %, lateral wall hypokinesia, diastolic dysfunction
- ECG: normal

#### Coronary angiography

- LCA: 50 % mid LAD stenosis (Fig. 1.3)
- RCA: 70 % proximal-mid segment stenosis (Fig. 1.4)

**FFR of RCA 70 % + LAD 50 %, guiding 6F JR4 + JL4**

- RCA – adenosine 62  $\mu\text{g}$ : FFR 0.78 (Fig. 1.5) – PCI + DEB/BMS (Fig. 1.6)
- LAD – adenosine: FFR 0.82 (Fig. 1.7) – conservative treatment

- **CONCLUSION:** Patient with multi-vessel ACS treated acutely with PCI of the culprit vessel and FFR-guided revascularization of the non-infarct related arteries as a stage procedure.
- **DISCUSSION:** Staged FFR is a valuable option for patients with multi-vessel ACS to establish the optimal individual method of treatment. In the case of FFR measurement of the infarct related artery, a time delay of 5–7 days would be necessary, non-infarct related arteries are able to be measured during the same period or as a stage procedure.