

Jaroslav Malina  
editor

# Panoráma biologické a sociokulturní antropologie

Modulové učební texty pro studenty antropologie a „příbuzných“ oborů



Pavel Bravený – Marie Nováková

**Fyziologie krevního oběhu**  
(čtení pro posluchače antropologie a jiné)

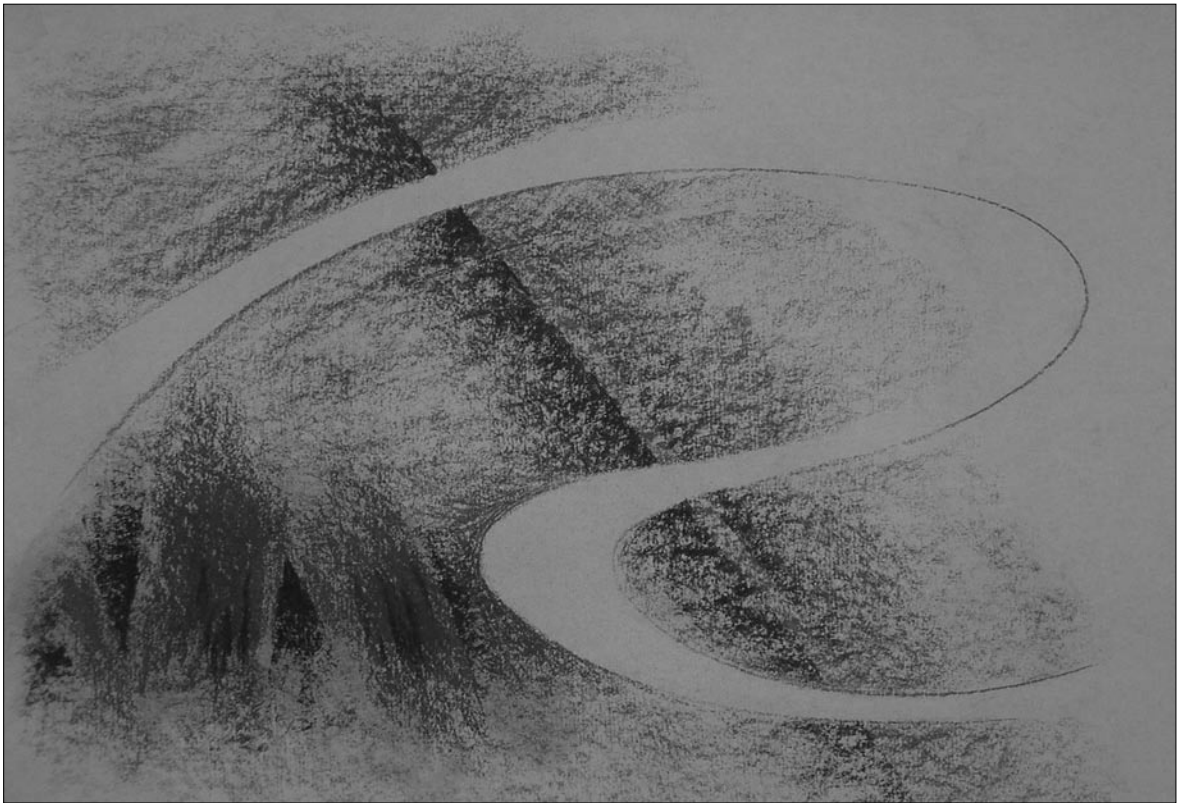
**29**

NADACE UNIVERSITAS  
EDICE SCIENTIA

NADACE  
UNIVERSITAS



EDICE  
SCIENTIA



Pavel Bravený, *Umlčená diagonála*, 2004, pastel, 30x40 cm

Jaroslav Malina  
editor

# **Panoráma biologické a sociokulturní antropologie**

Modulové učební texty pro studenty antropologie a „příbuzných“ oborů

# **29**

Pavel Bravený – Marie Nováková

**Fyziologie krevního oběhu**  
(čtení pro studenty antropologie a jiné)

NADACE UNIVERSITAS V BRNĚ  
AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM V BRNĚ  
MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
NAKLADATELSTVÍ A VYDAVATELSTVÍ NAUMA V BRNĚ  
2005

O vydání tohoto svazku se zasloužily laskavou podporou:

Nadace Universitas v Brně



Kabinet pro výchovu k demokratickému občanství Fakulty humanitních studií Univerzity Karlovy v Praze

Společnost pro podporu univerzitních aktivit v Brně a Praze



*Text* © Pavel Bravený – Marie Nováková; Jaroslav Malina, 2005

*Editor* © Jaroslav Malina, 2005

*Obálka, grafická a typografická úprava* © Martin Čuta, Tomáš Mořkovský, Josef Zeman, 2005

*Ilustrace* © Pavel Bravený, Marie Nováková, Archiv Nadace Universitas v Brně, 2005

*Vydaly* Nadace Universitas v Brně, Akademické nakladatelství CERM v Brně, Masarykova univerzita v Brně, Nakladatelství a vydavatelství NAUMA v Brně, 2005

*Tisk a knihařské zpracování* FINAL TISK s. r. o., Olomučany

*Pořadové číslo* 4164-17/99

*Ilustrace na přebalu:* Pavel Bravený, *Einthovenův trojúhelník*, 1995, pastel 35x26 cm.

William Einthoven (1860–1927), holandský fyziolog, nositel Nobelovy ceny za fyziologii a medicínu (1924), zdokonalil metodu registrace srdečních akčních potenciálů z povrchu těla a učinil ji použitelnou pro klinickou diagnostiku. Navrhl systém tří končetinových svodů, které tvoří virtuální rovnostranný trojúhelník, umožňující konstrukci elektrické srdeční osy jako vektoru ve frontální rovině.

Tato publikace ani jakákoli její část nesmí být přetiskována, kopírována či jiným způsobem rozšiřována bez výslovného povolení vydavatele.

ISBN 80-7204-401-X (Akademické nakladatelství CERM v Brně)

ISBN 80-210-3737-7 (Masarykova univerzita v Brně)

ISBN 80-86258-63-7 (Nakladatelství a vydavatelství NAUMA v Brně)

„V tom kruhu nebes, který spíná kolébku i hrob,  
nepozná nikdo začátek či konec dob  
a nepoví ti také žádný filozof,  
odkud jsme přišli a kam zajdem beze stop.“

Omar Chajjám (1048–1131), perský básník, matematik, astronom a filozof. Je autorem čtyřverší *rubá'í*, aforisticky zachycujících filozofické ideje, náboženské názory a životní pocity.

Citované čtyřverší, stejně jako mnohá další z Chajjámových zamyšlení, souvisí s tématy, jimiž se zabývá antropologie. V našem pojetí je antropologie vědecká disciplína, která studuje lidský rod (*Homo*) a jeho dosud známé druhy: *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo sapiens*. Zaměřuje se na člověka jako jednotlivce, všímá si jeho četných seskupení (etnické skupiny, populace) a zahrnuje do svých výzkumů též celé lidstvo. Na rozdíl od kontinentální Evropy, která antropologii mnohdy pokládá jen za přírodní vědu (morfologie člověka, porovnávací anatomie a fyziologie člověka a lidských skupin), považujeme ji na Katedře antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně, podobně jako antropologové v anglosaském prostředí, za vědu celostní, sociokulturní i biologickou, integrující poznatky přírodních a společenských věd. Pomocí syntézy obou pohledů se pokoušíme vysvětlit celistvost lidských bytostí a lidskou zkušenost z hlediska biologického a sociokulturního ve všech časových údobích a na všech místech, kde se děl vývoj našich předků. Ačkoli antropologie objasňuje evoluci našeho druhu *Homo sapiens*, přesahuje svým rozsahem tento cíl. Zkoumá hluboce naše předky (rané hominidy) a nejbližší příbuzné lidoppy, zkoumá prostředí, ve kterém náš vývoj probíhal,

a zároveň se všeobjímajícím studiem našeho chování pokouší odhadnout naše budoucí konání v ekosystému Země.

Na rozdíl od Omara Chajjáma se domníváme, že o rodu *Homo leccos* víme, a současný stav poznání představíme postupně v „modulových“ učebních textech nazvaných *Panoráma biologické a sociokulturní antropologie*, které nakonec zahrnou látku bakalářského a magisterského studia. Osnova každého z modulů je obdobná: vlastní učební text, doporučená studijní literatura, výkladové rejstříky důležitějších jmen a pojmů, medailon autora, zaostření problému (studie o aktuálních teoretických, metodologických či empirických inovacích v dané tematice), rozvolnění problému (vedení tematiky do širšího filozofického nebo kulturního rámce).

Nevelký rozsah jednotlivých modulů, jakýchsi stavebních prvků v podobě ucelených témat kurzů a přednášek, umožní snadno publikovat revidovaná a doplněná vydání těch modulů, kde bude třeba reagovat na nové objevy a trendy oboru. Vznikají tak skripta nikoli „zkamenělá“ v jednom okamžiku, ale neustále „živě pulzující“, skripta pružně reagující na revalorizaci univerzitních učebních plánů, uspokojující aktuální potřeby společnosti a studentů a vychá-

zející vstříc zavádění obecně platného kreditového systému (na základě tzv. European Credit Transfer System – ECTS), který umožní účinnější spolupráci mezi jednotlivými katedrami, ústavy a fakultami, zlepši orientaci studentů a zvýší průhlednost na úrovni národní i mezinárodní.

Texty jsou kolektivním, editorem metamorfovaným dílem autorů z Masarykovy univerzity a z dalších českých a zahraničních institucí. V uváděné podobě představují pouhý „zkušební preprint“, který bude po zkušenostech z výuky a recenzním řízení výrazně přepracováván a doplňován. Již v této chvíli však editor vyjadřuje poděkování všem spolupracovníkům za jejich neobyčejnou vstřícnost a velkorysou snahu představit nejnovější výsledky, z nichž mnohé pocházejí z jejich vlastních, často ještě nepublikovaných výzkumů.

Následující čtyřverší Omara Chajjáma, díky poučením z biologické a sociokulturní antropologie, přijímáme bez výhrad, jako dobrý návod k uchování demokratického uspořádání společnosti i života na naší planetě:

*„Když s jednou plackou chleba vyjdeš na dva dny  
a s jedním douškem z puklé nádoby,  
nač podřízen být lidem menším než ty sám  
nebo nač sloužit lidem stejným jako ty?“*

Snad trochu přispějí i tyto učební texty ...

Brno, leden 2005

*Jaroslav Malina*

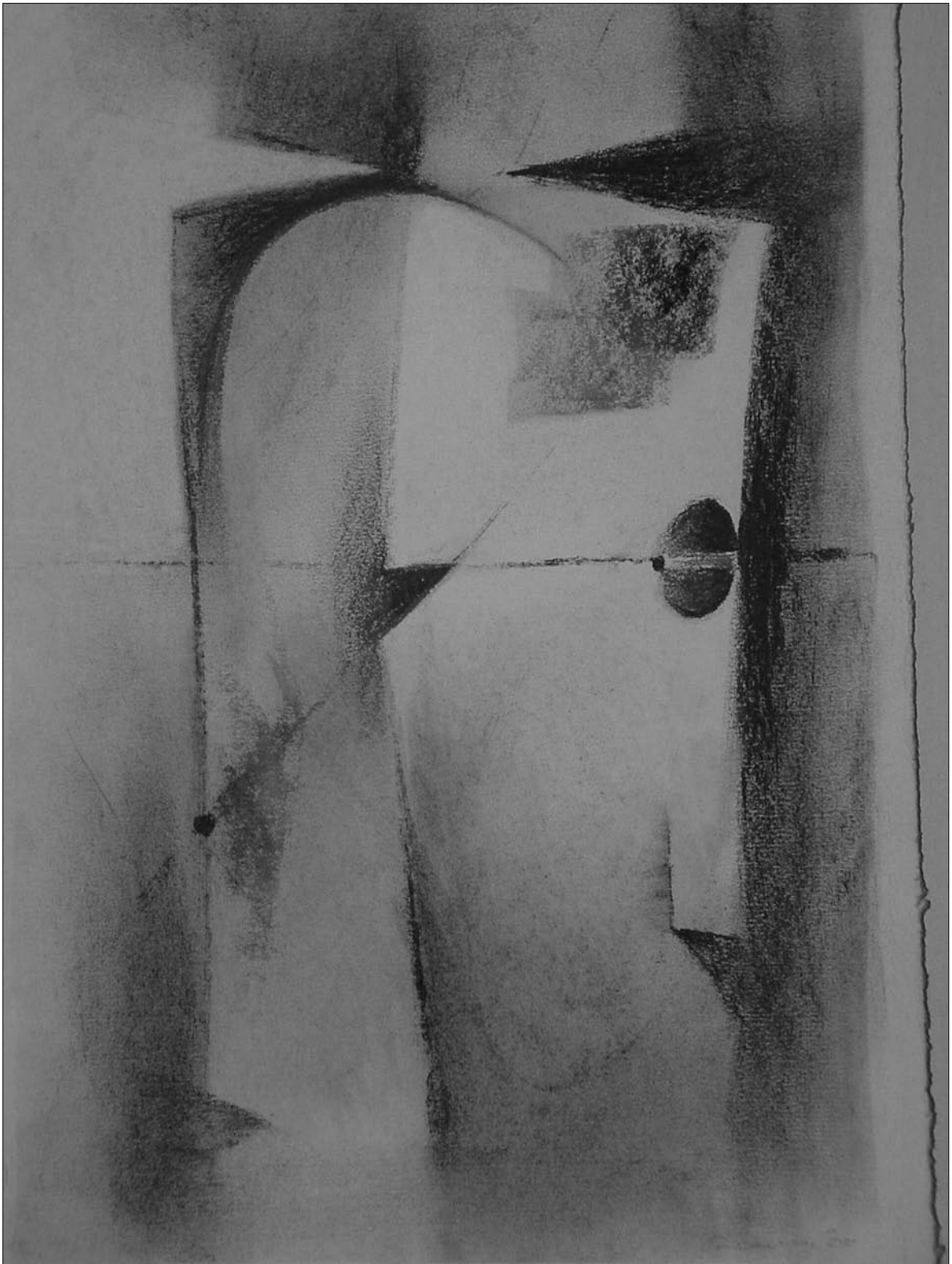
KATEDRA  
ANTROPOLOGIE



PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Alois Mikulka, Logo Katedry antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně, 1999, kresba tuší na papíře, 16x9,7 cm.



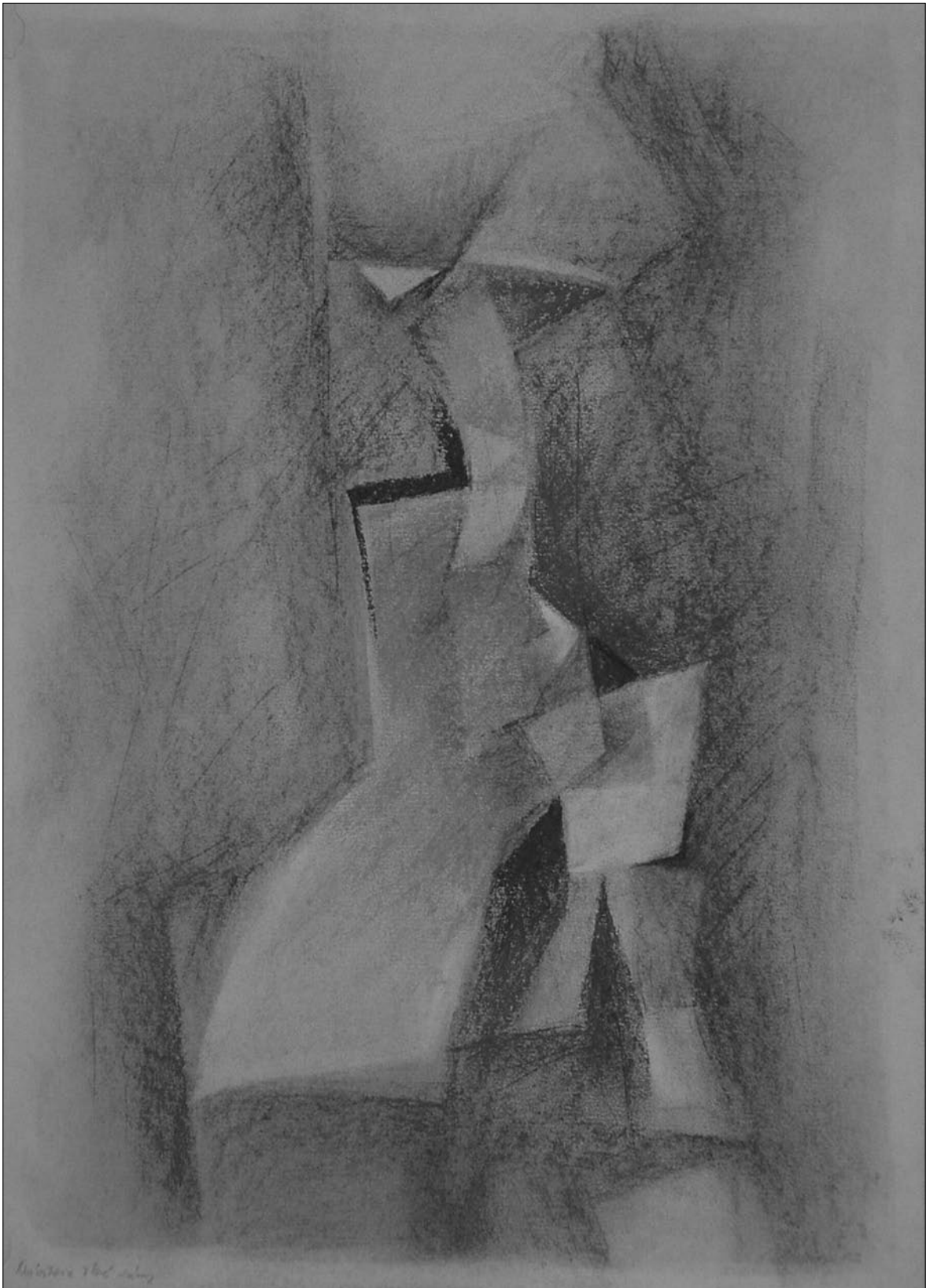


Pavel Bravený, *Rozmluvy*, 2004, pastel 28x42cm.

# **Fyziologie krevního oběhu**

**(čtení pro studenty antropologie a jiné)**

Pavel Bravený – Marie Nováková



Pavel Bravený, *Návštěva staré dámy*, 2003, pastel 30x42cm.

# Obsah

1. SLOVO ÚVODEM	13
2. KREV – NEJVZÁCNĚJŠÍ OBĚŽIVO	19
3. SRDCE JAKO AUTOMAT – VYŘEŠENÝ PROBLÉM	21
4. SRDCE JAKO SVAL – SEDMÝ DIV EVOLUCE	25
5. SRDCE JAKO ČERPADLO – JEŽ SE NESMÍ VYČERPAT	29
6. ZÁSOBENÍ SRDCE – NA HRANICÍCH MOŽNOSTÍ	35
7. TEPENNÉ ŘEČIŠTĚ – KONFLIKT ZÁJMŮ	37
8. VÝMĚNNÉ A ŽILNÍ ŘEČIŠTĚ – SPLNĚNÍ ÚKOLU A NÁVRAT	41
9. MALÝ OBĚH – VELKÝ PÁN	43
10. ORGÁNOVÁ ŘEČIŠTĚ – ROZMARY ZÁKAZNÍKŮ	45
11. OBJEM KRVE – PŘÍSNĚ STŘEŽENÝ OBJEKT	47
12. SLOVO ZÁVĚREM	49
13. O AUTORECH	51
13.1. Profesor MUDr. Pavel Bravený, CSc.	51
13.2. Doc. MUDr. Marie Nováková, Ph.D.	52
14. ZAOSTŘENÍ PROBLÉMU	53
14.1. Pavel Bravený: Srdce, vápník a čas	53
15. ROZVOLNĚNÍ PROBLÉMU	59
15.1. Jaroslav Malina: Pravá ledvina	59
16. LITERATURA (POUŽITÁ, DOPORUČENÁ)	71
17. VÝKLADOVÝ SLOVNÍK DŮLEŽITĚJŠÍCH JMEN A POJMŮ	73
18. REJSTŘÍK	75



Pavel Bravený, *Osamělý*, 2004, pastel, 29x28 cm.

# 1. Slovo úvodem

V roce 1628 bylo v Anglii uveřejněno pojednání Williama Harveye o pokusech, v nichž se mu podařilo změřit u řady savců krevní tlak, velmi dobře vypočítat objem krve a objasnit krevní oběh ve dvou na sebe navazujících okruzích, velkém tělním a malém plicním. Tímto přímo revolučním spisem se zrodila skutečná fyziologie jako věda, na rozdíl od dřívějších nepodložených spekulací opřená o přímé experimentální důkazy. Od té doby se rozrostla, ruku v ruce s rozvojem přístrojové techniky, do netušené šíře a hloubky. Dnes máme fyziologii rostlinnou, živočišnou, lékařskou, patologickou, srovnávací, evoluční (pro antropology zvláště podnětnou) a další. Všem je společné pojetí života jako dynamického systému.

Snad nebude na škodu krátce se zmínit o cestách, kterými fyziologie prošla. Především je třeba zdůraznit, že od samých počátků byla těsně spojena s lékařskými vědami. Začínala velmi skromně a pozvolna s pochopitelným zpožděním za anatomii, etablovanou Andreasem Vesaliem již v roce 1543. (S podobným zpožděním se rostlinná fyziologie začala formovat za systematikou Karla Linného o století později.) William Harvey (1578–1657) nebyl sám u jejího zrodu. Za spoluzakladatele se může považovat i Francis Bacon (1561–1626), který důrazem na zkušenost otevřel realistickému myšlení v přírodních vědách dveře. Fyziologie se od prvopočátků utvářela jako věda exaktní, opřená o měření a výpočty dat. To znamená, že byla vždy závislá na technickém rozvoji. První pří-

stroje (váhy, snímače tepu, teploměry) byly použity již v polovině 17. století (Santorio Santorio, 1614). I s nejprimitivnějším prostředky však René Descartes (1596–1650), jeden z nejvýznamnějších vědců své doby, správně odhadl podstatu nervové činnosti a začal psát první kapitolu neurofyziologie. Princip reflexu, základního prvku nervové činnosti však rozřešil až český fyziolog, anatom a oční lékař Jiří Prochaska (1749–1820).

Bezespору největší osobností fyziologie 18. století byl univerzální génius Albrecht von Haller (1708–1771). Učinil řadu objevů o funkcích centrální nervové soustavy, ale jeho hlavní význam spočívá v prosazení kategorického požadavku pozorované jevy vždy experimentálně ověřit. Fyziologii 18. století významně ovlivnil objev „živočišné“ elektřiny Luigi Galvaniho (1780), jehož nesprávnou interpretaci musel korigovat Alessandro Volta (1800). Tím byly položeny základy významného oboru, elektrofyziologie. Teprve toto století začalo plněji využívat dřívější objev mikroskopu (Antonie van Leewenhoek, 1632–1723) a fyziologie se tím na dvě stě let dostala na úroveň funkcí buněčných. Objev kyslíku a významu oxidací pro život (Antoine Lavoisier, 1775) vedl nejen k porozumění respirace, ale i podstaty metabolismu. Je to mezník, který vytyčuje počátek biochemie, která se od té doby jako sestra fyziologie rozvíjí se stupňující se intenzitou.

V 19. století doznaly značného pokroku fyzikální a chemické metody užívané v experimentální práci. Fyziologové dostali do ruky kymograf k registraci

časového průběhu dějů a tabulky čísel se změnilý na neklamný záznam. Bez zábran se pouštěli do vivisekcí (Francois Magendie, 1782–1855), protože poznali, jak podobné jsou životní funkce u různých živočichů a jak spolehlivými modely mohou být pro funkce u člověka. (Většina toho, co v lékařské fyziologii víme, bylo vskutku objeveno na žábách a laboratorních potkanecích.) Novými poznatky o funkcích živých organismů byla dále oslabována metafyzika a spekulace v přírodních vědách. Vrchovatě se na tom podílel Claude Bernard (1813–1878), který učinil zásadní objevy o řízení krevního oběhu, o funkcích jater a metabolismu glycidů a natrvalo zavedl jako ústřední fyziologický pojem stálost vnitřního prostředí. Podobně ovlivnil vývoj evropské fyziologie na několik generací nedostižný metodik Carl Ludwig (1816–1895). K největším postavám 19. století patří nesporně také Jan Evangelista Purkyně (1787–1869). Učinil mnoho prioritních objevů na základě mikroskopických pozorování i ve fyziologii smyslů. Jeho význam je dodnes patrný na desítky celosvětově stále užívaných eponymických termínů. Jean-Léonhard-Marie Poisseuille (1797–1869) dospěl na základě přesných měření krevního tlaku u psů k fyzikálním zákonům proudění krve. (Pro ilustraci tempa vědy kdysi: krevní tlak změřil přímou metodou Stephen Hales již o sto let dříve a reflexy, které krevní tlak řídí, byly popsány až o sto let později Cornelielem Heymansem.) Teprve v 19. století se fyziologii dostalo plného uznání jako samostatného oboru. (První Fyziologický ústav na světě založil ve Vratislavi v roce 1837 Jan Evangelista Purkyně. Jeho pražský byl druhý.) Fyziologie byla dokonce prohlášena za ústřední obor v rámci lékařských věd, protože poskytla ucelenou představu o normách a bez nich je racionální medicína nepředstavitelná.

Od počátků 20. století dávají o vývoji fyziologie rámcový obraz udělené Nobelovy ceny. Fyziolog William Einthoven (1860–1927) svou elektrokardiografi ukázal, jak těsný je vztah teorie a klinické praxe. V roce 1902 William M. Bayliss a Ernest H. Starling prokázali chemické řízení trávení. Charles S. Sherrington (1857–1952) dal definitivní směr moderní neurofyziologii. Studium podmíněných reflexů Ivan P. Pavlov (1848–1936) pak úplně změnil tradiční představy o vyšší nervové činnosti. Po první světové válce vědecký pokrok jakoby přeřadil na vyšší rychlost. Obrovský pokrok udělala fyziologie vnitřní sekrece. Charles H. Best a Frederick G. Banting v roce 1921 izolovali inzulín. Téhož roku Starlingův žák Otto Loewi prokázal

chemický článek v přenosu nervového vzruchu a tento poznatek brzy vedl k představě řízení vegetativních funkcí dvojí otěží autonomního nervstva (Henry H. Dale, 1933). Byly objeveny hormony podvěsku mozkového (Bernardo A. Houssay, 1935). Walter B. Cannon (1926) a po něm Hans Selye (1936) uveřejnili své velmi blízké a dodnes inspirativní koncepce alarmové reakce a stresu. Fyziologii hluboce poznamenaly objevy biochemiků Otto H. Warburga a Hanse Kresse z dvacátých a třicátých let, kterými byl objasněn intermediární a energetický metabolismus. Obrovský přínos pro fyziologii krevního oběhu znamenal Carl S. Wiggers (1883–1963) a jeho škola. I česká fyziologie měla své velikány, shodou okolností oba po určité době spjaté s Masarykovou univerzitou v Brně. Edward Babák (1873–1926), jeden ze zakladatelů brněnského vysokého školství, světově proslul jako evoluční fyziolog. Jeho žák Vilém Laufberger (1890–1986), objevitel feritinu, předcházal svou neuronovou teorií o několik let počátky kybernetiky a výzkumem buněčné substrukтуры dnešní pojetí cytoskeletální organizace.

Po druhé světové válce se proud nových poznatků dále urychlil, podnícen technologickým pokrokem, jaký válka vždycky způsobí. Projevilo se to zejména rozvojem elektrofyziologických metod, jimiž Alan L. Hodgkin a Andrew F. Huxley rozřešili fyzikální podstatu nervového přenosu signálu (1947). Podařilo se ozřejmit princip smyslového vnímání a detailní vztahy mozkových center. V roce 1953 byla konečně poznána skutečná podstata svalové kontrakce (znovu na tom měl lví podíl Andrew F. Huxley). Do netušené šíře se rozvinula fyziologie buněčných membrán, jejich receptorů, iontových kanálů a transportních mechanismů. Nezůstala jediná oblast fyziologie, v níž by nedošlo k zásadním a mnohdy úplně převratným objevům. Tak jako všechny vědy o živé přírodě, i ji hluboce ovlivnil nepochybně největší objev dvacátého století, podstata přenosu dědičné informace (Francis H. C. Crick a James D. Watson, 1954).

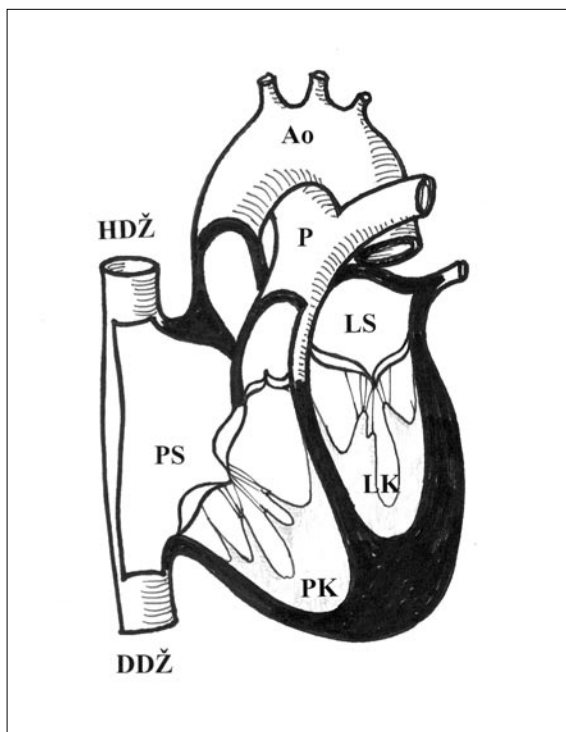
Dnešní fyziologie je plně ve znamení výzkumu funkcí na molekulární úrovni. Na opačném pólu, na úrovni celého organismu, se funkce studují nejmodernějšími zobrazovacími metodami (sonografií, magnetickou rezonancí, PET aj.). Výpočetní technika se stala samozřejmostí nejen při matematickém modelování funkcí. Fyziologie se superspecializovala a sledovat její pokroky při té rychlosti, s jakou se dějí, je v celé šíři nemožné. Více méně to platí i o jednom jejím úse-

ku, jakým je fyziologie krevního oběhu.

Fyziologické ústavy vznikly v Brně současně se vznikem Masarykovy univerzity a Vysoké školy veterinární v roce 1919. Byly dílem Edwarda Babáka, který také proslovil vůbec první přednášku na Masarykově univerzitě při zahájení její činnosti a stal se prvním rektorem na Vysoké škole veterinární. Po Babákově nečekaném úmrtí oba Fyziologické ústavy převzali jeho žáci: na Lékařské fakultě to byli Josef Petřík (1926 – 1935) a Ludvík Drastich (1936 – 1951). Éra velkého rozkvětu lékařské fyziologie pak nastala za Vladislava Kruty (1951 – 1970), který zaměřil výzkumnou problematiku ústavu na fyziologii kardiovaskulární. Na Vysoké škole veterinární se Babákovými nástupci stali srovnávací fyziologové Tomáš Vacek (1926 – 1939) a po válce mimo jiné Jan Vlček, Antonín Píša a Antonín Holub. Na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity má dlouholetou tradici zejména fyziologie rostlin (Vladimír Úlehla, Rudolf Dostál, Jan Calábek, Vladimír Rypáček), v níž časem převládla orientace genetická. Živočišná a srovnávací fyziologie se osamostatnila vyčleněním z Ústavu zoologického (Jan Zavřel) až v šedesátých letech (Viktor Janda).

Biologové definují život jako hierarchickou, otevřenou soustavu, která se reprodukuje a adaptuje a charakterizují ji toky látek, energií a informací. Moderní fyziologie studuje právě tyto toky, počínaje úrovní molekulární přes buňky, tkáně a orgány po úroveň celého organismu. Fyziologii člověka tradičně členíme na fyziologii nervosvalové soustavy, trávicí soustavy včetně látkové přeměny, vodního a iontového hospodářství, vnitřní sekrece, respirace a podobně. Jak jsme viděli, tou nejstarší je fyziologie krevního oběhu. To však není jediný důvod, proč tento spisek pojednává pouze o ní. Je to totiž kapitola, na níž lze modelově ukázat způsob myšlení v ryze dynamickém oboru, hlavní obecné principy jako je stálost vnitřního prostředí či koncepce regulací v živých soustavách a v neposlední řadě prolínání s hraničními oblastmi fyziologie.

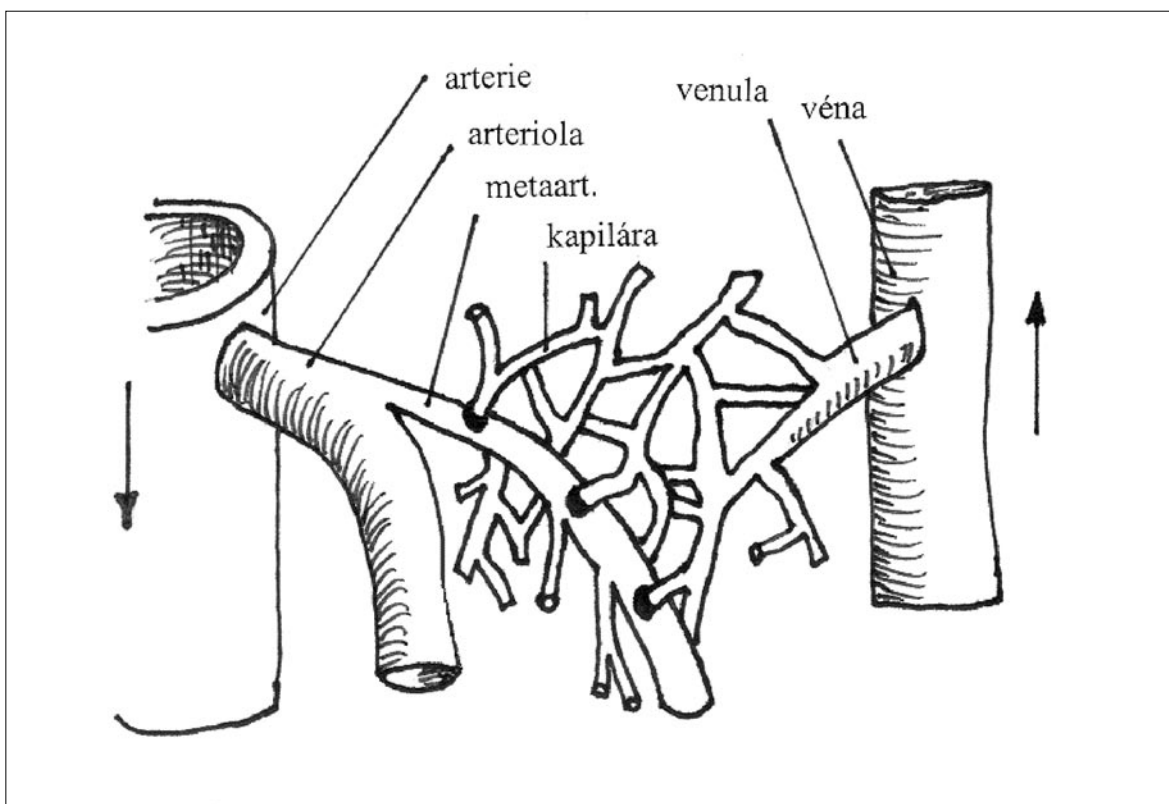
Než se pustíme do našeho vlastního tématu, musíme si připomenout nejzákladnější anatomické pojmy, s nimiž se budeme dále v textu setkávat (obr. 1). Centrální částí krevního oběhu je srdce jako jeho motor. Je to sval (*myokard*), který tvoří dvě tenkostěnné síně a dvě silnostěnné komory. Síně jsou od komor odděleny svalovou přepážkou. Mezi síní a komorou téže strany je vazivová přepážka s otvorem opatřeným chlopní



Obr. 1. Schéma srdce při pohledu zepředu. V komorách je znázorněn chlopní aparát s papilárními svaly a šlašinkami. Aortální chlopně je překryta plicnicí. Čtyři plicní žíly jsou reprezentovány jen jedinou.

(dvoucípou – bikuspidální – vlevo a trojcípou – trikuspidální – vpravo). Tak vznikají dvě, do jisté míry samostatné jednotky, pravé a levé srdce. Do síní ústí velké centrální žíly, horní a dolní dutá žíla do pravé a čtyři plicní žíly do levé. Z komor vycházejí velké tepny, aorta z levé a plicnice z pravé. V těchto výtokových traktech se nalézají rovněž chlopně, tzv. poloměsíčité – semilunární. Všechny chlopně brání zpětnému toku krve, a tak jej usměrňují. První úsek arteriálního systému je aorta, která má v průměru asi 2.5 cm a její poměrně silná stěna je elastická. Větví se na tepny (*arterie*), které přivádějí krev k jednotlivým orgánům, dále na velmi tenké tepénky (*arterioly*, kolem 80  $\mu\text{m}$  v průměru) a konečně na vlásečnice (kapiláry, do 10  $\mu\text{m}$ ), jejichž stěna je tvořena pouze výstelkou (*endotelem*), postrádajíc na rozdíl od všech větších cév vrstvu hladkých svalových buněk. Žilní systém tvoří žilky a žíly se stěnou oproti tepennému systému mnohem tenčí a poddajnější a s postupně větším a větším kalibrem (obr. 2). Na končetinách, kde tok žilní krve musí překonávat gravitaci, jsou žíly vybaveny chlopněmi. Nakonec se všechny sbíhají do velkých dutých žil. Již na tomto stručném vylíčení lze vidět dvě anatomicky oddělené funkční jednotky, levé a pravé srdce, zapoje-



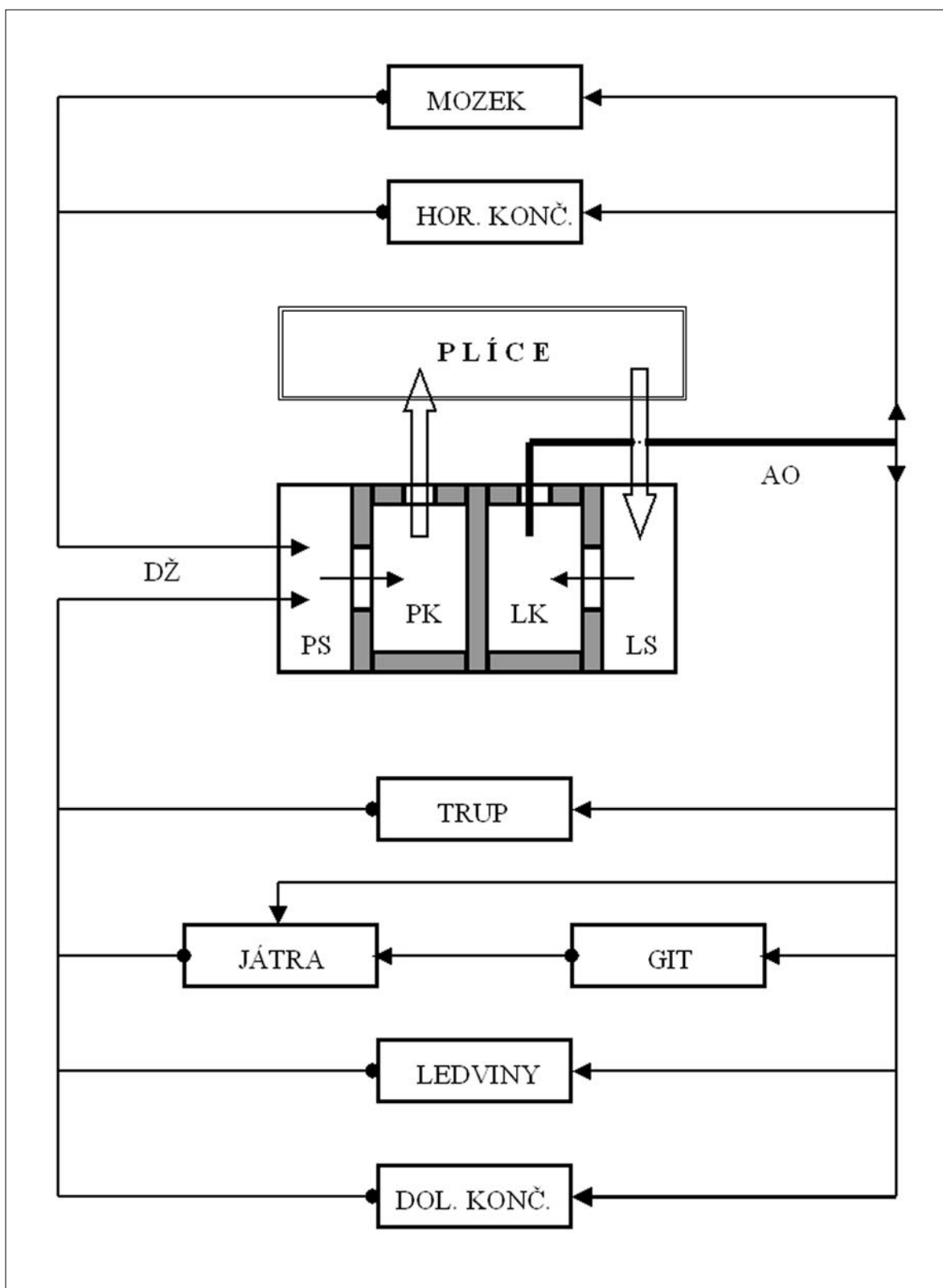


Obr. 2. Poloschematické znázornění postupného větvení cév. Arterioly mají relativně silnou vrstvu hladkých svalových buněk, která je v metaarteriolách jen nesouvislá. Při odstupu kapilár však vytváří prekapilární sfinkter, jímž se průtok může úplně uzavřít.

né za sebou (sériově). Plicní neboli malý oběh začíná pravou komorou a končí levou síní. Tělní neboli velký oběh je soubor paralelně zapojených orgánových řečišť. Začíná levou komorou a končí pravou síní. Celý krevní oběh je uzavřený a jeho základní schéma je v principech shodné u všech teplokrevných obratlovců (**obr. 3**). U primátů se neliší vůbec.

Ve fylogenezi se setkáváme s prvními náznaky orgánů krevního oběhu u primitivních mořských červů pásnic. Je to jednoduchá, jednovrstevná hřbetní céva. U vyšších červů se objevují cévy trojvrstvé,

příčměž střední vrstva z hladkých svalů je v místě hřbetní cévy ztlustěná a periodicky se stahuje. U členovců dochází k zásadnímu přelomu, poprvé se tu objeví mnohonásobně efektivnější příčné žíhaný sval, a to nejen u kosterních svalů, ale i u tubulárního srdce. Všechna srdce vyšších živočichů tuto výhodu dále rozvíjejí, ale přitom si ponechávají automacii, typickou pro svaly hladké. Až na ojedinělý kuriózní pokus evoluce (ostrorep, *Limulus*) se kontrola srdce somatickým (motorickým) nervstvem nevyskytuje.



Obr. 3. Schéma hlavních paralelních orgánových řečišť velkého krevního oběhu a plicní (malý) oběh v sérii. DŽ – duté žíly, PS – pravá síň, PK – pravá komora, LK – levá komora, LS – levá síň, AO – aorta, GIT – gastro-intestinální trakt. Portální oběh je mezi GIT a játry, které jsou oxysličovány krví přiváděnou samostatnou tepnou.



## 2. Krev – nejvzácnější oběživo

Orgány oběhové soustavy jsou, byť neuvěřitelně dokonalým, přece jen pouhým nástrojem. Slouží transportu v krvi obsažených plynů (kyslíku a oxidu uhličitého), živin, zplodin látkové přeměny, iontů, bílkovin se specifickými úkoly a transportu významných signálních molekul, nositelů nejrůznějších informací. Krev má klíčové postavení v udržování tělesné teploty, stálosti vnitřního prostředí vůbec a zejména pak v imunitní obraně organismu.

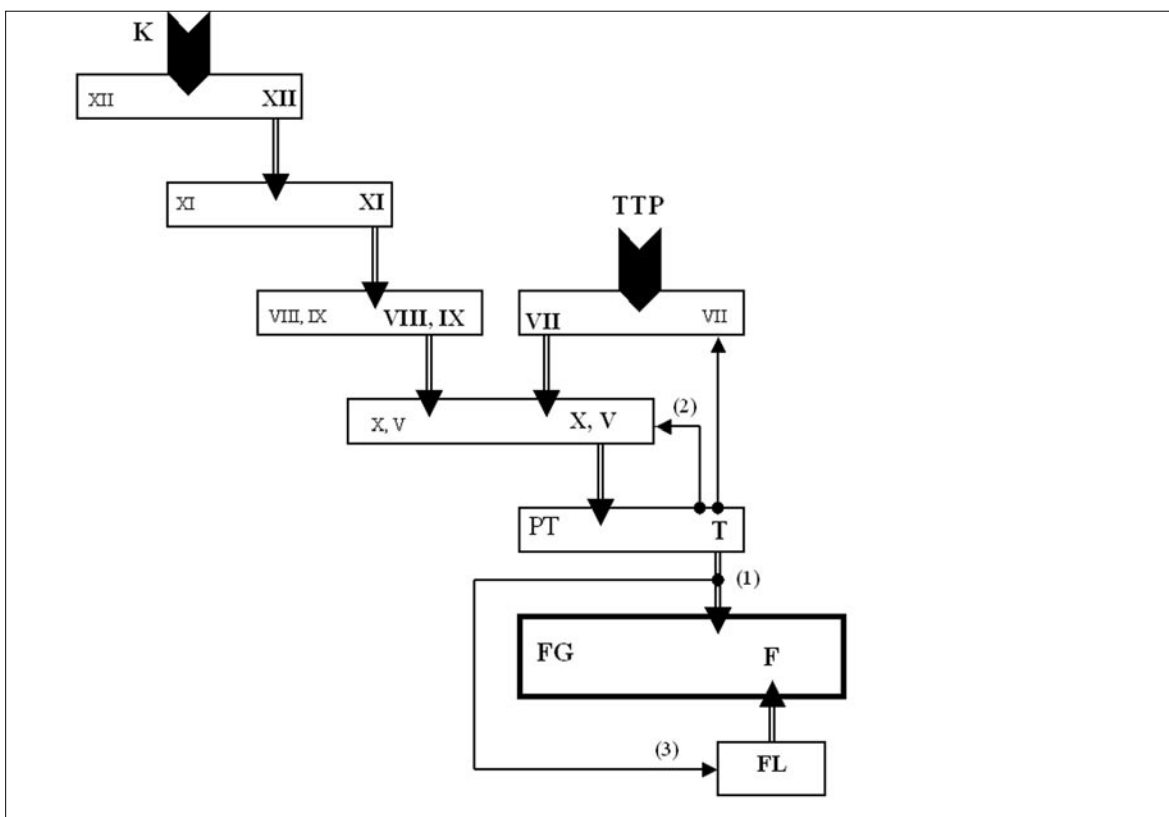
Skládá se z tekuté a pevné složky. Tekutá složka, *plasma* (55 objemových procent krve), je vodný roztok iontů (zejména  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$ ) a organických látek (především bílkovin), jejichž koncentrace se udržují pozoruhodně konstantní. Závisí na nich stálý osmotický (přesněji koloidně osmotický) tlak, veličina odpovědná za pohyb vody mezi plasmou, tkáňovým mokem a nitrobuněčnou tekutinou. To, že hlavními ionty v mimobuněčných tekutinách jsou sodík a chlor, má svůj původ v evoluci živočichů. Dokud žili ve svém původním, pro výměnu látek příhodném mořském prostředí, což je v podstatě roztok kuchyňské soli, jejich vnitřní prostředí mohlo být prakticky identické. Když se ale pustili do suchozemského dobrodružství, museli si odnést své původní vnitřní prostředí s sebou, pečlivě je chránit a náročně regulovat v co nejužším rozmezí hodnot. Těto stálosti vnitřního prostředí se říká *homeostáza*. Je to ústřední pojem v celé fyziologii od doby, kdy tuto koncepci vyslovil jeden z největších fyziologů 19. století, Claude Bernard.

Pevnou složku krve představují *formované elemen-*

*ty* (45 % krve). Tvoří se v kostní dřeni (u plodu a ještě krátce po narození i v játrech) ze společných kmenových (pluripotentních) buněk. Od počátku se vlivem různých tkáňových působků (cytokinů) vyvíjejí do třech linií: červených krvinek (erytrocytů), bílých krvinek (leukocytů) a krevních destiček (trombocytů).

Bezjaderné *erytrocyty* (jádro ztratily během svého zrání) mají tvar bikonkávních terčičků o průměru 8  $\mu\text{m}$ . Jejich životnost je okolo 120 dní. Jeden krychlový milimetr jich obsahuje 4–6 milionů. Z toho se dá snadno vypočíst, že se jich musí produkovat obrovské množství, kolem dvou set miliard denně. Erytrocyty nesou na povrchu nevelký kladný náboj. Tím se odpuzují a udržují v suspenzi (podobně jako kapénky tuku v mléce). Některé bílkoviny mohou povrchový náboj porušit a krvinky začnou rychleji sedimentovat. Na tom je založena diagnostická metoda, která je však zcela nespecifická. Říká jen to, že se v organismu něco s krevními bílkovinami děje (např. zánět či nádor).

Erytrocyty obsahují krevní barvivo (hemoglobin), sloučeninu s centrálně uloženým atomem železa, na něž se s vysokou afinitou váže kyslík. Hemoglobin se též podílí na schopnosti krve přenášet oxid uhličitý, jehož hlavní formou v krvi je bikarbonátový anion ( $\text{HCO}_3^-$ ). Detaily velmi důmyslného přenosu obou plynů mezi plicemi a tkáněmi oběma směry přesahují rámec tohoto textu a odkazujeme čtenáře, podobně jako to budeme muset učinit v řadě dalších případů, na některou učebnici celé fyziologie člověka.



Obr. 4. Zjednodušené schéma koagulační kaskády, která se spouští při poranění cévy stykem krve zejména s kolagenem (K) a tkáňovým tromboplastinem (TTP). Na každém stupni se neaktivní faktor mění působením předchozího faktoru na aktivní (tučně). Konečná fáze je aktivace protrombinu (PT) na trombin(T), který (1) mění krevní bílkovinu fibrinogen (FG) na vláknitý fibrin (F), matrici krevního koláče; (2) pozitivní zpětnou vazbou aktivuje faktor V a VII a (3) s časovým odstupem spouští podobnou kaskádu fibrinolytických faktorů (zde jen FL), již se fibrin rozpouští.

A hned tak činíme s bílými krvinkami (leukocyty), jejichž hlavní funkcí je imunitní obrana a s oběhovými funkcemi nespojujeme. Jinak je tomu v případě *trombocytů* (krevních destiček). Aby krev mohla plnit svou transportní úlohu, musí být pochopitelně tekutá. Avšak v okamžiku, kdy se céva poraní, krev musí změnit skupenství, srazit se (koagulovat), nemá-li dojít k její ztrátě. *Srážení krve* (hemokoagulace) je velmi komplexní děj, na němž můžeme ukázat dva ve fyziologii obecné principy. Tím prvním je kaskádovitost, zřetězení dílčích reakcí (obr. 4). Na začátku stojí dva typy látek, jedny se uvolňují z poraněné tkáně, druhé z krevních destiček. Tyto látky jsou vlastně enzymy, které aktivují další, v krvi přítomné proenzymy a ty postupně aktivují další. Konečným článkem je bílkovina krevní plasmy fibrinogen, který se předposledním článkem řetězu enzymů, trombinem, mění na vláknitý fibrin. Vytváří tak rychle síťovinu, v níž se erythrocyty zachytí a vytvoří se pevný krevní koláč (*trombus*).

Po určité době, kdy se céva hojí, přijde ke slovu další kaskáda reakcí, jimiž se krevní koláč rozpustí (*fibrinolyza*). Zástava krvácení je geneticky dokonale naprogramovaná a to ukazuje, že ztrátu krve je možné považovat za biologicky anticipovaný děj.

Druhý typický rys koagulační kaskády je *pozitivní zpětná vazba*. Obecně znamená to, že rychlost nějaké reakce se zvýší jejím produktem. Tím se tato reakce neustále zrychluje až na doraz. V koagulační kaskádě pozitivní zpětná vazba existuje na více úrovních, a proto je srážení krve tak rychlé. Za normálních okolností takových zpětných vazeb není mnoho. Spíše je nacházíme za patologických okolností, když choroba, jako následek, posílí své příčiny. Je to bludný kruh, který nerozřít (tj. neléčen), nemůže skončit jinak než neblaze. (Ve zdravém organismu převládá druhý typ zpětné vazby, negativní, který je ubikvitárním principem řízení homeostázy – viz obr. 22.)

### 3. Srdce jako automat – vyřešený problém

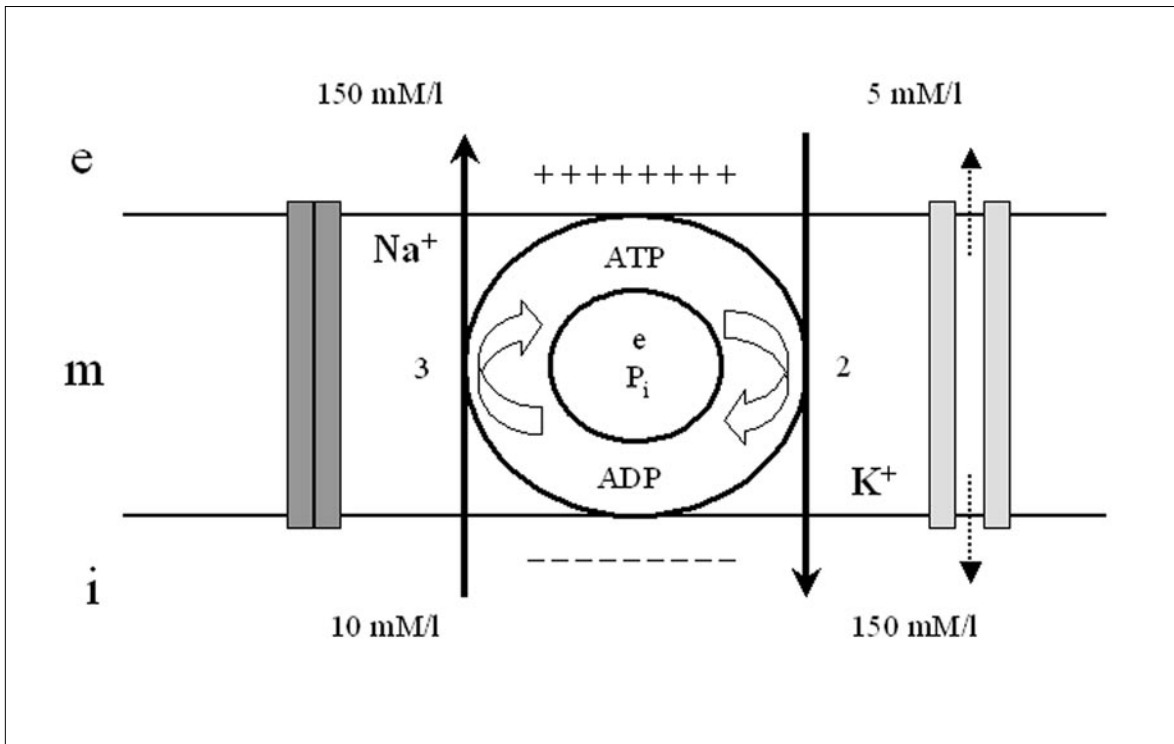
Když se vyjme srdce z těla usmrcené žáby a umístí se do 0,6 % roztoku kuchyňské soli, napodobujícího vnitřní prostředí, tepe dlouho dál. (U teplokrevných živočichů je to trochu složitější, ale jde to také.) Podstata této srdeční automacie byla až do konce čtyřicátých let 20. století naprostou záhadou. Vědělo se jen to, že místo, odkud vychází impuls ke stahu srdce, leží při vstupu horní duté žíly do pravé síně. Dnes již víme, že toto místo – označované jako *sinoatriální uzel* – je tvořeno buňkami od okolí odlišitelnými jak mikroskopicky, tak zejména elektrofyziologicky. A právě v odlišných elektrických vlastnostech těchto buněk spočívá podstata samovolné činnosti srdce (a principiálně i jiných automaticky činných orgánů).

Aby buňky, tkáň a orgány mohly spolupracovat, musí se o sobě neustále navzájem informovat. Dorozumívací signály mají dvojí povahu: pomalou, fylogeneticky starší látkovou (humorální) a rychlou, vývojem k dokonalosti dovedenou elektrickou, která je typická pro nervovou soustavu a všechny typy svalů. Tři základní vlastnosti srdečního svalu, automacie, dráždivost a vodivost jsou obrazem elektrické signalizace, a proto si musíme její princip alespoň v hlavních obrysech vysvětlit.

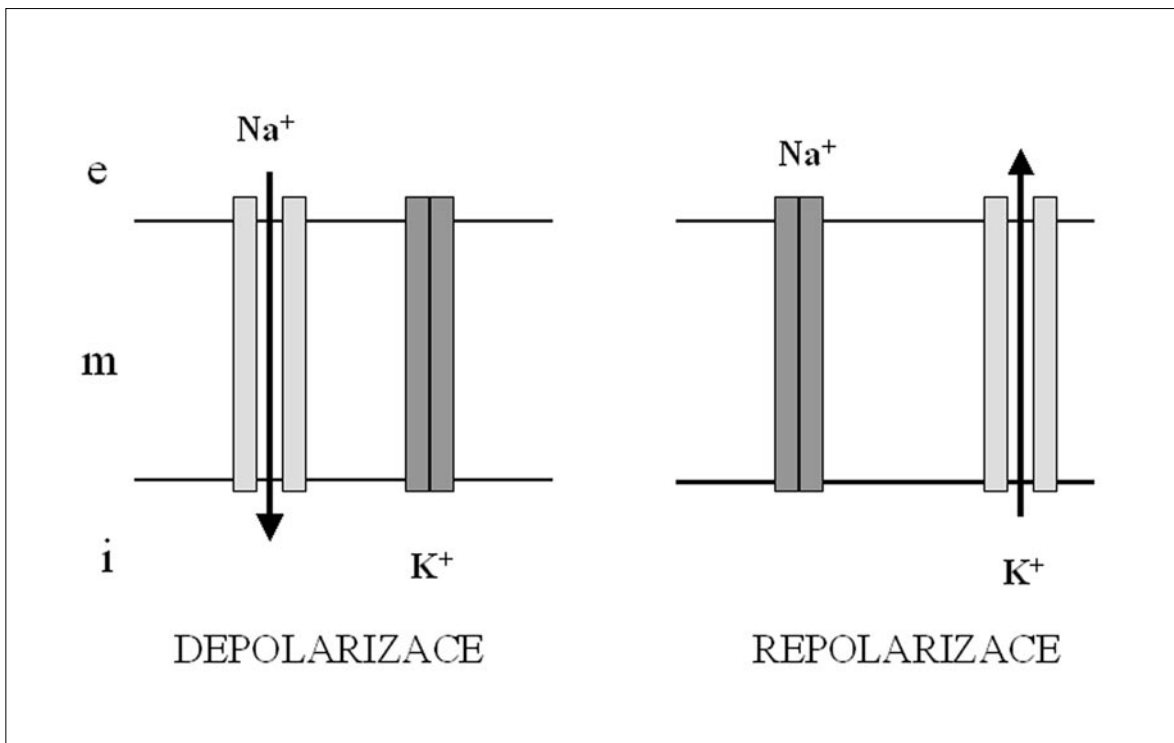
Na počátku elektrické signalizace je enzym, přítomný prakticky v membránách všech buněk, tzv. *sodíko-draslíková pumpa*. Je to bílkovinná makromolekula, která nepřetržitě čerpá sodík z buňky a draslík do buňky (obr. 5). Zdrojem energie je adenosin trifosfát (ATP) štěpený enzymatickou činností pumpy

(Na-K ATPáza). Tím se vytváří na membránách koncentrační spád obou iontů, a to opačnými směry. Současně se několika mechanismy (pro výklad musíme opět odkázat na učebnice) tvoří gradient elektrického náboje: pozitivní náboj se hromadí na vnějším povrchu membrán a negativní na vnitřním. Oba gradienty působí společně, a proto zpravidla hovoříme o elektrochemickém spádu. Ionty by jej rády sledovaly a putovaly na druhou stranu membrány, ale částečně tomu brání různá a navíc v čase proměnná průchodnost zvláštních pórů, *membránových kanálů*. Za výchozí, klidové situace je kanál pro sodík uzavřen, ale kanál pro draslíkové ionty zeje. Proto draslík opouští buňku tak dlouho, až jeho elektrochemický gradient vymizí. Stane se to při napětí kolem  $-90$  mV, kdy buňka dosáhla tzv. *klidového napětí*. Když pak buňka dostane zvenčí nějaký dostatečně silný (nadprahový) podnět, sodíkový kanál se otevře a  $\text{Na}^+$  rychle pronikne po spádu do buňky. Tím se ovšem klidové napětí zhroutlí a buňka svůj dosud stabilní náboj pozbude, *depolarizuje se* (obr. 6). A to je podnět pro sousední buňky, aby udělaly totéž, a tak se depolarizace šíří. Membránové napětí ovšem v depolarizované poloze nezůstává, protože se vytvořily podmínky pro výstup draslíku z buňky. Navíc se sodíkový kanál spontánně uzavře, a tak se napětí zase vrátí do výchozí klidové, pohotovostní polohy (*repolarizace*). Rychlé kmitnutí membránové polarizace představuje jednotkový elektrický signál, *akční napětí (potenciál)*.

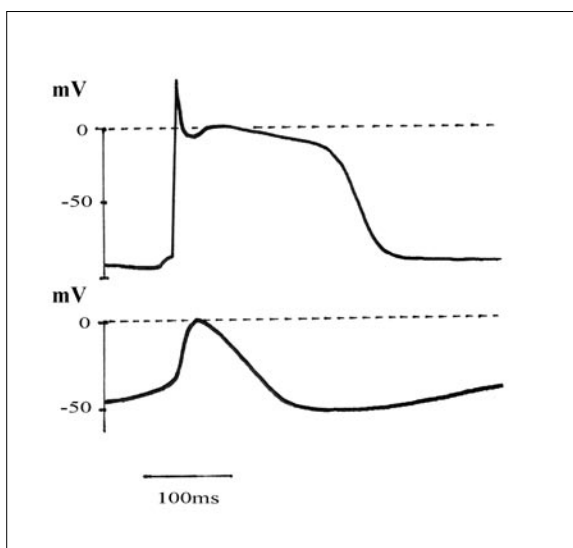
Uvedené děje jsou podstatou nejen dráždivos-



Obr. 5. Sodíko-draslíková pumpa aktivně čerpá 3 Na<sup>+</sup> výměnou za 2 K<sup>+</sup> a vytváří tak elektrochemický gradient. ADP, P<sub>i</sub>, e<sup>-</sup> produkty štěpení ATP (adenosindifosfát, anorganický fosfát a energie). V klidových podmínkách je sodíkový kanál na rozdíl od draslíkového uzavřen. Proud K<sup>+</sup> je minimální, protože koncentrační a elektrický gradient směřují opačně a jsou v rovnováze. E – extracelulární prostředí, m – membrána, i – intracelulární prostředí.



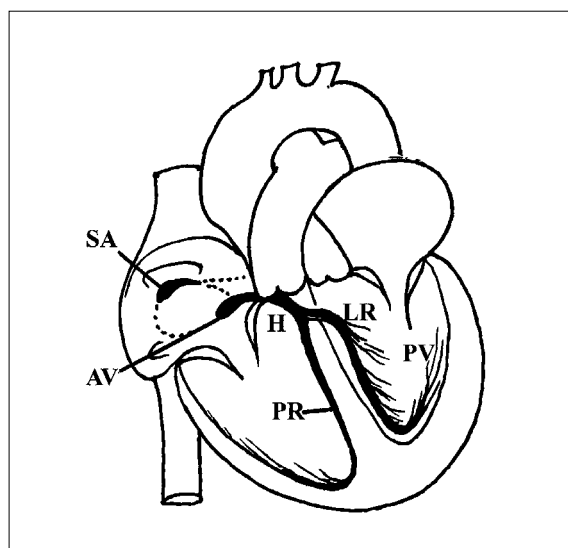
Obr. 6. Vnější podnětem se sodíkový kanál na několik ms otevře a membrána depolarizuje vtokem Na<sup>+</sup> do buňky. Vzápětí nastává repolarizace proudem K<sup>+</sup> z buňky. Tento proud je u myokardu významně opožděn a důsledkem je dlouhá fáze plató akčního napětí (viz obr. 7).



Obr. 7. Akční napětí komorového svalu charakterizuje dlouhá fáze platů v úrovni nulového napětí (horní křivka). Pro automaticky činné buňky, např. sinoatriálního uzlu, je typická pozvolná ztráta klidového napětí (tzv. klidová depolarizace).

ti srdečního svalu, ale též jeho vodivosti. Zvláštnost srdce je v tom, že se po této stránce chová jako celek. Buňky nejsou samostatné jednotky jako je tomu u kosterního svalu, ale stýkají se mnohem intimněji a tvoří po funkční stránce jeden celek, *syncytium*. Mají v membránách zabudovány zvláštní kanálky (*nexy*), které představují místa nízkého elektrického odporu. Podráždíme-li účinně srdce na kterémkoli místě, elektrický signál se jimi šíří do sousedství a dál na celé srdce, které se také celé stáhne. Na síle podnětu, je-li nadprahový, nezáleží. Totéž platí pro vznik akčního napětí: buď se sodíkový kanál otevře a akční potenciál je úplný, nebo je podnět slabý a akční potenciál nevznikne vůbec (zákon „vše nebo nic“; je obecně platný, ačkoliv byl vyvozen z pokusů na žabím srdci – Bowditch v roce 1871).

Stejně důležitá jako dráždivost je také v určité fázi srdeční činnosti nedráždivost (*refrakterita*). Kdyby se totiž dráždivost obnovila ihned se skončením akčního napětí (jako je tomu u kosterního svalu), elektrické signály by mohly následovat jeden za druhým a jednotlivé mechanické odpovědi (stahy) by splynuly do trvalé, tzv. tetanické kontrakce. To by ovšem znamenalo pro rytmicky pracující čerpadlo konec. U srdečního svalu se vyvinul zvláštní mechanismus, který to nedopustí. Jeden z draslíkových proudů, odpovědný za repolarizaci buněk je neobyčejně líný a otevírá se opožděně. To umožní, že se po sodíkovém kanálu otevře další kanál, specifický pro vápník. Výsledkem je ve srovnání s kosterními svaly asi stokrát delší akční



Obr. 8. Schéma řezu srdcem ve frontální rovině, ilustrující převodní soustavu. SA – sinoatriální uzel, SK – síňkomorový uzel, H – Hisův svazek, LR, PR – levé a pravé Tawarovo raménko, PV – Purkyňova vlákna.

napětí, a tím i doba nedráždivosti (obr. 7a). Srdci je tak zajištěna vždycky alespoň trocha času na zotavení a naplnění krví. Navíc se do buňky tímto proudem dostane vápník, iont pro kontrakci absolutně nepostradatelný. Ale o tom až v příští kapitole.

Zatím jsme se zabývali podstatou dráždivosti a vodivosti srdečního svalu. Ale jak je to s automaticí? Když se podařilo po druhé světové válce přesně změřit membránové napětí u různých typů srdečních buněk, zjistilo se, že mezi buňkami pracovního myokardu (síní a komor) na jedné straně a buňkami sinoatriálního uzlu, sídla automacie na straně druhé, je nápadný rozdíl. Zatímco ty první mají klidové napětí naprosto stabilní, u těch druhých pozvolně klesá. Mají to na svědomí zcela zvláštní vlastnosti několika typů iontových kanálů. Výsledkem je *pomalá klidová depolarizace* (obr. 7b). Jakmile se dosáhne prahu pro otevření rychlého vtoku kladně nabitých iontů (zde to jsou hlavně ionty vápníku), vznikne akční napětí, které se rozšíří na okolní síňovou tkáň, a pak už podle zákona „vše nebo nic“ na celé srdce. Na tomto mechanismu je nesmírně důležité to, že strmost klidové depolarizace je proměnná, řízená především autonomním nervstvem. Díky tomu může frekvence srdce vzrůst z klidové hodnoty kolem 70/min na hodnoty ke 200/min při krajní zátěži, ale ve spánku může klesnout i k hodnotě 50/min.

Šíření elektrického signálu (vzruchu) po srdci není náhodné. Děje se nejprve po přesně vymezených drahách tzv. *převodní soustavy* (obr. 8). Je to rozsahem



nevelká, původně svalová tkáň, která ztratila schopnost kontrahovat se, protože pozbyla myofibrily (viz níže). Je zcela ve službách tvorby a vedení vzruchu. Sinoatriální uzel je její první částí. Vedení je v některých úsecích velmi rychlé (až 2m/s). Avšak v místě, kde vzruch přechází normálně jako jediným přemostěním ze síní na komory (síňokomorový uzel), je extrémně pomalé (2cm/s) a také velmi zranitelné. K fyziologickému významu tohoto zpomalení se dostaneme při výkladu čerpací funkce srdce.

Ze síňokomorového uzlu (který mimochodem může sloužit jako náhradní zdroj automacie, protože se v jedné jeho části rovněž nalézá klidová depolarizace) se elektrický signál šíří opět velmi rychle na další části převodní soustavy. Je to nejprve Hisův svazek, ten se rozděluje na Tawarova raménka pro pravou a levou komoru a posléze se štěpí na jemná Purkyňova vlákna. (Pojmenování po našem největším fyziologovi, který je jako první na světě popsal, se užívá na celém světě.) Ta jsou již v kontaktu s buňkami pracov-

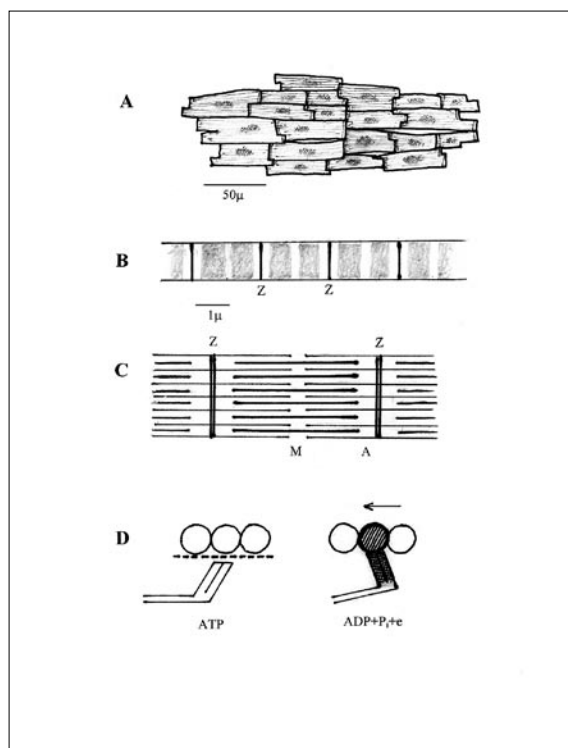
ního myokardu, vzruch se na ně přenesa a šíří se jimi až na nejzazší periferii srdce. Vedení ze síní na komory trvá kolem 160 ms a po komorách dalších 100 ms.

Zde se sluší ještě dodat, že elektrické jevy na buněčných membránách síní a komor se sumují. Vytvářejí v čase proměnné elektrické pole, které se promítá na povrch těla, kde je lze citlivými přístroji zaznamenat. Tato právě sto let stará metoda, *elektrokardiografie* (EKG), se stala základní vyšetřovací metodou v medicíně. Je nepostradatelná zejména v diagnostice poměrně častých poruch tvorby a šíření elektrického signálu na srdci, *arytmií*. Vznikají tím, že je narušen základní princip funkční organizace srdce, hierarchie a homogenita elektrické signalizace. Všechny buňky se musí aktivovat v přísné spolupráci a časové posloupnosti. Kdekoli se na vodivé dráze objeví nějaké přibrzdění, výpadek, oslabení ochranné refrakternosti, neřku-li vzpurná tvorba signálů na vlastní pěst, vznikne stav od snesitelného omezení výkonu srdce jako čerpadla až po jeho zástavu.

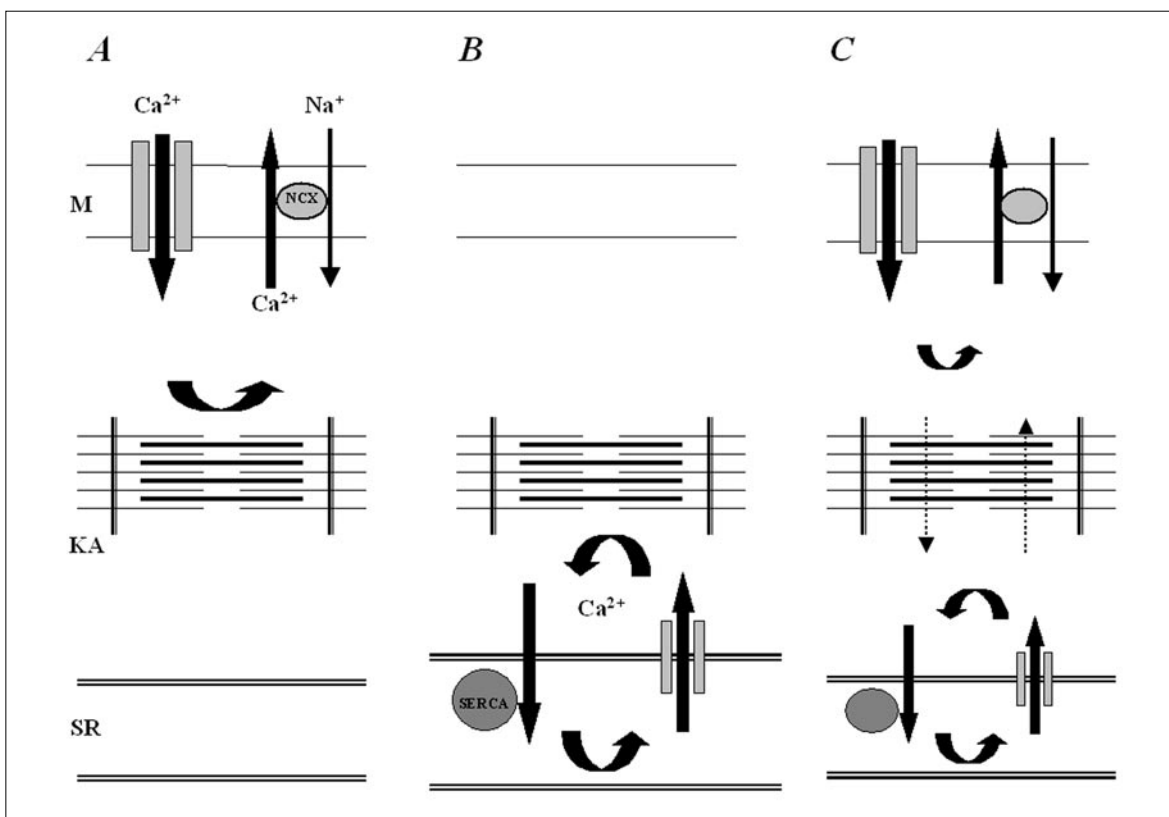
## 4. Srdce jako sval – sedmý div evoluce

K nejzákladnějším atributům života nesporně patří pohyb (platí to v méně nápadné formě i pro rostliny). Pohyb není jen pronásledování kořisti nebo útěk před nepřítelem, ale i jevy mnohem subtilnější jako je řeč, podvědomé jako jsou pohyby trávicí trubice nebo mikroskopické jako pohyb spermií. U živočichů se vyvinuly tři typy specializovaných orgánů pohybu: svaly hladké (ve stěně dutých vnitřních orgánů), příčně pruhované (u kosterního, nervovým systémem ovládaného svalstva) a myokard, srdeční sval, který vykazuje rysy obou předchozích. Přestože se tyto typy svalů na první pohled liší a slouží diametrálně odlišným úkolům, podstata jejich základní vlastnosti – stažlivosti (*kontraktility*) – je u nich stejná. Od samých počátků fyziologie provokovala hlavně tím, že je to konverze chemicky vázané energie na mechanickou, jejíž účinnost je technickými prostředky nedosažitelná.

Svalová buňka (či vlákno) obsahuje obrovské množství podélně orientovaných organel, *myofibril* (obr. 9). Jejich podjednotkou jsou *sarkomery*, které v polarizovaném světle vykazují pravidelné střídání světlejších a tmavších proužků. Právě tato takřka krystalicky dokonalá organizace dodává kosterním svalům a myokardu charakteristické žíhání. Každá sarkomera je složena ze dvou sad jemných vláček, *myofilament*, tvořených dvěma různými bílkovinami, *aktinem* a *myosinem*. Tyto sady jsou do sebe částečně zasunuty. Jak velkou sílu sval po podráždění vyvine, závisí na rozsahu jejich překrytí, protože právě v této



Obr. 9. Světelná mikroskopie ukazuje myokard jako síť buněk s centrálně uloženým jádrem a podélně orientovanými organelami – myofibrilami (A). Jednotlivé myofibrily jeví při velkém zvětšení příčné žíhání (B). V elektronoptickém obraze je patrná příčina tohoto žíhání: dvě sady do sebe zasunutých vláček (myofilament). Silnější jsou tvořena bílkovinou myosinem, tenká bílkovinou aktinem. Úsek mezi dvěma sousedními liniemi Z je sarkomera (C). Sarkomera se zkrátí, dojde-li k vazbě aktinových a myosinových molekul, spouštěné vápníkovými ionty. Za této vazby se změnil sklon hlavice myosinu a aktin se posune (D).



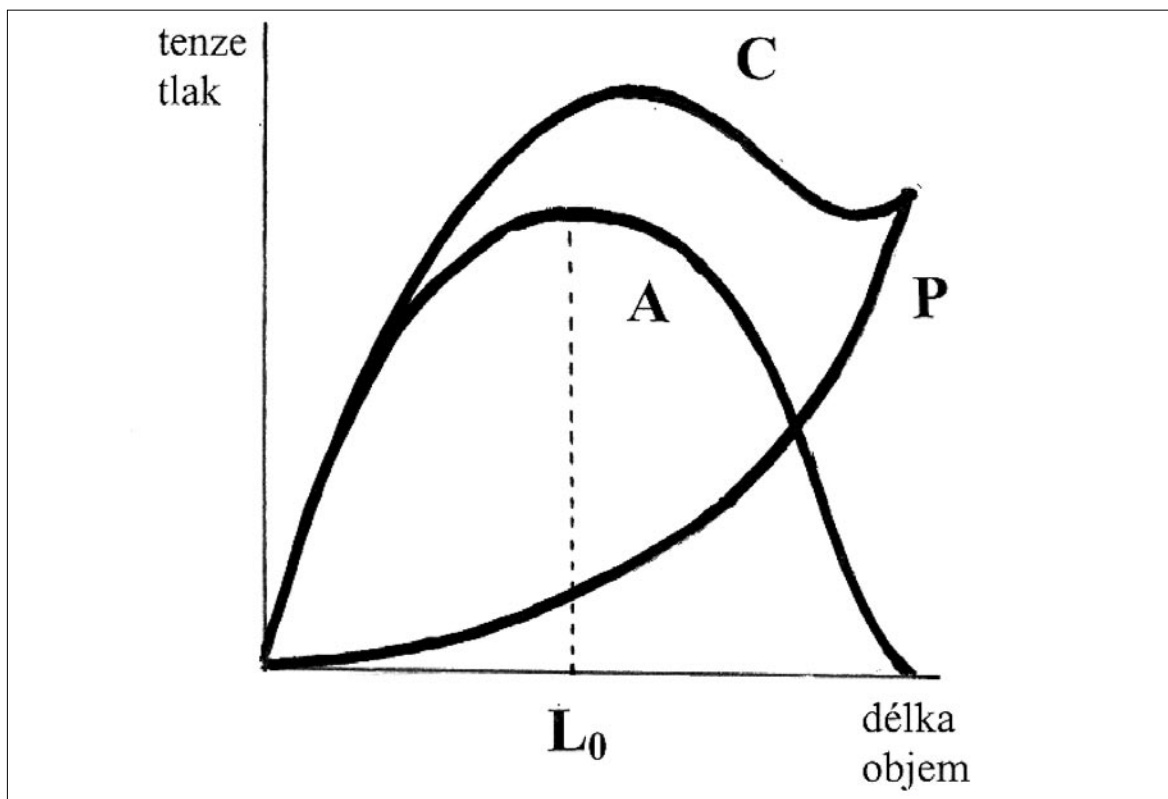
Obr. 10. Svalová kontrakce je spuštěna vápníkovými ionty. U hladkého svalu (A) se dostávají specifickým iontovým kanálem do buňky a ke kontraktilnímu aparátu (KA) při depolarizaci membrány (M). Z buňky je odstraňuje sodíko–vápníkový výměnný systém (NCX). U kosterního svalu (B) je zdrojem vápníku nitrobuňčné sarkoplasmické retikulum (SR). Vápník se rychle uvolňuje ve velkém množství a opět se vstřebává aktivním transportem (SERCA). Srdeční sval (C) kombinuje oba způsoby, a nabývá tím schopnost gradovat množství uvolněného vápníku (a tím sílu stahu) např. při změnách frekvence.

zóně je elementární pohyb generován.

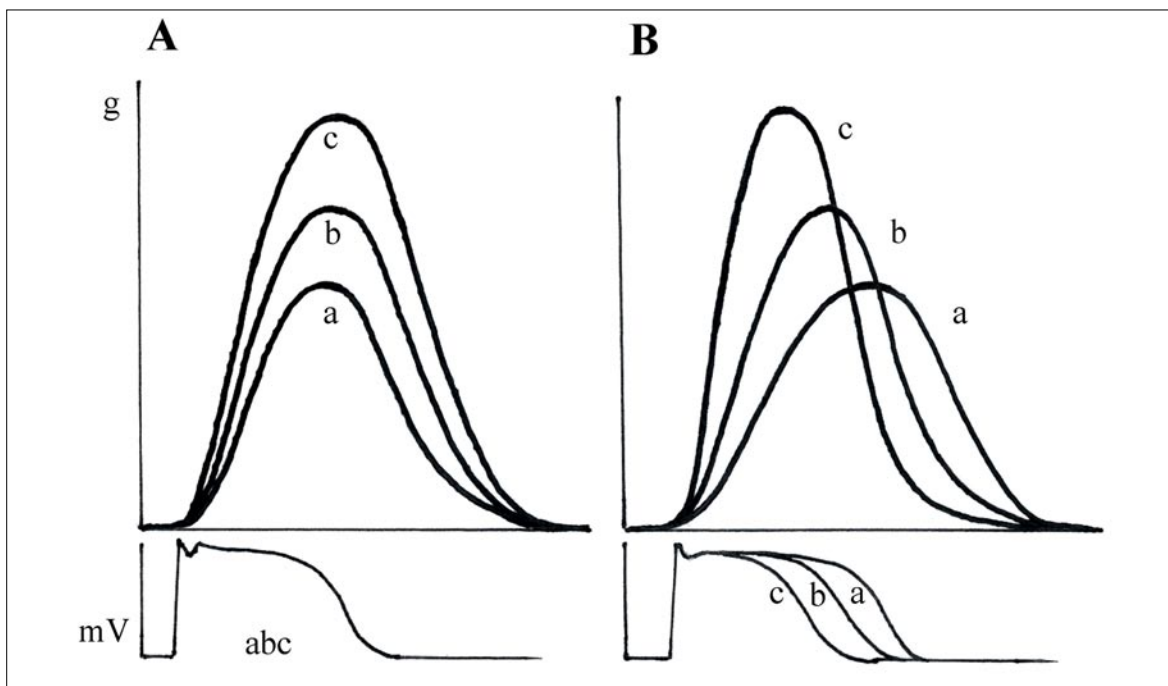
Nemůžeme zacházet do podrobností mechanismu stahu a jeho uvolnění, dějů, které se někdy označují jako molekulární motor. Je však třeba alespoň v kostce popsat jejich prvky a sled. Vzato od konce, sarkomera se zkrátí, když aktin s myosinem vytvoří silnou vazbu a způsobí tím, že se myofilamenta do sebe zasunou. Tato vazba spotřebuje energii, dodávanou ve formě ATP mitochondriemi. (To jsou z evolučního hlediska snad vůbec nejzajímavější buněčné organely, původně aerobní bakterie, vývojem přijaté živočišnými buňkami za symbionty.) Enzym, který štěpí ATP a energii uvolňuje, je v tomto případě myosinová ATPáza. Vazba aktinu a myosinu nastane, když se v sarkomere objeví jako spouštěč této reakce *vápníkové ionty*, náhle uvolněné z nitrobuňčných zásob (sarkoplasmického retikula) na povel již zmíněného elektrického signálu, akčního napětí. Opačný proces, uvolnění vazby a relaxace svalu, je podmíněn odčerpáním vápníku zpět do nitrobuňčných zásob. Postará se o to mimořádně výkonný, aktivní (to znamená poháněný ener-

gií) enzym, tzv. *vápníková pumpa* (Ca-ATPáza, obr. 10).

V srdečním svalu se spojily výhody hladkého svalu (autonomie a neuvitelnost) s výhodami kosterního svalu (rychlost a intenzita stahu). Avšak tím, že srdce nemá motorickou inervaci a nemůže stupňovat sílu stahu tak, jako to dělají kosterní svaly, musí si s regulací síly stahu (stažlivostí) poradit samo. Vyvinuly se k tomu dva *autoregulační* mechanismy. První souvisí s charakteristickým vztahem mezi výchozí délkou svalu a silou, kterou při podráždění vyvine (obr. 11). Tento vztah reflektuje rozsah překrývajících se myofilament. Při určitém rozsahu protažení, a tedy překrytí (optimální délka  $L_0$ ) je síla maximální. Přírozené délky sarkomer jsou v kosterním svalu o něco delší, ale v myokardu naopak o něco kratší než  $L_0$ . Je to příklad účelné adaptace potřebám orgánu: při zvětšené náplni srdce krví se vlákna o něco protáhnou, stáhnou se větší silou a nenadálý přebytek krve okamžitě odstaví. Tento autoregulační princip se nazývá Starlingův. Má nezastupitelnou úlohu v okamžitém vyrovnávání



Obr. 11. Vztah mezi délkou proužku srdečního svalu a tenzí. P – pasivní tenze (před podrážděním), C – celková tenze vyvinutá po podráždění, A – aktivní tenze, rozdíl mezi C a P.  $L_0$  – optimální délka. Přirozená délka srdečního svalu je v oblasti pod  $L_0$ , proto se při protažení síla stahu zvětšuje (Starlingův princip).



Obr. 12. A – s rostoucí délkou vláken srdečního svalu se síla stahu zvyšuje beze změny trvání (Starlingův princip). Přitom se akční napětí (dolní křivka) též nemění. Tato vlastnost dovoluje srdci vypořádat se s náhlým zvýšením žilního návratu či periferního odporu. B – s rostoucí frekvencí se stahy zvětšují a současně zkracují (frekvenční efekt). Změna trvání stahu je důsledkem změn akčního napětí (dolní tři křivky). Tato vlastnost dovoluje srdci efektivní čerpání s frekvencí o více než 50% vyšší, než by bylo jinak možné.

výkonu pravého a levého srdce, například v průběhu dýchání nebo při změně polohy těla.

Druhý způsob samořízení stažlivosti souvisí s gradovaným množstvím vápníku, které se při podráždění do cytoplazmy uvolní. Je to důsledek zvláštního uspořádání procesů, jimiž jsou spřaženy elektrické a mechanické děje. Spočívá opět ve výhodné kombinaci způsobů, jak zachází hladký a kosterní sval s vápníkem. Prakticky se to projevuje tím, že při vzestupu srdeční frekvence jsou stahy silnější, i když by se zdálo, že mají méně času na zotavení po předešlé kontrakci (obr. 12).

Než se dostaneme k další kapitole, je třeba se zmínit o obecném významu režimu, za jakého se stah uskuteční. Ze zkušenosti jistě každý dobře zná rozdíl mezi stahem při svižném pohybu nezatíženou paží

(jako příklad se nejspíš z rané paměti vybaví pohlavěk) a naproti tomu stah při marném, ač usilovném pokusu zdvihnout neúnosné břemeno. To jsou dvě krajní polohy. První je stah *izotonický*, kdy svalu není kladen žádný odpor a volně se zkracuje. Druhý je stah *izometrický*, kdy se sval zkrátit nemůže a pouze v něm roste napětí. Naprostá většina přirozených stahů je někde mezi těmito dvěma extrémy. Nejprve ve svalu narůstá napětí (izometricky) a když síla stahu váhu břemene překoná, sval se zkracuje již bez změny napětí (tj. izotonicky). Na molekulární úrovni to vypadá tak, že myofilamenta aktinu a myosinu se při kontrakci do sebe zasunují, ale v izometrické fázi se zkrácení sarkomer kompenzuje protažením hojných elastických komponent svalu.

## 5. Srdce jako čerpadlo – jež se nesmí vyčerpat

Za 70 roků života učiní lidské srdce přes dvě miliardy stahů a přečerpá přitom více než 150 milionů litrů krve. Je to ohromující výkon, vzhledem k tomu, jak nešetrně se se srdcem obvykle zachází. Podívejme se na jeho čerpací funkci blíže.

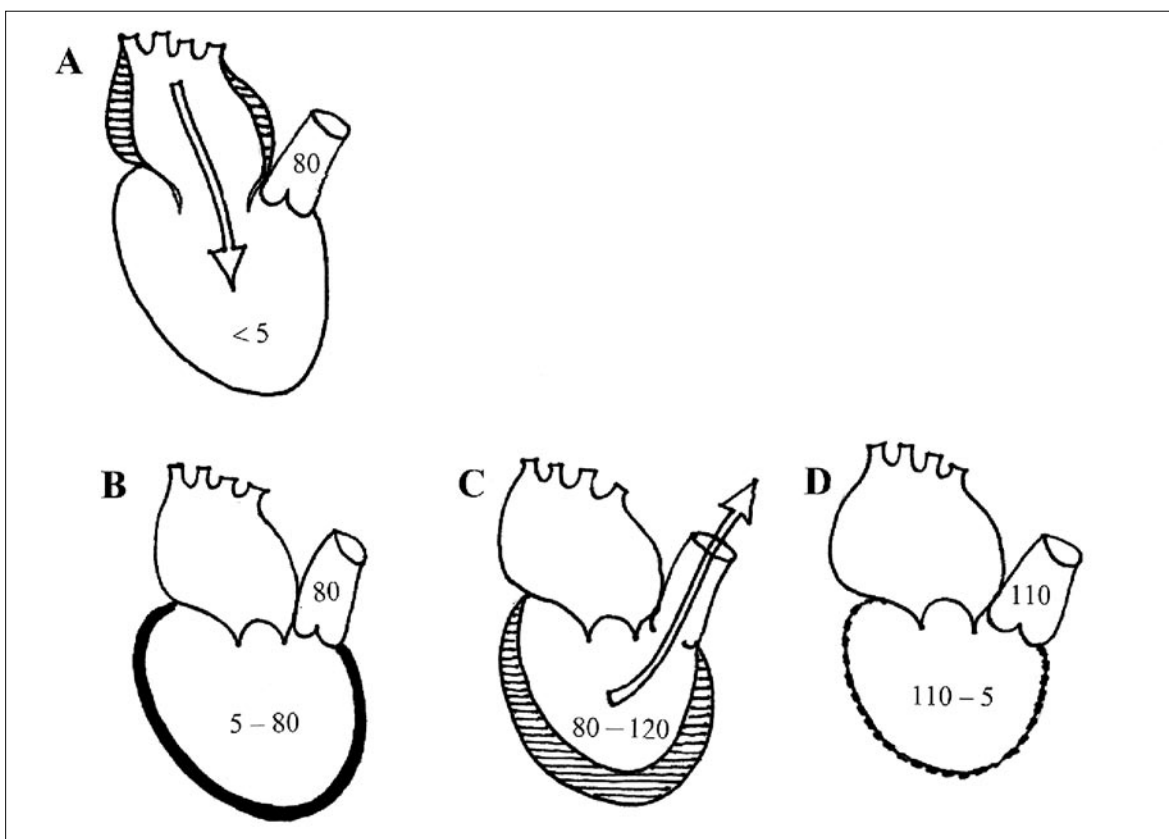
Na obrázku 11 je vztah mezi délkou a tenzí (napětím, silou) na izolovaném proužku srdečního svalu. U celého srdce však oba fyzikální projevy svalového stahu, délku a tenzi, vidíme na trojrozměrném dutém útvaru. Délka se tím mění na objem a tenze se promítne do tlaku uvnitř dutiny. To jsou dva základní mechanické parametry, na jejichž vzájemném vztahu lze ozřejmit funkci srdce jako pumpy. Přitom však zatím pomíjíme třetí kardinální parametr, a to čas. Nesmíme pouštět ze zřetele skutečnost, že srdce pracuje rytmicky, cyklicky, střídaje fázi plnění, *diastolu* a fázi vypuzování krve, *systolu* (obr. 13).

Úkol srdce je na první pohled jednoduchý: převést krev, která přitéká do srdce pod velmi nízkým plicním tlakem (do 5 mmHg) na vysokotlaký režim ve velkém oběhu (kolem 100 mmHg). Pravá komora dělá totéž s tím rozdílem, že odpor plicního řečiště je malý, a tak stačí vyvinout tlak kolem 20 mmHg, aby se systolou vypudil stejný objem krve jako z komory levé. Obr. 14 ilustruje princip čerpání na vztahu mezi komorovým objemem a tlakem. V době diastoly, kdy je sval relaxovaný, krev přitéká žilami do síně a přes otevřenou dvojčipou chlopeň plní komoru. Její objem narůstá, ale tlak se mění jen málo (obr. 14 D - A). Na konci diastoly je dosaženo objemu (a tím protažení svalových

vláken), který je určující pro sílu stahu (Starlingův princip).

Jakmile je komorový sval podrážděn vzruchem, začne se okamžitě kontrahovat. Tlak v komoře převyší tlak v síni, to znamená, že se tlakový gradient mezi síní a komorou obrátí, a tím se chlopeň mezi nimi uzavře. Poloměsíčitá chlopeň mezi komorou a aortou zůstává zatím zavřená tlakovým spádem proti proudu (v aortě je v tomto okamžiku kolem 80 mmHg). Stah je proto nejprve izovolumický, objem komory se nemění, ale prudce v ní narůstá tlak (obr. 14 A–B). Jakmile tlak v komoře převyší tlak v aortě, poloměsíčitá chlopeň se otevře, krev začne proudit do aorty a objem komory se o vypuzenou krev zmenšuje (obr. 14 B–C). Podle toho, co jsme řekli v předchozí kapitole, by se už nyní tlak neměl zvyšovat, stah je přece v principu izotonický. Během ejekční fáze však vzroste asi o 40 mmHg. Má to na svědomí fyzikální zákon (Laplaceův), platný pro všechny duté útvary:  $P = T \cdot h \cdot r^{-1}$ , kde  $P$  je tlak v dutině (levé komoře),  $T$  je tenze vyvinutá stěnou komory,  $h$  je její tloušťka a  $r$  je poloměr. Protože se při kontrakci zmenšuje poloměr a roste tloušťka, tlak se zvyšuje i při stejné tenzi.

Dokud je poloměsíčitá chlopeň otevřena, komora a aorta tvoří společnou dutinu s prakticky stejným tlakem. Jakmile s relaxací svalu komora začne ochabovat, tlak v ní poklesne. Aorta je však elastická a pokles tlaku je v ní mnohem pomalejší. To má za následek, že se tlakový gradient na poloměsíčité chlopni opět obrátí, a tím ji uzavře. Od této chvíle komorový sval



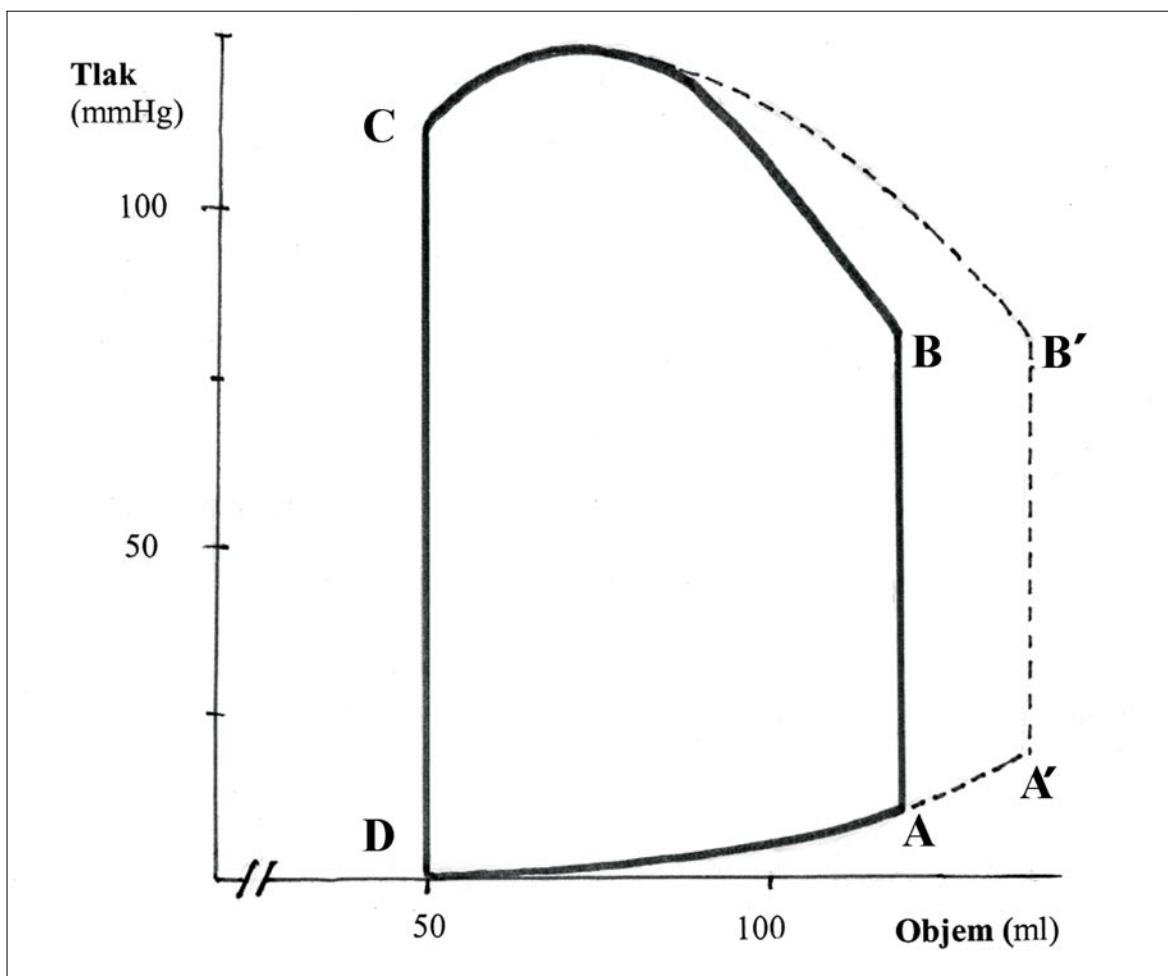
Obr. 13. Srdeční cyklus na schématu levé síně a komory. A – síňová systola, kterou se komora doplní na koncově diastolický objem. B – fáze izovolumické kontrakce komor: chlopně jsou uzavřeny, objem komor se nemění a tlak strmě roste. C – ejekční fáze: komorový tlak převýší tlak v aortě a semilunární chlopeň se tím otevře. D – izovolumická relaxace: komorový tlak klesne pod tlak v aortě a semilunární chlopeň se uzavře; objem komory se nemění a tlak klesne pod tlak v síni. Tím se dvojcípá chlopeň otevře a začíná fáze rychlého diastolického plnění komory. Čísla udávají tlak v mmHg.

relaxuje za izovolumických podmínek (dvojcípá chlopeň je také zatím uzavřena). To znamená, že objem komory se nezmění, ale tlak prudce klesne (obr. 14 C–D). V okamžiku, kdy komorový tlak klesne pod tlak síňový, gradient se obrací, síňokomorová chlopeň se otevře a plnění komory se obnoví. Tím začíná nový cyklus (obr. 14 D–A).

Na smyčce vztahu mezi objemem komory a tlakem na první pohled postrádáme čas, třetí ústřední parametr srdeční činnosti. Ukáže nám jej teprve simultánní registrace několika charakteristických veličin v reálném čase (*polygram*): tlaků v levé síni, levé komoře, aortě, objemu levé komory, elektrokardiogramu, popřípadě ještě dalších veličin (obr. 15). Na takovém záznamu názorně vidíme, jak se během izovolumické kontrakce komorový tlak vyšvihne z hladiny síňového tlaku na hladinu aortálního tlaku, vidíme již popsanou změnu tlaků během ejekce, izovolumický návrat komorového tlaku na síňový tlakový režim a pomalý pokles aortálního tlaku v diastole. Zřetelné jsou

tři fáze plnění komory, zpočátku rychlé, pak pomalé a nakonec doplnění síňovou kontrakcí. (Síňová kontrakce má jen pomocnou úlohu, její význam sice roste s frekvencí srdečních stahů, ale není absolutně nezbytná.) Vidíme tu stejné fáze srdečního cyklu jako na obrázku 14, ale teprve nyní si můžeme udělat představu o jejich časové dimenzi.

To, co jsme popsali předchozími čtyřmi odstavci, ve skutečnosti trvá v klidu asi 0.8 s a za tělesné zátěže o něco víc než 0.3 s. Ale jak je to možné, vždyť samotný stah trvá 0.3 s, jak se potom srdce plní krví? Jsou za to odpovědné dva faktory. Když se zvýší frekvence srdeční činnosti, oběh krve se urychlí, a srdce se plní tím rychleji. Významně tomu napomáhají mohutnější stahy síní. V každém případě ale musí být zachován odstup síňové a komorové kontrakce, aby plnění bylo efektivní. Teď vidíme, proč se vzruch vede síňokomorovým uzlem tak pomalu. Vedle toho se zkrátí trvání systoly až na 0.2 s (viz obr. 12). Příčinou je vzestup nitrobuňčného vápníku, který jednak zvýší sílu sta-



Obr. 14. Srdeční cyklus vyjádřený smyčkou vztahu mezi tlakem a objemem levé komory. A – koncově diastolický objem a tlak. A–B – izovolumická kontrakce, B–C – ejekce, vypuzení systolického objemu, C–D – izovolumická relaxace, D–A – diastola. Čárkovaně je smyčka při zvýšené náplni; přírůstek je bezprostředně odbaven díky Starlingovu principu. Tečkovaně je smyčka při tělesné zátěži. Posun nahoru a doleva je výrazem zvýšené stažlivosti.

hů, jednak zkrátí akční napětí, na němž je trvání stahu závislé (mechanismus tohoto jevu je dosti komplikovaný, zahrnuje vzájemné působení  $\text{Ca}^{2+}$  a draslíkových proudů včetně několika zpětných vazeb). Z obecnějšího nahlédnutí se to jeví jako neobvykle efektivní autoregulační opatření. Bez něj by se totiž i nevelké zvýšení srdeční frekvence projevilo kritickým oslabením dějů, které se odehrávají v diastole: komory by se nemohly přiměřeně plnit krví a stažlivost by se nestabila plně restituovat. Jednou ranou se tu vlastně zabijí dvě mouchy.

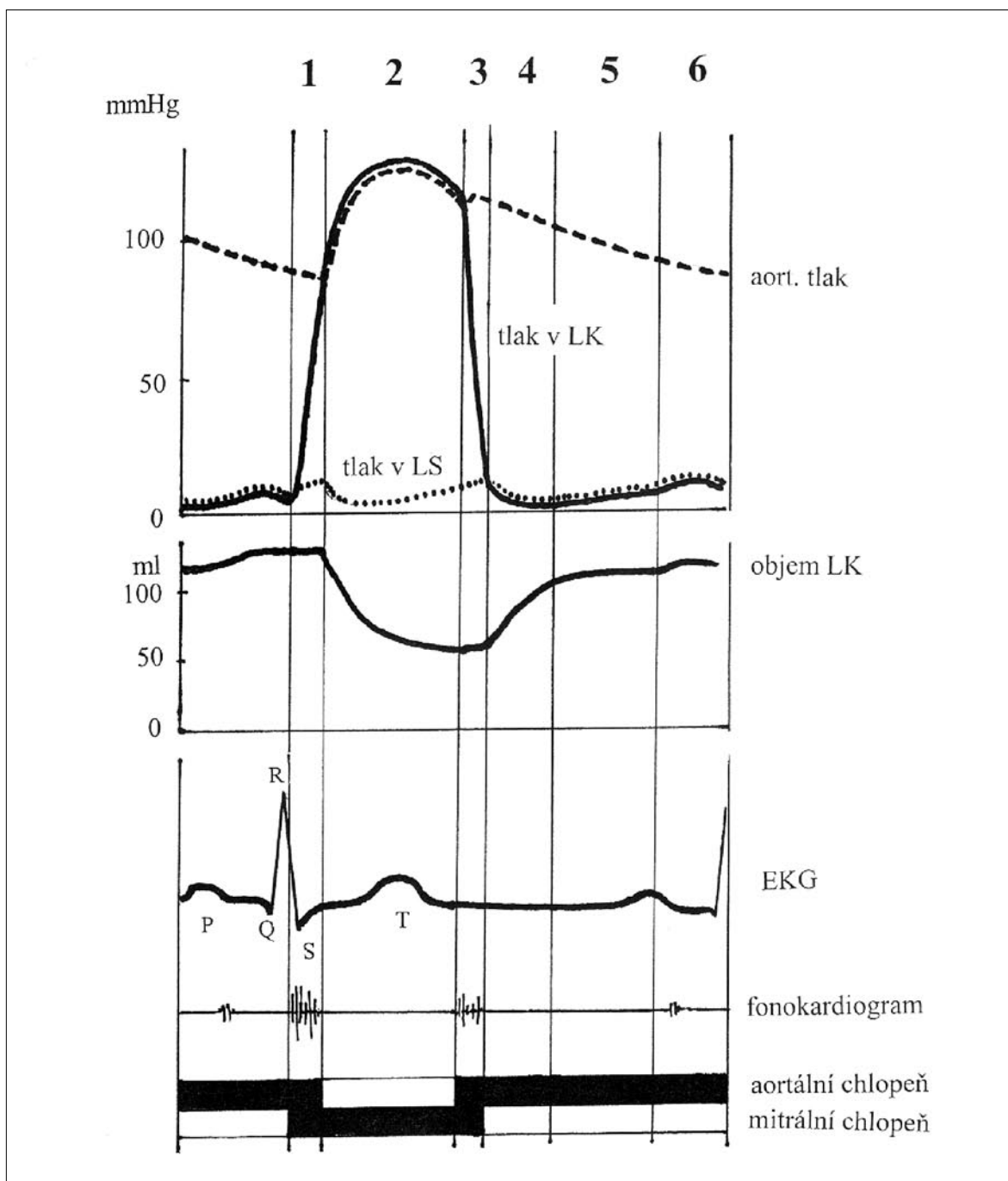
Během systoly se za tělesného klidu z komory vypudí kolem 70 ml krve (*systolický objem*), ale srdce se nevyprázdní úplně, v komoře zůstane asi 50 ml krve (*koncově systolický* neboli *reziduální objem*). Během diastoly do srdce přiteče stejné množství krve, jako se vypudilo systolou, konečný objem komory je tedy 120

ml. Když se byť o málo změní, Starlingův princip to bezprostředně koriguje.

Je-li systolický objem 70 ml a srdeční frekvence přes 70/min, pak objem krve, který je každou minutou vypuzen do velkého i malého oběhu (tzv. *srdeční výdej*, obr. 16), je téměř 5 l. Je to přibližně stejné množství krve, jaké v celém oběhu koluje. Srdeční frekvence se zátěží zvyšuje i třikrát a protože též systolický objem vzroste až o 60 %, srdeční výdej se u zdravého, dospělého člověka může zvýšit až pětikrát. V tom spočívá *srdeční rezerva*. Když je tato rezerva nedostatečná nebo vyčerpaná, a může to být kterýmkoli z faktorů, které tvoří srdeční výdej, je to příznakem srdečního selhávání.

Na povrchu hrudníku můžeme slyšet, ať prostým uchem nebo pomocí fonendoskopu, dvojici charakteristických zvuků (*ozev*), které provázejí srdeční čin-

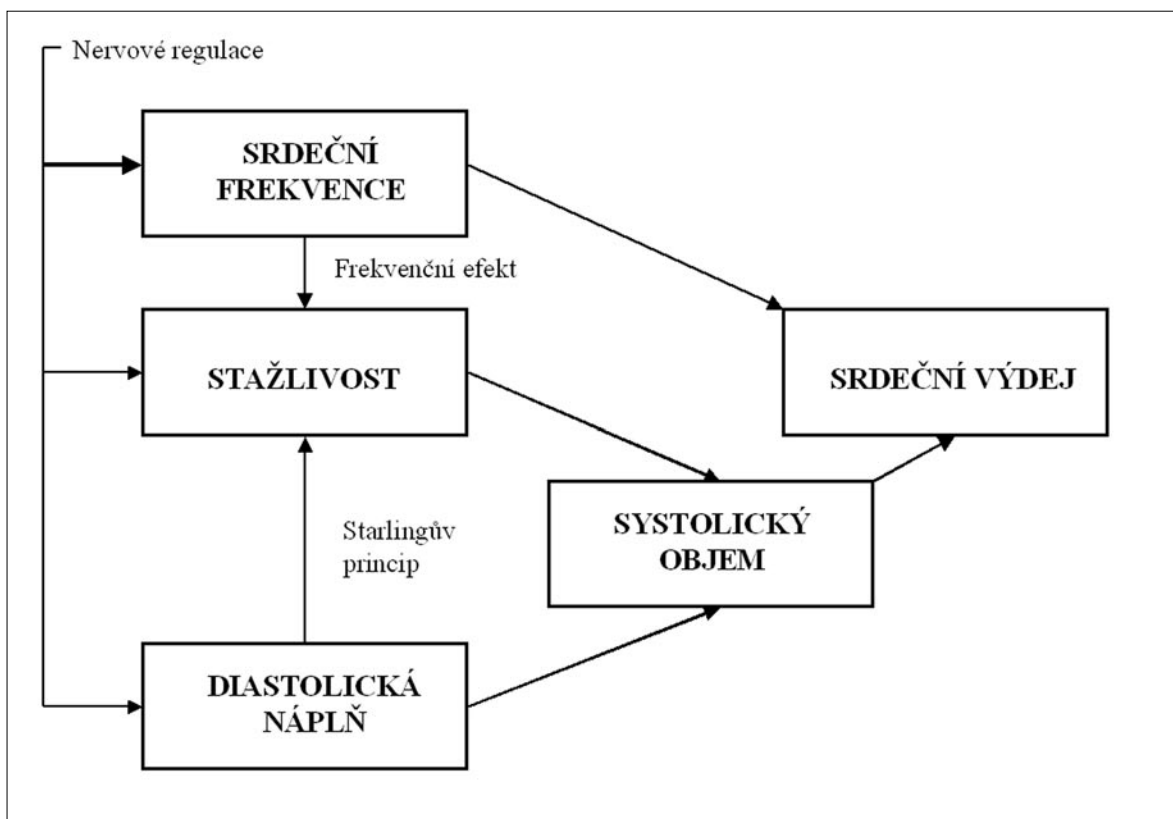




Obr. 15. Polygram srdečního cyklu . Fáze: 1 – izovolumická kontrakce, 2 ejekce, 3 – izovolumická relaxace, 4 – rychlé plnění, 5 – pomalé plnění, 6 – systola síní. V nejspodnější části je znázorněn čas, kdy je příslušná chlopeč uzavřena.

nost. První, o něco hlasitější, koinciduje s uzavřením síňokomorových chlopní, tedy se začátkem systoly, a druhý s uzavřením poloměsíčitých chlopní, tedy se začátkem diastoly (viz obr. 15). Na rytmu, hlasitosti a ohraničenosti ozev se dá rozpoznat řada patologických stavů na chlopečním aparátu. Zvláště významné je přitom posouzení přídatných zvuků, *šelestů* (před 1.

ozvou, mezi ozvami, po 2. ozvě). Informují nás o postižení té které chlopně buď zúžením nebo na druhé straně nedomykavostí. Pochopitelně moderní medicína dovede registrovat ve vybraných frekvenčních pásmech (*fonokardiografie*) i takové ozvy a šelesty, které nejsou uchem slyšitelné.



Obr. 16. Faktory podílející se na velikosti srdečního výdeje a jejich vzájemné vztahy. Nervově je řízena především srdeční frekvence, stažlivost naproti tomu závisí hlavně na autoregulacích (Starlingův princip a frekvenční efekt).

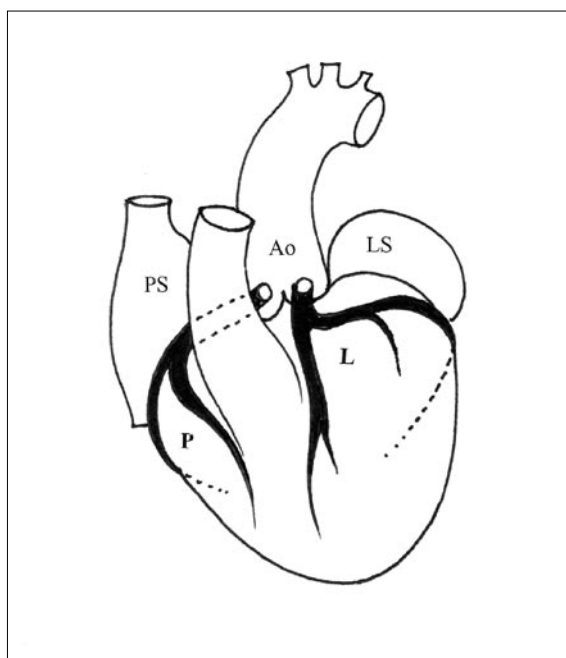


## 6. Zásobení srdce – na hranicích možností

Srdce vykonává velkou, energeticky nesmírně náročnou práci bez odpočinku (nepočítáme-li půlvtéřinové intervaly relativního klidu, kdy se plní krví). Za tělesné námahy musí svůj výkon ještě podstatně vystupňovat. Zbytek těla je na něm existenčně závislý.

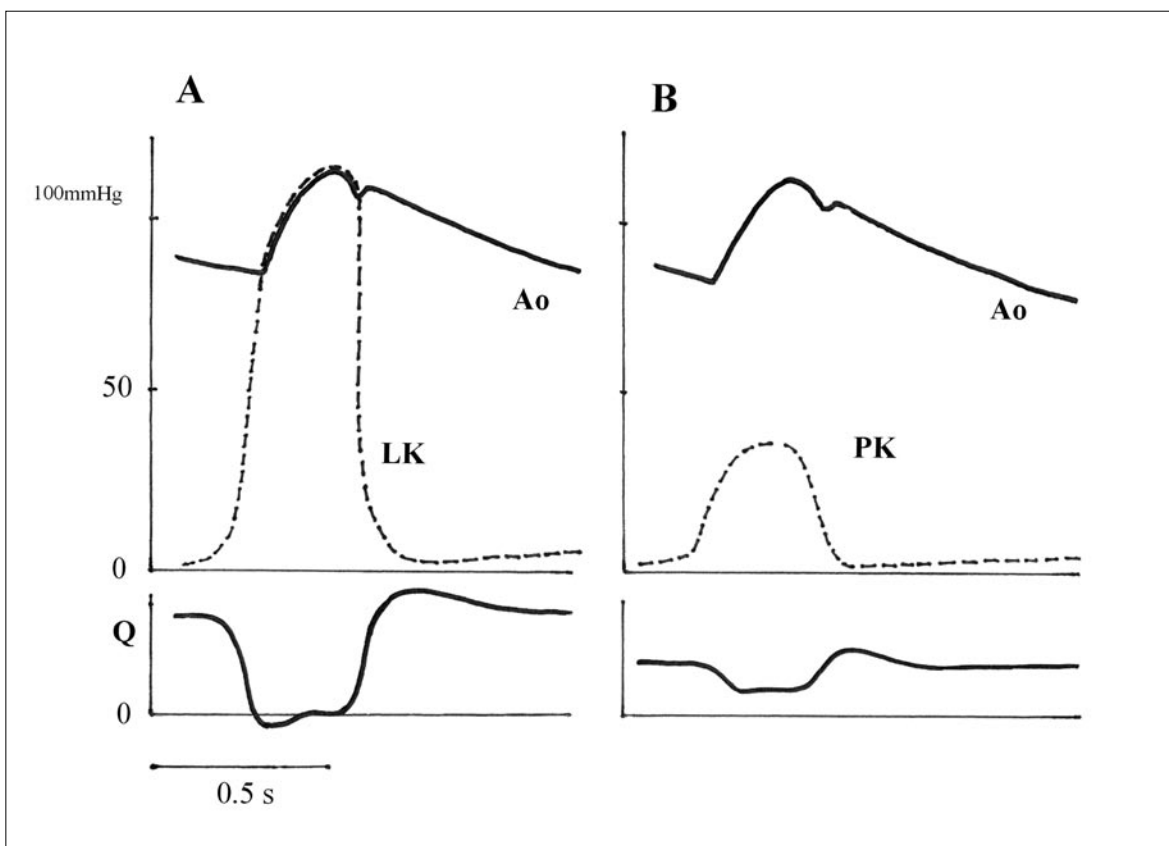
Srdce je odkázáno na nepřetržitou tvorbu energie oxidací substrátů. Aby pokrylo tyto vysoké nároky, využívá, co se dá. Vedle obecného zdroje, glukózy, to jsou zejména mastné kyseliny a dokonce i odpad metabolismu těch orgánů, které si mohou dovolit dočasně pracovat na kyslíkový dluh (jako například kosterní svaly). Zpracování těchto zdrojů však potřebuje kyslík navíc. Srdce jej sice dovede z krve vytěžit dvakrát víc než ostatní tkáň (60 % oproti 30 %), což se blíží úplnému maximu, ale to pořád ještě nestačí. Spotřeba kyslíku v srdci, vztažená na gram tkáň, je totiž dvacetkrát větší než je průměrná spotřeba celého těla. (Kolem poloviny energie získané oxidacemi substrátů se spotřebuje na tvorbu vazeb aktinu a myosinu, tedy pro myosinovou ATPázu, čtvrtina na procesy relaxační, tedy pro vápníkovou ATPázu a zbytek na to, co se děje nepřetržitě, včetně Na-K ATPázy.)

Na první pohled by se mohlo zdát, že by myokard mohl být vyživován okysličenou krví, která rovnou z plic vtéká do levé síně a komory. Takové zásobení však může uspokojit nejvyšší jednoduché srdce ryb s poměrně tenkou stěnou, tvořenou houbovým myokardem. Již u obojživelníků si rostoucí nároky na mechanickou práci (a tomu odpovídající tvorbu energie) vyžádaly postupnou přestavbu na kompaktní



Obr. 17. Poloschématický obrázek srdce při pohledu zepředu, který ukazuje přibližný průběh pravé a levé věnčité tepny. Obě vycházejí z kořene aorty. Levá zásobuje celou levou komoru, septum a většínou též zadní stěnu pravé komory. Z pravé je zásoben vedle pravé komory sinoatriální uzel, primární sídlo automacie.

typ srdečního svalu, jaký známe u savců, se samostatným krevním oběhem (obr. 17). Jeho dvě tepny, pravá a levá, odstupují z aorty bezprostředně nad poloměsíčitou chlopní a vytvářejí na povrchu srdce mohutný věnec cév. Odtud pochází jejich jméno, *cévy věnčité* (koronární). Je to oběh s řadou zvláštností a víc než



Obr. 18. Průtok krve věnčitými tepnami: A – v oblasti levé komory, B – v oblasti pravé komory. Horní plné křivky znázorňují tlak v aortě, kterým jsou obě tepny plněny. Čárkovaně jsou tlaky v levé a pravé komoře, které plnicímu tlaku oponují. Obrázek ukazuje, proč se během systoly proud krve v řečišti levé komory prakticky zastaví.

s periferním oběhem souvisí s funkcemi srdce. Proto se jím budeme zabývat již zde.

Když u zdravého člověka srdeční výdej námahou vzroste až pětkrát, musí tomu průtok krve věnčitými cévami odpovídat. Může dosáhnout hodnot dokonce 400 ml/100 g/min, jaký mají už jen ledviny – ty ovšem ne pro metabolické nároky, nýbrž kvůli tvorbě moči. Zvýšení průtoku věnčitými cévami při zátěži (*koronární rezerva*) je způsobeno jejich okamžitým rozšířením na látkový podnět produktů metabolismu. Touto autoregulací je zajištěno rychlé přizpůsobení průtoku aktuálním potřebám srdce.

Věnčité tepny se svými větvemi zanořují do stěny srdce, kde se rychle rozdělí až do husté sítě vlásečnic. Z nich se krev sbírá žilním systémem a značně odkysličená vyvěrá v pravé síni. To, co tento oběh zásadně odlišuje od ostatních, je charakter průtoku. Ve stěně levé komory (a na tu připadá větší díl koronárního oběhu) se řečiště každým stahem myokardu a tlakem krve v dutině komory komprimuje a tok krve se po dobu systoly přerušuje (obr. 18). Pulzní průtok cévní stě-

nu enormně mechanicky zatěžuje, zvláště je-li krevní tlak trvale zvýšen (hypertenze).

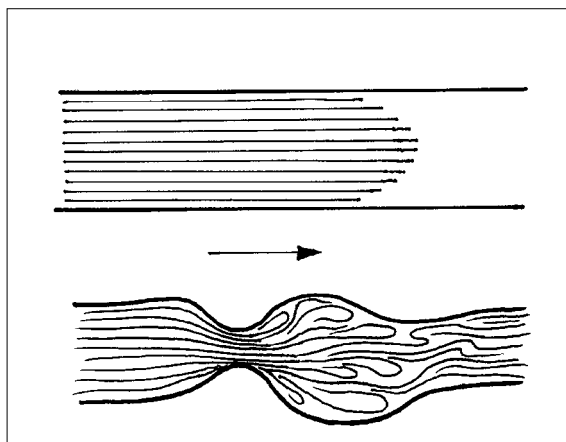
Není divu, že koronární oběh představuje v lidské populaci mimořádně zranitelné místo, vezmeme-li do úvahy, že s věkem tepny ztrácejí svou pružnost a průměrná doba života se zřetelně prodlužuje (o 30 roků za 150 let!). Přes polovinu všech úmrtí v rozvinutých zemích má příčiny kardiovaskulární. Z toho je většina důsledkem tzv. ischemické choroby srdeční, která vzniká na podkladě aterosklerózy věnčitých tepen. Ateroskleróza postupně omezuje koronární, a tím i celkovou srdeční rezervu (angina pectoris) a může končit uzavřením cévy trombem (infarkt myokardu). Medicína dosáhla na tomto poli v posledních padesáti letech obrovského pokroku. Lidé dnes umírají spíše dlouho po prvních příznacích ischemické choroby, pozvolna, na chronické srdeční selhávání. Odbočili jsme poněkud více na truchlivější stránku medicíny, ale jen proto, že choroby srdce a mezi nimi především ischemickou chorobu, lze do značné míry zdravým způsobem života preventivně ovlivnit.

## 7. Tepenné řečiště – konflikt zájmů

Přestože srdce vypuzuje do oběhu krev přerušovaně, pulzně, tok cévami je plynulý. Umožňuje to výrazná elasticita aorty a velkých, z aorty odstupujících cév. Nárazem krve, vypuzené komorou, se stěna těchto cév rozeprve. Jakmile začne komora ochabovat, elastické stěny aorty se začnou smršťovat. Tím zabrání rychlému poklesu tlaku a proudu krve, jaký by nastal v rigidní trubici. Elastickému úseku tepen se pro jeho vlastnosti říká *pružník*. Další úsek představují tepny, kterými se krev rozvádí na větší či menší vzdálenost až k jednotlivým orgánům. Proud krve je zde v podstatě laminární, v jakýchsi vrstvách, přičemž ve středu cévy je nejrychlejší (obr. 19). Proto se také nejvíce formovaných elementů ocitá v ose proudu. V místě náhlého zakřivení cévy nebo vytvoří-li se například aterosklerotickým procesem v cévě překážka, proudění se změní na turbulentní, vířivé. Céva je pak mechanicky více namáhána a také se tu snadněji krev sráží.

Na úrovni orgánů se tepny větví, a přitom jich na krátkém úseku výrazně přibývá a zmenšuje se jejich lumen. Cévy s průměrem pod 0,1 mm, tepénky neboli *arterioly*, mají poměrně silnou vrstvu hladkého svalstva, která udržuje značný stálý tonus. Krevní tlak tu zcela zákonitě jeví největší pokles (obr. 20). Tento úsek cévní soustavy znamená pro tok krve nejpodstatnější část periferního odporu, a proto se označuje jako *odporové řečiště*. Pro své vlastnosti je toto řečiště též předurčeno k tomu, aby průtok a tlak byly regulovány právě zde.

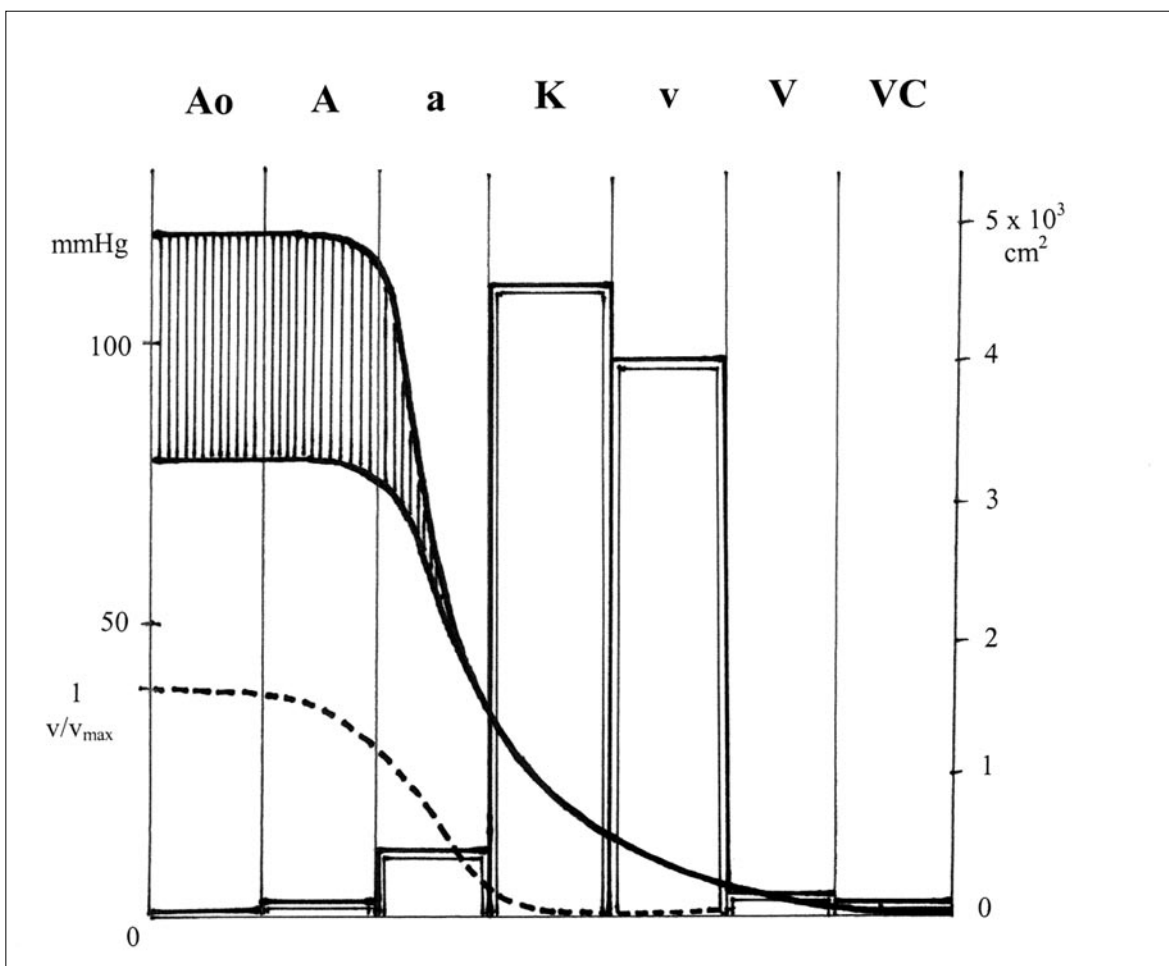
Vztah mezi odporem (R), tlakem (P) a průtokem



Obr. 19. Schéma laminárního proudění v normální cévě (nahore) a turbulentního proudění způsobené stenózou (dole). Za stenózou se jím zpravidla vytvoří výduť (tzv. poststenotická dilatace).

(Q) je obdobou Ohmova zákona:  $Q = P \cdot R^{-1}$ . Podle jiného fyzikálního zákona, Poiseuilleova, je odpor trubice, kladený toku kapaliny, nepřímo úměrný čtvrté mocnině poloměru trubice (vedle délky trubice a viskozity, ale to jsou veličiny stálé). Změní-li se například poloměr cévy dvakrát, průtok se změní šestnáctkrát. To znamená, že již malá změna lumina vede ke značným změnám průtoku.

Každý orgán má na oběh požadavky jiné a u většiny orgánů navíc v čase různě proměnné. Je proto přirozené, že průtok krve jednotlivými orgány je v první řadě řízen individuálně, na místní úrovni. Základní mechanismus tohoto řízení je prostý. Hladký cévní



Obr. 20. Celkový průřez, krevní tlak a rychlost proudu krve v jednotlivých úsecích periferní oběhové soustavy. V arteriolách (odporových cévách) tlak a rychlost proudu na krátkém úseku velmi rychle klesá a rozdíly mezi systolickým a diastolickým tlakem se vyhlazují. Nejvíce krve je v každém okamžiku v kapacitních cévách, žilkách a žilách.

sval je citlivý na produkty látkové přeměny, jako jsou  $\text{CO}_2$ , ionty vodíku, draslíku, adenosin a další. Když přívod krve přestává stačit momentálnímu výkonu orgánu, tyto produkty se hromadí ve větším množství, cévy dilatují a proud krve se zvětší. To je *metabolická autoregulace* oběhu. V poslední době se intenzivně studuje další signální molekula, oxid dusnatý (NO). Vytváří jej cévní výstelka, pokud cévou protéká krev. Působí místní relaxaci buněk hladkých svalů, a tím udržuje v cévách dostatečný průsvit. Když proud krve poklesne nebo když je endotel porušen, obnažené a vlivu NO zbavené hladké svaly se na podnět celé řady signálních molekul kontrahují a céva se z oběhu vyřadí. Cévy reagují i na další biologicky aktivní působky (jako histamin, bradykinin, serotonin, prostaglandiny, prostacykliny, endoteliny atd.), které upravují cévní lumen spíše regionálně, než striktně lokálně.

V orgánech s konstantním přísunem krve, jako

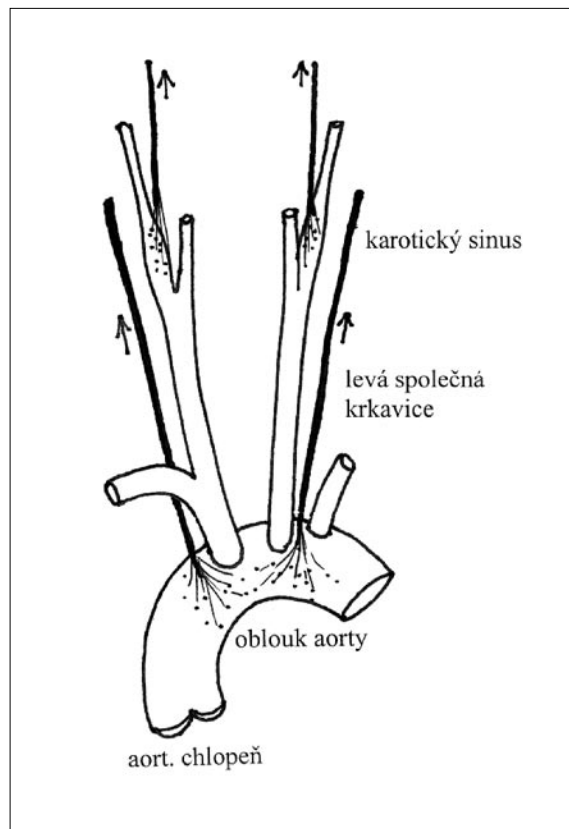
je mozek nebo ledviny, se uplatňuje ještě další řízení tonu hladkého cévního svalu. Nemá-li se při nějakém zvýšení tlaku také zvýšit průtok, průsvit cévy se musí zmenšit. Děje se tak *myogenní autoregulací*. Spočívá v tom, že rozepnutím cévní stěny vzroste v buňkách hladkých svalů vodivost kanálů pro vápník, v důsledku toho se zvýší tonus svalu a výsledkem je vazokonstrikce. Zkrátka, průtok krve je důsledkem rovnováhy mezi spoustou vlivů – jak vazokonstrikčních, tak vasodilatačních, jejichž poměr se neustále podle okolností mění. Smyslem těchto regulací je, aby každá tkáň dostávala právě tolik krve, kolik je nutné, a o nic víc.

Proudění krve potřebuje nejen otevřené lumen cév, ale také tlak jako hybnou sílu. Krevní tlak však závisí na odporu periferních cév, který je též úměrný průsvitu cév, ale nepřímo (a to, jak jsme již uvedli, čtvrté mocnině poloměru). To jsou zdánlivě protichůdné požadavky. Avšak zatímco průtok je řízen

hlavně lokálně, podle potřeb každého orgánu zvlášť, tlak je pro celou oběhovou soustavu jednotný a je řízen systémově. Jestli se vasodilatací někde na tlaku ubere, musí se mu jinde vasokonstrikcí přidat a naopak. V principu jsou dva způsoby takového celkového řízení: fylogeneticky starší, pomalejší látkové řízení a vysoce výkonné a rychlé řízení nervové. Nervové (reflexní) mechanismy mají hlavní úlohu v okamžitém řízení krevního tlaku. Humorálně se spíše nastavuje určitá úroveň krevního tlaku v ruce s regulací objemu cirkulujících tekutin (viz níže).

Krevní tlak je součinem srdečního výdeje a celkového periferního odporu. Obě složky jsou ovládnuty autonomním nervovým systémem. Má komponentu budivou, stimulační – *sympatikus*, která se uplatňuje za tělesné práce (odtud název ergotropní systém). Druhá je tlumivá, inhibiční – *parasympatikus*, která převažuje v klidu, při anabolických, trofických dějích (proto trofotropní systém). Primární aktivita (tonus) obou systémů je koordinována z oběhových center v mozku. Sem přicházejí informace především o krevním tlaku z takzvaných *baroreceptorů*. Jsou to zakončení dostředivých nervů v rozšířené, ztenčené části krkavice (sinus caroticus) a v oblouku aorty (obr. 21). Toto umístění není náhodné. Receptory střeží tlak na strategicky nejvhodnějším místě, bezprostředně před vtokem krve do mozku, který je ze všech orgánů na konstantní přívod krve nejcitlivější. Baroreceptory vysílají neustále do mozku nervové impulsy (akční potenciály). Podle jejich frekvence, na tlaku závislé, se z centra vysílají odstředivé impulsy – povel – jednak k srdci, jednak k cévám. Právě pro nerozlučnost nervového řízení srdce a cévní soustavy pojednáváme o obou současně až nyní.

V klidu je srdce pod převládajícím vlivem parasympatiky. Srdeční frekvence se tak udržuje na nízkých hodnotách, kolem 70 tepů za minutu. Když se krevní tlak náhle sníží (jako je tomu například zcela běžně při přechodu z polohy vleže do polohy vstaje), frekvence dostředivých impulsů klesne a aktivita tlumivých signálů vysílaných z centra se potlačí. Srdce na to odpoví zvýšením srdeční frekvence a souběžně i stažlivosti. Tím vzroste také srdeční výdej, jedna ze dvou determinant krevního tlaku. Za tělesné námahy jsou změny srdeční frekvence výraznější a setrvalejší. Tonus parasympatiky prakticky úplně vymizí a podle úrovně zatížení se přidává budivý tonus sympatiky. Srdeční frekvence vzroste, ale protože je pod stálou barorecepční kontrolou, změna je – alespoň u zdravé-

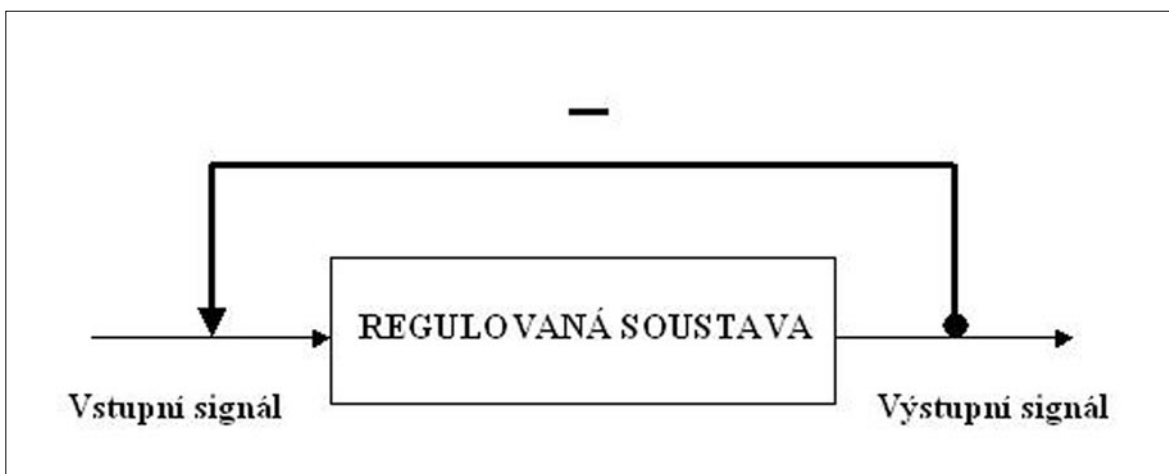


Obr. 21. Hlavní barorecepční oblasti jsou karotický sinus a oblouk aorty. Odtud se vedou dostředivými vlákny hlavových nervů nervové impulsy do oběhových center mozku.

ho člověka – vždy přiměřená nárokům tkání na zásobení krví.

Signály z oběhového centra se cestou sympatiky dostávají také k odporovým cévám a způsobí vasokonstrikci, vzroste tak odpor a tím i druhá determinanta tlaku. To se však týká pouze tepének v těch orgánech, které nejsou momentálně činné a nejsou pod vlivem lokální metabolické autoregulace (tedy především splachnického a kožního řečiště). Z toho plyne, že baroreflexní řízení se v každém okamžiku stará jednak o to, aby se systémový tlak udržoval na přiměřené výši a jednak, aby se krev redistribuovala tam, kde je jí zapotřebí, na úkor orgánů neaktivních. (Když se barorecepční reflex nějak opozdí, mozek nedostane svůj díl krve a dojde k mdlobám.) Při vzestupu tlaku má baroreflexní řízení opačný průběh s tím rozdílem, že cévy nemají parasympatickou inervaci a dilatace je odkázána na pokles sympatického tonu a na pestré látkové řízení, o němž už byla řeč. Vedle baroreceptorů se na řízení tlaku do jisté míry podílejí také receptory citlivé na nedostatek  $O_2$  a nadbytek  $CO_2$ .





Obr. 22. Princip záporné zpětné vazby, stabilizující regulovanou soustavu.

Tato chemorecepce je jeden z článků, které propojují funkce oběhové a respirační. V obou případech jsou to typické regulace zápornou zpětnou vazbou: odchylka na výstupu regulované soustavy se přivádí na její vstup s opačným znaménkem. Je to obecný princip, kterým se udržuje stabilita systému (obr. 22).

Oběhové centrum integruje též signály z periferie s informacemi, které dostává z nadřazených oblastí mozkových. Proto se vzrušení, různé emoce (zejména pocit ohrožení) nebo jakýkoli náznak očekávaného tělesného zatížení projeví zvýšeným krevním tlakem a srdeční frekvencí, subjektivně bušením srdce, zrudnutím v obličeji, popřípadě zblednutím a podobně.

Nervové řízení oběhových funkcí je ještě pojištěno látkově. Dřeň nadledvin vylučuje při aktivaci sympatiku do krevního oběhu hormon *adrenalin*. Je to látka velice podobná noradrenalinu, který se vylučuje na zakončeních sympatiku jako chemický přenašeč signálu (mediátor, transmitter). Také účinky obou látek jsou velmi podobné. Nepřekvapuje to, protože dřeň

nadledvin se ve fylogeneze vyvíjí jako součást sympatického nervového systému. Adrenalin se v poslední době stal velice populárním pro návykové sporty se sebevražednými rysy.

Těžko přehledná řada působků a regulačních vlivů, jakou jsme viděli u krevního oběhu (a to zdaleka nebylo vše), není nic výjimečného. Prakticky na každé funkci v živém organismu se jich podílí vždy několik. Zpravidla vedle hlavního, vůdčího a nejnápadnějšího principu se uplatňují mechanismy druhotné či skryté. Jsou to podle všeho výsledky pokusů přírody, které byly evolucionálně překonány, ale neztratily se. Zachovávají si jistou úlohu, buď dílčí, lokální, nebo pomocnou, modulační, která se může někdy naplno projevit teprve za extrémních situací, když hlavní aktér nestačí nebo vypoví službu. To, co se může na první pohled jevit jako chaos, je ve skutečnosti důsledek selekčních tlaků, kterými se procesy v biologických soustavách během evoluce ekonomizovaly a optimalizovaly.

## 8. Výměnné a žilní řečiště – splnění úkolu a návrat

Na tepenné řečiště navazuje oblast těch nejmenších cévek, *kapilár* (vlásečnic), kde konečně krev splní své hlavní poslání – odevzdat kyslík a živiny tkáním a odvést zplodiny látkové přeměny. Výměna se děje na obrovské ploše, úhrnem dvě třetiny hektaru. Lumen vlásečnic je 5–8  $\mu\text{m}$  a to znamená, že tudy červené krvinky musí procházet jedna za druhou, husím pochodem.

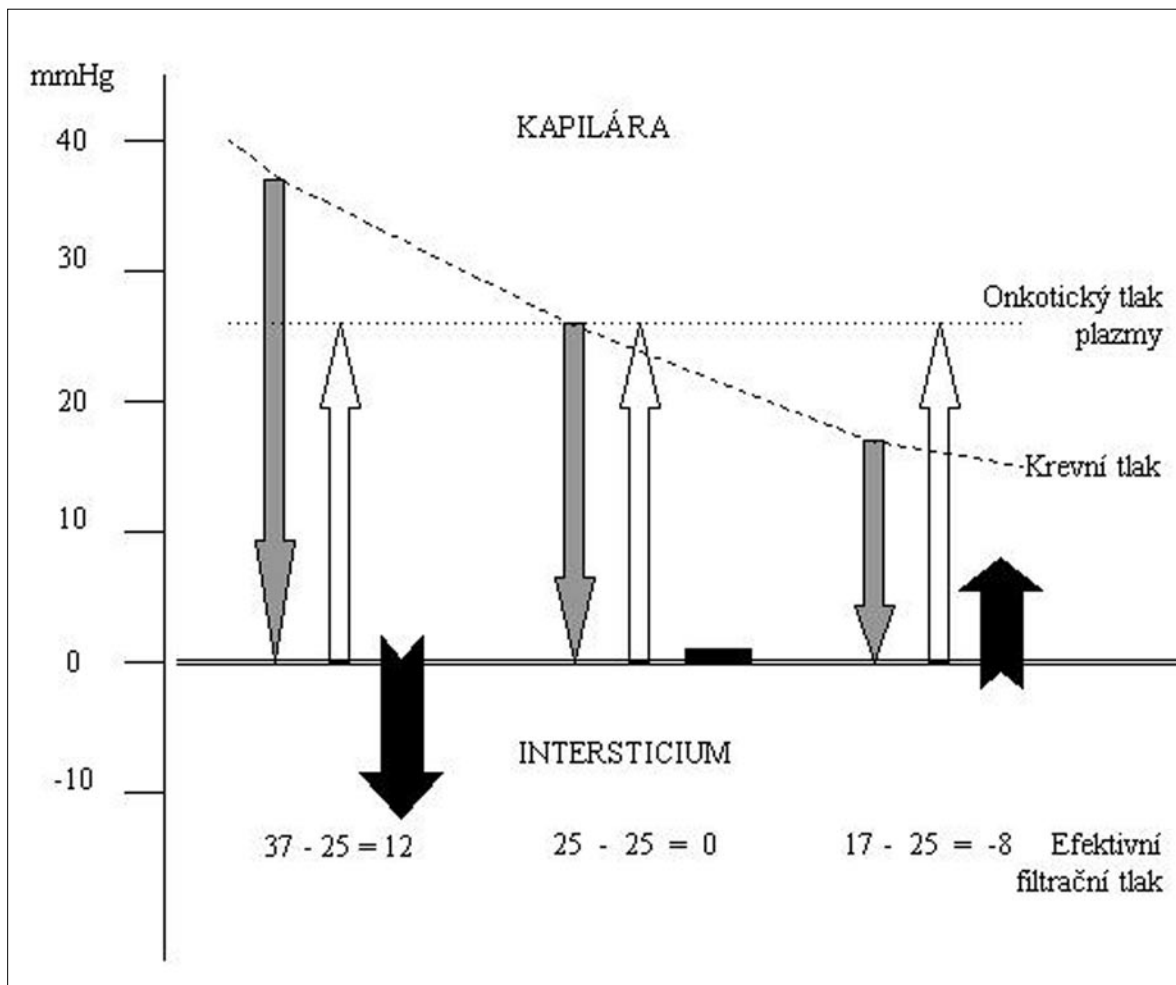
Vlásečnice mají vedle výměny plynů, která se děje prostou difuzí po koncentračním spádu ( $\text{O}_2$  se odevzdává a  $\text{CO}_2$  se přijímá), jedinečnou úlohu v tvorbě a resorpci *tkáňového moku*, tekutiny vyplňující mezibuněčné prostory. Děje se tak filtrací, jež je výsledkem tlakového spádu mezi začátkem a koncem kapiláry a rozdílu v osmotickém tlaku plasmu, která obsahuje bílkoviny a tkáňového moku, který je postrádá. Na začátku kapilár je hydrostatický tlak vyšší než osmotický tlak bílkovin (onkotický tlak). Výsledná filtrace proto směřuje z kapilár a tkáňový mok se tu tvoří (obr. 23). Na konci kapilár hydrostatický tlak již natolik poklesl, že jej onkotický tlak převyšuje a filtrační síly obrací směr. Tkáňový mok se vstřebává. Porušením těchto přesně vyvážených poměrů dochází k otokům, ať už je to pro vyšší hydrostatický tlak v žilním systému nebo pro úbytek bílkovin v krevní plasmě (otoky z hladu).

Je s podivem, že stěna vlásečnic, tvořená jedinou vrstvičkou endotelových buněk, odolá – zejména na svém počátku – hydrostatickému tlaku přes 30 mmHg (a v ledvinách ještě mnohem víc). Je to dáno již zmi-

něným fyzikálním principem (Laplaceův zákon). Z rovnice  $P = T \cdot h \cdot r^{-1}$  plyne, že při nepatrném poloměru céva snadno vzdoruje poměrně velkému tlaku i při minimální tloušťce a aniž by musela vyvinout zvláštní napětí stěny.

Návrat krve žilami do srdce není tak jednoduchý, jak by se mohlo zdát na první pohled. Je výsledkem vzájemného působení mnoha různých sil. První z nich je gravitace. Zatímco vestoje usnadňuje tok žilní krve z horní poloviny těla, z dolní poloviny a z dolních končetin návratu krve citelně brání. Vleže nehraje roli. Překonávat gravitaci pomáhají svaly, které svou kontrakcí krev v žilách stlačují a žilní chlopně pak proud krve usměřují k srdci (svalová pumpa). Návratu krve do srdce přispívají také dýchací pohyby. Za vdechu se rozpětím hrudníku snižuje nitrohrudní tlak, ten se přenáší na velké žíly a průtok jimi se urychlí. Konečně i samo srdce k žilnímu návratu napomáhá svým dílem. Během systoly komor se poněkud zkrátí jejich podélná osa a navíc se síňokomorové chlopně vtáhnou stahem papilárních svalů směrem do komor. Tím poklesne tlak v síních, jež se proto snadněji plní (viz obr. 15).

Celý žilní systém, počínaje nejmenšími žilkami a velkými dutými žilami konče, má velmi poddajnou stěnu. To znamená, že může v případě nutnosti uskladnit značný objem krve. Proto se žilám říká *kapacitní cévy*. Krevní rezervoár se samozřejmě může podle potřeby na podnět nervového systému konstrikcí žil také vyprazdňovat. Uplatňuje se to zejména na počát-



Obr. 23. Starlingovy síly. Tvorba tkáňové (intersticiální) tekutiny je výsledkem dvou protichůdně působících sil: hydrostatického tlaku krve a koloidně-osmotického (onkotického) tlaku plazmy. Efektivní filtrační tlak je pozitivní na začátku kapilár a tkáňová tekutina se tvoří, na konci je negativní a tkáňová tekutina se resorbuje.

ku tělesné zátěže, kdy je třeba oběh co nejdřív urychlit. Aby okamžité zvýšení srdeční frekvence nevyznělo naprázdno, komory musí mít co čerpat. Konstrikce žil

v součinnosti se svalovou pumpou tento požadavek promptně splní.

## 9. Malý oběh – velký pán

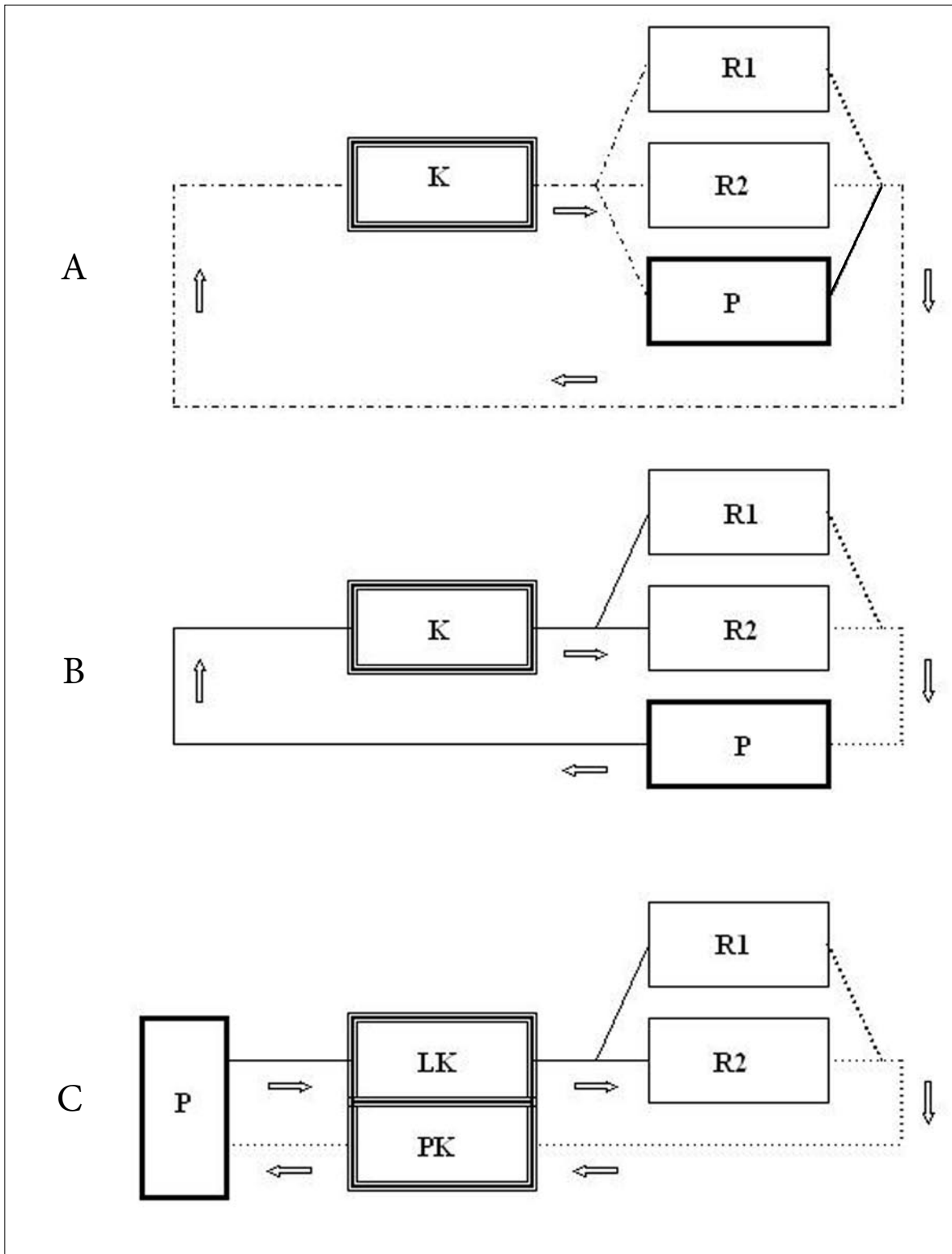
Plicní neboli malý oběh se v evoluci obratlovců vyvíjel postupně z řečiště, zapojeného s ostatními řečišti paralelně (obr. 24). To však znamenalo, že srdce – původně jednokomorové – dodávalo na periferii smíšenou, nedostatečně okysličenou krev. Rostoucí nároky si vyžádaly osamostatnění plicního oběhu (poprvé u obojživelníků) a posléze (u teplokrevných živočichů) dovybavení pravou komorou jako pomocným čerpadlem, zapojeným v sérii. Tím se dosáhlo plného okysličení krve dodávané orgánům a navíc ve stejném objemu, jako čerpá hlavní, levá komora. Kdyby při sériovém zapojení jedna z komor měla jiný výdej, vedlo by to okamžitě k městnání a otoku před méně výkonným oddílem. (Ve skutečnosti levá komora čerpá asi o 2–3% krve víc, protože žilní krev z bronchiálního řečiště se vrací do levé síně a plicní oběh tak obchází.)

Plicní oběh se od velkého, tělního oběhu podstatně liší, v první řadě tím, že je téměř jednoúčelový. Slouží výměně plynů difuzí, která na krevním tlaku nijak nezávisí. Odpor řečiště je proto velmi malý a pravé komoře stačí vyvinout mnohem menší tlak, aby dosáhla stejného výdeje jako levá. Filtrační tlak je v plicním oběhu tak malý, že se tu tkáňový mok tvoří v zanedbatelném množství. Objeví-li se, znamená

to závažný chorobný stav (plicní hypertenze, plicní edém).

Plicní oběh je také významně regulován, ale oproti velkému oběhu tu jsou zásadní rozdíly. Na rozdíl od velkého oběhu, kde se při nedostatku  $O_2$  (a hromadění  $CO_2$ ) cévy rozšiřují, aby se výměna plynů upravila, plicní řečiště se chová právě opačně. Když ve sklípčích některé části plic poklesne ventilace a v důsledku toho i parciální tlak kyslíku, cévy se stáhnou a průtok se omezí. Krev se tak přirozeně přesměruje do dobře provzdušněných oblastí plic. Otázka mechanismu tohoto pozoruhodného řízení není definitivně vyřešena. Zjevně se tu uplatňují produkty cévní stěny i intersticia.

Je zajímavé, že podobný způsob řízení cévního průsvitu je také v placentě. Podobnost je zcela přirozená: placenta nahrazuje plodu prozatím nefunkční plíce a malý oběh. Při narození dítěte se však musí plicní oběh od základu během několika sekund transformovat. Do této chvíle kolabované, plodovou vodou naplněné plíce se při prvním nádechu rozvíjejí, tím dosud vysoký odpor krevnímu toku klesne a krev začne naplno proudit plícemi, namísto pro fetální oběh typickými zkraty mezi pravým a levým srdcem.



Obr. 24. Schéma fylogeneze plicního oběhu (P). A – původní paralelní zapojení s ostatními orgánovými řečišti (R1 a R2). Nevýhodou je to, že okysličená krev (plnou čarou) se míší s odkysličenou (tečkovaně) a tuto smíšenou krev jediná komora (K) dodává orgánům. (Oběh u lidského plodu je principiálně podobný s tím, že funkci plic zastává placenta.) B – Serializací se plicní oběh osamostatňuje a tkáně dostávají krev plně okysličenou. C – Plicní oběh je vybaven pomocným čerpadlem – pravou komorou (PK).

## 10. Orgánová řečiště – rozmery zákazníkú

Z rozdílných nároků jednotlivých orgánů na přísun krve vyplývají rozdíly jak v morfologii, tak ve funkci jejich cévních řečišť (tab. I). Orgány, které si nárokují pouze přívod kyslíku a živin a odplavení metabolitů,

mají řečiště *nutritivní*. Patří k nim srdce, o jehož oběhu jsme již stručně pojednali, kosterní svaly a mozek. U dalších orgánů oběh plní ještě další úlohy a jeho řečiště se označuje jako *funkční*.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
	<b>ml/100g/min</b>	<b>% SV</b>	<b>+ max</b>	<b>- max</b>
<b>srdce</b>	<b>80</b>	<b>5</b>	<b>300</b>	<b>0</b>
<b>mozek</b>	<b>50</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>kost.sval</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>1500</b>	<b>0</b>
<b>GIT</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>150</b>	<b>50</b>
<b>ledviny</b>	<b>300</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>50</b>
<b>kůže</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1000</b>	<b>75</b>

Tab. I. Tabulka ilustruje hlavní rozdíly v průtoku krve nejvýznamnějšími orgánovými řečišti. První tři jsou nutritivní, ostatní jsou funkční. A – základní, klidový průtok v ml na 100 g tkáně za minutu. B – procentuální podíl klidového průtoku na srdečním výdeji. C – procentuální přírůstek průtoku krve orgánem při jeho maximální činnosti. D – krajní procentuální snížení průtoku při kompenzaci zvýšeného průtoku v jiném, činném orgánu. Tabulka mj. ukazuje, že srdce a mozek se takto altruisticky nemohou chovat a dále to, že obrovský průtok ledvinami je bez rezerv.

Krevní průtok kosterními svaly je v klidu poměrně malý (3ml/100g/min), ale vzhledem k masě svalstva se podílí na celkovém srdečním výdeji dvaceti procenty. Ovšem za tělesné námahy může průtok vzrůst až dvacetinásobně. Toto obrovské zvýšení je způsobeno jednak uvolněním prekapilárních svěračů, které v klidu většinou uzavírají vstup do vlásečnic, jednak dilatací arteriol. Podílí se na tom nejen všudypřítom-

ná metabolická autoregulace, ale také vliv sympatiku, který se vždy aktivuje při tělesné zátěži a za nejrůznějších stresových situacích. Avšak cévy kosterních svalů reagují právě opačně než v jiných orgánech proto, že jsou vybaveny jiným typem receptorů pro noradrenalin a adrenalin. Umožňuje to zvýšit průtok svaly ještě před započítím zátěže, současně se zvýšením tepové frekvence a krevního tlaku (předstartovní stav).

Pro dodávku krve do mozku je charakteristická stálost. Nervová tkáň je k nedostatku kyslíku (hypoxii) nejcitlivější ze všech, pět minut bez krevního průtoku znamená pro neurony nevratné poškození. Ve dne v noci stálý průtok je dán systémovým tlakem, udržovaným hlavně reflexy z baroreceptorů. Jak ukazují moderní zobrazovací metody, celkový tok krve mozkem je sice stálý, avšak permanentně je přesměrováván do těch oblastí, které jsou momentálně činné. Řízení je obvyklé, místními metabolity. Zvláštností mozkových cév je jejich výstelka, která je těsná a ve spojení s nervovou glií (to jsou zvláštní podpůrné buňky v centrální nervové soustavě) tvoří takzvanou *hematoencefalickou bariéru*, nepropustnou pro většinu látek v krvi rozpuštěných. Prochází jí jen plyny a voda. Ionty a živiny (z velké části glukóza) se dostanou do tkáňového, v tomto případě mozkomíšního, moku jen specifickými transportními mechanismy. Zbývá dodat, že mozek si odebírá 15 % klidového srdečního výdeje, ačkoli tvoří jen 0,5 % tělesné hmotnosti.

U dalších tří řečišť je vyživovací, nutriční funkce jen vedlejší. Jejich dominantní úlohou je krevní zásobení orgánu vzhledem k jeho funkci. Nejrozsáhlejší z nich je oběh zažívacím traktem, splachnický neboli portální (od vena portae, žíla vrátnicová). Jeho anatomickou zvláštností je to, že krev prochází dvěma kapilárními řečišti za sebou. První je ve stěnách trávicí trubice, kde se živiny vstřebávají do krve, a druhé v játrech, kde se jako v nějaké chemické továrně tyto živiny zpracovávají. Játra dostávají vrátnicovou žílou krev již znavenou uvolnitelného kyslíku, musí se jim proto přivádět zvlášť samostatným nutričním oběhem – jaterní tepnou (viz obr. 3). Po vydatném jídle, tak typickém pro český oběd, dochází ve splachnické oblasti (na podnět celé řady specifických humorálních působků) k mohutné vasodilataci a oběh se tu může zvýšit vzhledem ke klidové hodnotě na lačno (20 % srdečního výdeje) až dvaapůlkrát. Při tělesné zátěži naopak průtok krve útroby klesá téměř na polovinu. Výrazná vasokonstrikce je vyvolána aktivací sympatiku, nervového systému odpovědného za všechny vegetativní reakce provázející fyzickou námahu, mezi jinými též za vasodilataci v kosterních svalech. Oba protichůdné efekty mají společný význam pro organismus jako celek. To, že je má na svědomí

tentýž systém, je umožněno dvojím typem receptorů pro sympatickou signalizaci. Každý z nich na stejný zevní podnět potome spustí v příslušných buňkách jinou kaskádu biochemických pochodů s diametrálně odlišnými fyziologickými výstupy.

Další krevní řečiště se zcela specifickými rysy je ledvinné. Ledvinami protéká více méně konstantní objem krve, přes jeden litr za minutu (to je hodnota srovnatelná s průtokem všemi kosterními svaly). Pod poměrně velkým tlakem se tu nejprve v glomerulech, jakýchsi modifikovaných kapilárách, filtruje z plasmy primární moč (kolem 180 l denně), aby se vzápětí v druhé kapilární síti vše kromě odpadních látek a malého množství vody opět vstřebalo. Řízení krevního toku je tu velmi komplexní (tak jako je složitá i morfologie ledvin); uplatňuje se tu celé spektrum mechanismů, s nimiž jsme se již setkali a k některým dalším se ještě dostaneme v souvislosti s řízením objemu cirkulujících tekutin.

Třetí z velkých speciálních oběhů je kožním řečištěm. Na něm jsou nejlépe patrné souvislosti krevního oběhu s emocemi. Do obecného jazyka vešlo: „zrudl vztekem“, „krve by se nedořezal“, „zbledl závistí“ jako průvodní jevy stresových situací. Hlavní úkol kožního řečiště spočívá v řízení stálé tělesné teploty (termoregulaci). Při látkové přeměně vzniká v těle jako odpadní forma energie značné množství tepla, které se musí odvést, aby nedošlo k přehřátí organismu. Na druhé straně v chladnějším prostředí ztráty tepla (vedením, sáláním, odpařováním) ohrožují optimální a úzkostlivě střeženou teplotu těla, kolem 37 °C. Regulace vydávání tepla kůže se děje změnami náplně cév, které transportují mimo mnohé jiné také teplo. Vasodilatací (kterou provází též pocení) se může prokrvení kůže zesáternásobit. Vasokonstrikcí, při níž se též otevřou zkraty mezi malými kožními artériemi a žilkami, se průtok omezuje až na 20 %, a ztráty tepla se tak minimalizují. Při velké tělesné zátěži se dostává do rozporu potřeba urychlit kožní i svalový oběh současně. Utažení opasku splachnickému řečišti nestačí. V takové situaci nezbyvá než udržet systémový krevní tlak alespoň na omezenou dobu kompenzační vasokonstrikcí v ledvinách. Čtenář již jistě pochopil, proč je kondiční běh na deset kilometrů v parném létě po tučném obědě zhoubná kombinace.

## 11. Objem krve – přísně střežený objekt

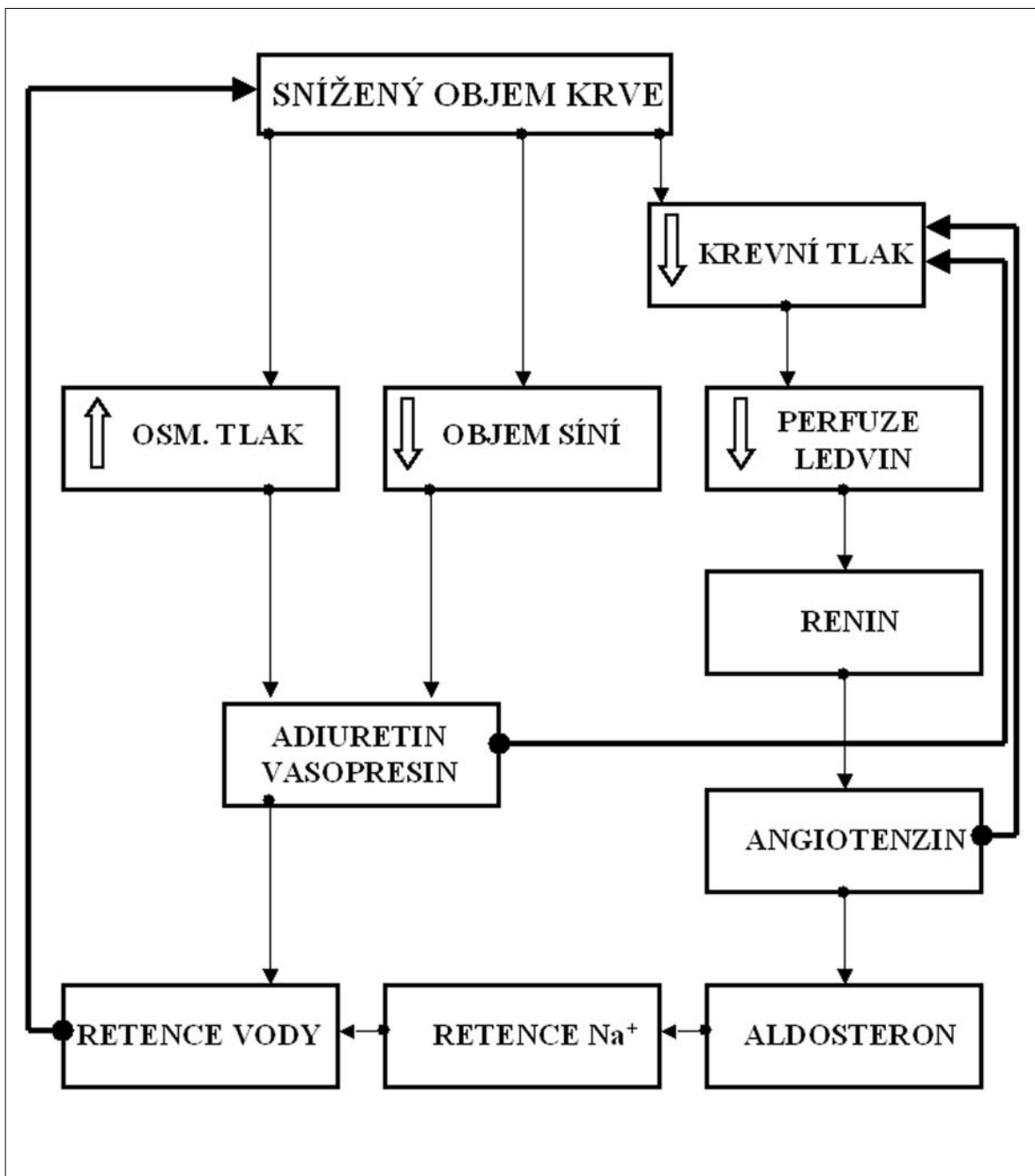
Při výkladu o tlaku a průtoku krve cévami jsme dosud neuvažovali o celkovém objemu cirkulující krve. Je to veličina podléhající mnoha proměnným vlivům: příjem vody je nepravidelný a v kolísajícím množství, ztráty vody pocením závisí na okolní teplotě, mění se ztráty vody močí a stolicí i celou řadou sekretů. Objem cirkulujících tekutin závisí rovněž na množství krve zadržované v reservoárech (žilní řečiště, játra, plíce). Přitom je to veličina pro stálý krevní tlak – a homeostázu organismu vůbec – zcela zásadní. Musí být spolehlivě regulována kontrolními mechanismy, založenými na principu záporné zpětné vazby. Změny objemu krve jsou detekovány *volumoreceptory* v poddajných stěnách síní a velkých žil. *Osmoreceptory* v mezimozku jsou zase citlivé na změny osmotického tlaku krevní plasmy. Všechny dostředivé informace jsou integrovány v centrální nervové soustavě (hypotalamu) a odpovědí je látkový povel výkonným orgánům. Při vzestupu osmotického tlaku plasmy se z neurohypofýzy uvolní hormon *adiuretin*, který v ledvinných tubulech zvýší zpětné vstřebávání vody. Tím se osmotický tlak plasmy upraví. Tento hormon účinkuje rovněž vasokonstričně (jiné jméno je proto vasopresin) a napomáhá normalizovat krevní tlak po ztrátě tekutin (obr. 25).

Významná recepční oblast se rovněž nachází v ledvinách, jejichž funkce je na objemu cirkulujících tekutin bezprostředně a kriticky závislá. Jedna drobná skupina buněk, citlivá na pokles koncentrace sodíku v primární moči (což je sekundární projev snížení

krevního průtoku), reaguje tím, že vyloučí hormon *renin*. Ten je signálem pro tvorbu dalšího hormonu, *angiotenzinu*, látky s vůbec nejmohutnějším presorickým účinkem. Organismus se tím snaží zachránit průtok krve ledvinami. Ale angiotenzin má další, možná ještě významnější účinek. Spustí vylučování *aldosteronu*, hormonu kůry nadledvin, který mocně povzbudí ledviny k vstřebávání sodíku, a ten pak osmoticky zadrží vodu. Tento mechanismus je sice komplikovaný, ale tak účinný, že může přestřelit. Tehdy vstoupí do hry další hormon (*natriuretin*), který zvýšeným vyloučením sodíku v ledvinách nerovnováhu upraví. Tvoří se v buňkách srdečních síní, které svou poddajností jsou předurčeny k zachycení objemových změn krve. Zdrojem hormonů nemusí být tedy jen žlázy s vnitřní sekrecí. Dnes chápeme hormony obecně jako signální molekuly, které se dostávají ke svému adresátovi cestou krevního oběhu.

Systém renin-angiotenzin-aldosteron je v posledních letech studován do velkých podrobností, poněvadž se jeví jako velmi významný faktor v lidské patologii. To však vyvolává otázku, k čemu se tak komplikovaná a až přehnaně účinná regulace v evoluci vyvinula. Nejspíš se to ukázalo být nejrychlejším mechanismem, napravujícím důsledky v živočišné říši zcela fyziologického děje, ztráty krve (viz stať o krvácení). Slabinu má v tom, že reaguje jen na nepřímý indikátor ztráty krve a může být lehce ošálen, například selháním srdce. A tehdy začíná bludný kruh, který už na štěstí současná medicína umí také rozetnout.





Obr. 25. Blokové schéma regulační odpovědi na snížený objem cirkulující krve. Vždy dojde k retenci vody, ať je ztráta tekutin provázána zvýšením osmotického tlaku nebo není. K těmto reakcím patří ještě žízeň a příslušná změna chování.

## 12. Slovo závěrem

Pokusili jsme se stručně převyprávět jednu kapitolu z fyziologie člověka. Mnohé bylo nutné zjednodušit a kvůli srozumitelnosti i pominout. Museli jsme přitom řadu věcí promýšlet z trochu jiného pohledu, než na jaký jsme zvyklí. Nechtěli jsme se příliš spoléhat na obvyklé předpoklady studia lékařské fyziologie, totiž biofyziku, obecnou biologii a biochemii, o oborech morfologických ani nemluvě. Nezbylo než rezignovat na úvodní stať o obecných fyziologických principech, které jsou jen v naprosto nezbytné míře zařazeny přímo do textu. Takřka jsme se nedotkli molekulární fyziologie, na kterou se v poslední době soustřeďuje největší pozornost badatelů. Úmyslně jsme se nepouštěli na pole patologické fyziologie.

Měli jsme v úmyslu hlavně poukázat na spletnost dějů, jejich řízení, překrývání, synergismy a kompetice a přitom naznačit jejich biologický smysl. Bez vzorů jsme se ujali tohoto pilotního úkolu, jsouce povzbuzováni zkušeností s recentní výukou posluchačů antropologie. Jevili se nám vždycky jako velice vnímaví a plni opravdového zájmu. Přáli bychom si, aby je tento spisek podnítil ke studiu i dalších kapitol fyziologie, které pro ně snad někdo (a lépe) napíše s takovým zaujetím, jako bylo to naše.

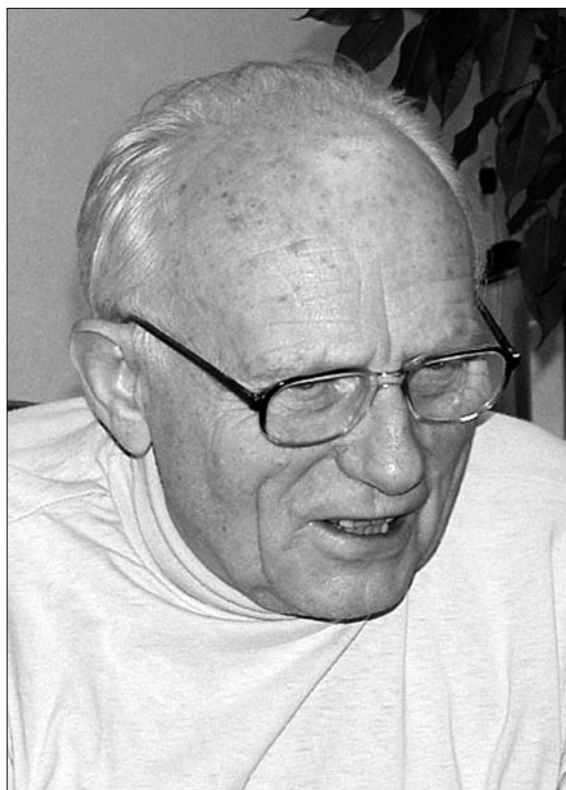
Na úplný závěr chceme upřímně poděkovat za pečlivé pročtení našeho textu a řadu cenných připomínek (jež jsme rádi akceptovali) naší kolegyni profesorce MUDr. Nataše Honzíkové, CSc.



## 13. O autorech

### 13.1. Profesor MUDr. Pavel Bravený, CSc.

**Bravený Pavel** (25. 1. 1931, Brno), profesor MUDr., CSc., fyziolog, žák a spolupracovník prof. Vladislava Kruty. Habilitoval se pro obor lékařské fyziologie v roce 1969, v letech 1972 až 1989 vědecký pracovník, 1982 až 1986 působil jako profesor na Lékařské fakultě v Kuvajtu. Od roku 1990 profesor a vedoucí Fyziologického ústavu Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně (do roku 1995), proděkan, děkan, předseda Akademického senátu Lékařské fakulty Masarykovy univerzity (1989–1992), prorektor Masarykovy univerzity pro vědeckovýzkumnou činnost (v letech 1992–1998). Ve svém oboru, fyziologii srdce, publikoval více než 170 odborných prací a dvě monografie. Zabývá se též historiografií oboru a ve spoluautorství se Zdeňkem Francem publikoval knižní portréty dvou významných osobností české fyziologie: *Edward Babák* (1997), *Vladimír Kruta* (2000). Je autorem více než sta popularizačních a příležitostných článků. Pro edici *Panoráma biologické a sociokulturní antropologie (viz)* napsal (s Marií Novákovou) 29. svazek *Fyziologie krevního oběhu (čtení pro posluchače antropologie a jiné)*. Rovněž je činný výtvarně, představil se na pěti samostatných výstavách. Čestný člen České lékařské společnosti J. E. Purkyně, Československé kardiologické společnosti, České fyziologické společnosti (jejímž byl v letech 1969–1972 vědeckým sekretářem), laureát Ceny Nadace Universitas Masarykiana pro rok 1996. Kontakt: Prof. MUDr. Pavel Bravený, CSc., Fyziolo-



Obr. 26. Profesor MUDr. Pavel Bravený, CSc.

gický ústav Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně, Komenského náměstí 2, 662 43 Brno, e-mail: braveny@med.muni.cz.

## 13.2. Doc. MUDr. Marie Nováková, Ph.D.

**Nováková Marie** (14. 3. 1965, Vyškov), doc., MUDr., Ph.D., fyzioložka, žačka a spolupracovnice profesora Pavla Braveného. V roce 1989 promovala v oboru všeobecné lékařství na Lékařské fakultě UJEP (Masarykovy univerzity) v Brně, v roce 1997 obhájila pod vedením profesora Pavla Braveného a profesorky Yael Eilam z Hadassah Medical School Jerusalem disertační práci na téma *Srdeční sigma receptory*. Od roku 1989 působí na Fyziologickém ústavu Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně, nejprve jako asistentka, od roku 1992 jako odborná asistentka a od roku 2004 jako docentka. V letech 1992–1993, 1996 a 1997 pracovala v Hadassah Medical School, Hebrew University Jerusalem, Izrael. Od roku 1999 je členkou Akademického senátu Lékařské fakulty Masarykovy univerzity. K jejím vědeckým zájmům patří modulace srdeční kontraktility, srdeční sigma receptory, experimentální metodiky v základním kardiologickém výzkumu a biomedicínské inženýrství. Postgraduální studium ukončila v roce 1997 a habilitovala se v roce 2004. Od roku 1998 byla a je řešitelkou či spoluřešitelkou čtyř grantových projektů. Doposud publikovala více než 25 odborných prací a šest pedagogických textů. Pro edici *Panoráma biologické a sociokulturní antropologie* (viz) napsala (s Pavlem Braveným) 29. svazek *Fyziologie krevního oběhu (čtení pro posluchače antropologie a jiné)*. Je členkou České lékařské společnosti J. E. Purkyně, České fyziologické společnosti a členkou mezinárodního výboru Komise Experimentální Kardiologie, pracovní skupiny České kar-



Obr. 27. Docentka MUDr. Marie Nováková, Ph.D.

diologické společnosti. Kontakt: Doc. MUDr. Marie Nováková, Ph.D., Fyziologický ústav Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně, Komenského náměstí 2, 662 43 Brno, telefon: 549 49 5931, e-mail: majka@med.muni.cz.

## 14. Zaostření problému

### 14.1. Pavel Bravený: Srdce, vápník a čas

(Český překlad úvodníku „Heart, calcium and time“ v *Experimental and Clinical Cardiology*, 7, 1; 3–6. 2002.)

Lidské srdce učiní během života téměř tři miliardy stahů. V každém cyklu spotřebuje energii z asi 300 mg ATP (1). Z toho přibližně čtvrtinu je zapotřebí na transporty vápníku přes buněčné membrány. To znamená, že jen na tyto procesy je během života nutné srdci dodat na dvacet vagonů plně naložených ATP.

Tento udivující údaj je úměrný úloze vápníku jako ústředního faktoru ve sprázení podráždění (depolarizace) a kontrakce. Vápníkový iont je aktivátorem přeměny chemicky vázané energie na mechanickou ve všech typech stažlivých struktur od mikrofilament po žíhané svaly. Tím, že aktivuje fosforylaci proteinkináz, ovlivní také celou řadu dalších procesů: metabolismus, růst, vývoj a dokonce apoptózu.

Nabízí se otázka, čím je vápník predeterminován k univerzální úloze v přenosech signálů. V biologických systémech je vápník provázen fosforem – začasť i hořčíkem jako kofaktorem – a ovlivňuje jeho vazby, ať makroergní acyl fosfátové či fosfoesterické. Vápník je výjimečně reaktivní prvek, vždy připravený tvořit nejrůznější kovalentní a koordinační vazby s širokým spektrem vlastností.

Evoluční podmínkou pro to, aby se vápník stal obecným aktivátorem, byla jeho relativní hojnost a stálost v zevním prostředí. Tato podmínka byla

přirozeně a dokonale splněna v původním mořském prostředí. Vícebuněčné organismy tu udržovaly vnitřní vápníkové prostředí na konstantní úrovni kalcitoninem, hormonem vápník odstraňujícím. U suchozemských živočichů bylo naopak třeba hormonu vápník v organismu šetřícího a tím se stal parathormon.

Další podmínkou byl vznik mechanismů, které minimalizují bazální cytosolickou koncentraci vápníku. Jednak proto, aby se zamezilo jeho nežádoucím reakcím, jednak aby na místě, kde vápník účinkuje bylo dostatečně kontrastní pozadí. Skutečně od počátků evoluce buňky vyvíjely účinné mechanismy kontroly vápníku. Pravděpodobně první z nich byly proteiny tzv. typu „E-F hand“ (2), schopné vápník koordinačně vyvázat a snadno jej zase uvolnit. Nejznámější z těchto bílkovin je kalbindin v hladkém svalu střev a trojice typická pro sval: troponin C, kalmodulin a myosinový lehký řetěz (který však později schopnost vázat vápník pozbyl) (2).

Daleko účinnější způsob jak buněčný vápník kontrolovat, je z cytosolu jej rovnou odstranit. V závislosti na činnosti ubikvitární Na-K ATPázy (sodíko-draslíkové pumpy) je vápník odstraňován z buněk výměnou za sodík v poměru 1 : 3 sodíko-vápníkovým antiportem (NCX). Jiný, podobně konzervativní mechanis-

mus je sarkolemální Ca-ATPáza, která však má v srdci význam jen podružný.

Uvedené dva mechanismy dokonale vyhovují pomalému vápníkovému obratu v hladkých svalech, ale nestačí rychle se kontrahujícím svalům kosterním. U nich se současně s organizací stažlivých bílkovin do sarkomer za vývoje objevilo objemné endoplasmatické retikulum (sarkoplasmatické retikulum, SR). Obsahuje, zejména v podélné části Ca Mg ATPázu (SERCA), příbuznou vápníkové pumpě v povrchové membráně. Vzhledem k stochiometrii vápníkového transportu je třikrát účinnější než NCX (3). Součinností těchto procesů se udržuje klidová cytoplazmatická koncentrace vápníku na hodnotách pod  $10^{-7}$  mol/l, to je o čtyři řády nižší, než je koncentrace vápníku v mimobuněčné tekutině (a rovněž v SR).

Funkční komplement odstraňování vápníku z buňky je vtok (influx) vápníku, který nese do buňky signál pro stah. Nejprimitivnější, fylogeneticky nejstarší způsob je obrácení směru transportu Na-Ca výměníkem NCX. U savčího myokardu, podobně jako u všech vzrušivých buněk, se však hlavní vtok vápníku do buňky děje specifickým, napětově řízeným kanálem (pro pracovní myokard je typický typ L), zvaným také dihydropyridinový receptor podle látky, která se na něj váže a blokuje jej. Je nejdokonalejší ze všech známých membránových kanálů a stojí na konci jejich vývoje. Jeho hlavní funkční podjednotka, alfa 1, má podobně jako je tomu u sodíkového kanálu čtyři domény, každou se šesti transmembránovými smyčkami a napětový senzor. Na rozdíl od sodíkového kanálu má ještě nejméně tři další podjednotky a několik fosforylačních míst na C terminálu (4). To z něj činí nejen napětově, ale i látkově (receptorově) řízený kanál. Nicméně, u kosterního svalu jeho schopnost transportovat vápník pro adekvátní zásobení buněk nestačí. Naštěstí se s vývojem SR, které vápník akumuluje, svalu dostalo mohutného intracelulárního zdroje, z něhož se může uvolnit a spustit řetězec dějů končící stahem.

Vápník se z tohoto zdroje uvolňuje cestou kanálů, lokalizovaných v té části retikula, jež přiléhá k T-tubulům, výchlípkám povrchové membrány. Mají tetramerickou strukturu s obrovskou cytoplasmatickou doménou, která obsahuje asociované, vápník vázající bílkoviny (například kalsekvestrin) a řadu modulačních proteinů (například FKBP.12.6) (5). Celý komplex má 2400 kDa a je proto tak velký, že byl nejprve objeven elektronopticky. Nazývá se zpravidla ryano-

dinový receptor (RyR) po experimentálně užívaném alkaloidu, který tento kanál blokuje. V kosterních svalech pravděpodobnost jeho otevření výrazně vzrůstá při depolarizaci povrchové membrány, to znamená, že má vlastnost napětově řízeného kanálu.

Vápníkové proudy přes povrchovou membránu hladkého svalu kvantitativně dostačují procesu spřažení excitace a kontrakce. Proto tento proces může být přímo řízen jen elektrickým signálem a nabídkou vápníku buňce zvenčí. Jak již bylo řečeno, mohutně se kontrahující kosterní sval si vynutil evoluční adaptaci, která spočívá v úplné internalizaci vápníkového obratu. Přes 99% vápníku recirkuluje mezi retikulem a cytosolem. Spřažení excitace a kontrakce tu může být úplně nezávislé na regulovaných tocích vápníku přes povrchovou membránu, protože síla a trvání stahu je řízeno prostorovou a časovou sumací.

Myokard, který slouží rytmicky činné pumpě, vyžaduje podobně jako kosterní sval rychlé, silné a stupňovatelné kontrakce, ale nemá možnost užít zmíněné dva typy neuromuskulární kontroly. V procesu evoluce se v srdci teplokrevných živočichů vyvinul systém vápníkového obratu či cirkulace, který je kombinací vnějšího mechanismu, příznačného pro hladké svaly a vnitřního mechanismu, jaký mají kosterní svaly. Během každého srdečního cyklu se SR částečně doplňuje vápníkem právě pronikajícím do buňky zvenčí membránovým kanálem, ale hlavně vápníkem, který aktivoval předchozí stah, byl retikulem resorbován a je k dispozici pro další aktivaci kontraktilního aparátu.

Vápníkový obrat má v srdci tři zcela jedinečné rysy. Za prvé, napětová citlivost RyR je potlačena (ale ne úplně – 6) a nahrazují ji vápníkové ionty, které právě vtékají do buňky (tzv. vápníkem indukované uvolnění vápníku – 7). Za druhé, uvolněné množství vápníku, a tím velikost kontrakce, závisí na autoregulovaných proměnách jeho disponibilního množství, typicky při změnách srdeční frekvence (8). Za třetí, při protažení sarkomer se zvyšuje citlivost troponinu C k vápníku, což zčásti vysvětluje Starlingův princip (9).

Pro způsob, jakým srdeční sval zachází s vápníkem nejsou charakteristické jen jeho kompartmenty, transportní mechanismy a koncentrace, ale také ústřední parametr srdečních funkcí, čas. Vápník je v neustálém pohybu a v každém okamžiku se jeho koncentrace v okolí povrchové membrány, v cytosolu, v podélném a junkčním retikulu mění. Mluví-li se o buněčné koncentraci vápníku, je to vágní termín, pokud se nedefi-

nuje kde a v jaké fázi cyklu.

Do úvahy je třeba vzít i to, že srdeční cyklus zahrnuje vedle kontrakce a relaxace také často přehlížený interval mezi stahy. Pro každou z těchto fází je typický jiný soubor dějů. Ty, které provázejí kontrakci – akční napětí, vápníkový influx a uvolnění vápníku ze SR – jsou autoregulovány, zpravidla zápornou zpětnou vazbou aktuálního (tj. systolického) cytosolického vápníku (eventuálně v komplexu s kalmodulinem) (10).

Pro druhou fázi, relaxační, je typické rychlé odstranění vápníku z cytosolu. Začátek relaxace je přitom zhruba synchronizován s repolarizací membrány. Je to fyziologicky nesmírně důležité, protože na frekvenci závislé zkrácení akčního napětí zkrátí nejen refrakterní dobu, ale i celý kontrakčně-relaxační cyklus – a to znamená relativní prodloužení doby plnění komor krví. Hlavní úlohu v relaxaci svalu má SERCA, která je pod tlumivým vlivem fosfolambanu (11).

Třetí fáze se navenek nijak neprojevuje, ani elektricky, ani mechanicky. Pokračující sekvestrace vápníku retikulární pumpou (SERCA) a eflux vápníku z buňky antiportem (NCA) udržují klidovou koncentraci  $Ca^{2+}$  velmi nízkou i přes jisté úniky po koncentračním spádu do buňky. Je zřejmé, že interval mezi stahy rozhoduje o poměru influxu a efluxu vápníku. Prodlouží-li se, převládne eflux, celkový obsah vápníku v buňce se sníží a síla kontrakcí poklesne. Zkrácení intervalu má pochopitelně opačný účinek (tzv. frekvenční efekt).

Přestože je krátce po skončené relaxaci aktivační vápník zase zpět v retikulu, pro nové uvolnění a stah ještě není k dispozici. Schopnost stáhnout se se obnovuje poměrně velmi pomalu (mechanická restituce – 12). Zpočátku se na tomto opoždění může podílet obnova vodivosti RyR kanálu. Ale restituce je příliš pomalá, v síních může trvat až minutu. Tato pomalá obnova stažlivosti byla interpretována poněkud mechanisticky a zřejmě zjednodušeně jako přesun  $Ca^{2+}$  z toho oddílu, kde se činností SERCA resorbuje, do junkčního retikula, kde se nalézá RyR a  $Ca^{2+}$  se uvolňuje do cytosolu (8). Tato translokace by podle výpočtů měla trvat jen několik milisekund (3), ale to platí pro volné ionty. Jenže v retikulu, stejně jako v cytosolu, se vápník může vázat na celou kaskádu proteinů (například kalsekvestrin, kalretikulin). Postupná obnova disponibilního vápníku by tedy mohla souviset s časově náročnější sekvencí jeho vazeb a disociací. V soulase s touto hypotézou je variabilita a energetická závislost uvolněné frakce retikulárního vápníku

(13). V každém případě se uvolnitelnost  $Ca^{2+}$  jeví jako víc než pouhá fyzická přítomnost v junkčním kompartmentu SR.

Cytosolický vápník je nejen autoregulován stah od stahu, ale podléhá též dlouhodobé regulaci. Fyziologicky nejvýznamnější je sympatická stimulace. Noradrenalinem jako přenašečem se signál dostává k membránovým beta-receptorům a dále cestou  $G_s$  proteinu, adenylcyklázy a cyklického adenosin monofosfátu k proteinkináze A, která fosforyluje (a tím aktivuje) řadu kroků vápníkového cyklu (2). Roste pravděpodobnost otevření vápníkového kanálu jak na povrchové tak na retikulární membráně (RyR). Fosforylací fosfolambanu se zmenší jeho tlumivý vliv na SERCA. Růst srdeční frekvence, nejmarkantnější účinek sympatické stimulace, již zmíněným způsobem přispěje ke zvýšení obsahu buněčného vápníku. Trvání akčního napětí se zkrátí jednak fosforylací chloridového kanálu (14), jednak autoregulačním působením zvýšené koncentrace vápníku na draslíkové kanály. Fosforylace troponinu I snižuje citlivost troponinu C k vápníku. Navíc se aktivuje další signální dráha, počínající vazbou noradrenalinu na alfa receptor a končící tvorbou inositoltrisfosfátu, který usnadňuje uvolnění vápníku z retikula. Souhrou všech těchto dílčích účinků jediného mediátoru, noradrenalinu, sympatická stimulace vyústí do pozitivně chronotropního, inotropního a lusitropního efektu, jinými slovy zvýší se srdeční frekvence, stahy jsou silnější a rychlejší a diastolický tonus klesne. Srdce se lépe plní krví a dokonaleji se také vyprázdní.

Řízená rovnováha myokardiálního vápníku předpokládá normální metabolismus a nepřerušenu dodávku energie. Jako děje k metabolickému stresu nejcitlivější se ukazují ty, které udržují bazální (diastolickou) koncentraci vápníku v cytosolu na velmi nízké hodnotě. Proto se v důsledku ischemie cytosol vápníkem rychle přeplní a mitochondrie je z nouze začnou akumulovat. To však interferuje s již beztak narušenou tvorbou energie a ve vzniklém bludném kruhu se všechny srdeční funkce začnou rychle hroutit. Srdce nedokáže plně relaxovat, diastolický tonus roste a protože sekundárně klesne i obsah retikulárního vápníku, postupně klesá i systolická kontrakční síla.

Stejně jako je tomu u ischemické choroby srdeční, také dosavadní teorie chronického srdečního selhání dospívají k problému vápníkového obratu a rovnováhy na buněčné úrovni. Ze všech zúčastněných dějů se zdá být nejzranitelnější SERCA (15). Genová exprese



této přetížené makromolekuly jakoby se vzdávala boje a ustává. Její nedostatečnost kompenzuje přehnaná exprese a zvýšená aktivita NCX (16). Tím se buňka vrací zpět k primitivnějšímu a méně účinnému fetálnímu (a fylogeneticky nejstaršímu) typu udržování bazální cytosolické koncentrace vápníku. Bludný kruh se tak jen utvrdí. K tomu se přidá arytmogenní vliv vybičované elektrogenní směny  $\text{Ca}^{2+}$  (NCX). Vznikají tzv. pozdní následné depolarizace a arytmie spušteného typu (17).

I přes čtyři desetiletí neklesajícího zájmu badatelů (stojí za zmínku, že první číslo tohoto časopisu bylo uvedeno přehledem o vápníkovém obratu v srdci – 18) a navzdory moderním, sofistikovaným metodám, nejsou všechny spletitosti a nejasnosti vápníkového ekvilibria beze zbytku objasněny. Nejméně se přiroze-

ně ví o těch metodicky nejnepřístupnějších procesech, odehrávajících se uvnitř sarkoplasmatického retikula. Stále zůstává otázkou podstata uvolnitelného vápníku a kvantifikace různých pufrovacích systémů.

Chceme-li získat objektivnější obraz funkční architektury vápníkového obratu, vztahů mezi jeho jednotlivými dílčími procesy a jejich hierarchie na molekulární, buněčné a orgánové úrovni, je nezbytné – ale ne vždy se tak děje – analyzovat tuto oblast ve vztahu k časové dimenzi: milisekundové u otevírání a zavírání iontových kanálů či tvoření aktomyosinových vazeb, sekundové u všech procesů bezprostředně vázaných na srdeční cyklus, minutové při nastavování úrovně autoregulací. Je třeba mít na paměti procesy adaptivní povahy, které trvají týdny, ontogenetické roky a evoluční po miliony roků.

## Literatura

1. Boraso A. Why is reduced heart rate beneficial? *Dialogue Cardiovasc Med* 2001;6:19–24.
2. Katz AM. *Physiology of the heart*. 2nd edn. New York: Raven Press, 1992.
3. Bers DM. Calcium fluxes involved in control of cardiac myocyte contraction. *Circ Res* 2000;87:275–81.
4. Varadi G, Mori Y, Mikala G, Schwartz A. Molecular determinants of  $\text{Ca}^{2+}$  channel function and drug action. *Trends Pharmacol Sci* 1995;16:43–9.
5. Marks AR. Cardiac intracellular calcium release channels. *Circ Res* 2000;87:8–11.
6. Ferrier GR, Howlett SE. Cardiac excitation-contraction coupling: role of membrane potential in regulation of contraction. *Am J Physiol* 2001;280: H1928–44.
7. Fabiato A. Rapid ionic modifications during the aequorin-detected calcium transients in skinned canine cardiac Purkinje cell. *J Gen Physiol* 1985;85:189–246.
8. Edman KAP, Jóhansson M. The contractile state of rabbit papillary muscle in relation to stimulation frequency. *J Physiol (Lond)* 1973;254:565–81.
9. Hibberd MG, Jewell BR. Calcium and length-dependence force production in rat ventricular muscle. *J Physiol (Lond)* 1981;329:527–40.
10. Eisner DA, Choi DS, Diaz ME, O'Neill SC, Trafford AW. Integrative analysis of calcium cycling in cardiac muscle. *Circ Res* 2000;87:1087–94.
11. Tada M, Katz A. Phosphorylation of the sarcoplasmic reticulum and sarcolemma. *Annu Rev Physiol* 1982;44:401–23.
12. Kruta V, Bravený P. Rate of restitution and self-regulation of contractility in mammalian heart. *Nature* 1963;197:905–6.
13. Overend CL, Eisner DA, O'Neill SC. Altered cardiac sarcoplasmic reticulum function of intact myocytes of rat ventricle during metabolic inhibition. *Circ Res* 2001;88:181–7.
14. Tominaga M, Horie M, Sasayama S, Okada Y. Glibenclamide, an ATP-sensitive  $\text{K}^+$  channel blocker, inhibits cardiac cAMP-activated  $\text{Cl}^-$  conductance. *Circ Res*. 1995;77:417–23.
15. Periasmy M, Huke S. SERCA pump level is a critical determinant of  $\text{Ca}^{2+}$  homeostasis and cardiac contractility. *J Mol Cell Cardiol* 2001;33:1053–63.
16. Pogwizd SM. Increased  $\text{Na}^+$ - $\text{Ca}^{2+}$  exchanger in the failing heart. *Circ Res* 2000;87:641–3.
17. Schotthauer K, Bers DM. Sarcoplasmic reticulum  $\text{Ca}^{2+}$  release causes myocyte depolarization. *Circ Res* 2000;87:744–80.
18. Dhalla NS, Wang X, Beamish RE. Intracellular calcium handling in normal and failing hearts. *Exp Clin Cardiol* 1996;1:7–20.





Adolf Born, *Pravá ledvina*, 1996, pastel, 42x29 cm. Ilustrace povídky Jaroslava Maliny *Pravá ledvina*. In: Malina, Jaroslav, *Světová katastrofa a jiné povídky s neblahým koncem*. Brno: Nakladatelství Georgetown – Nakladatelství a vydavatelství NAUMA, s. 90.

## 15. Rozvolnění problému

### 15.1. Jaroslav Malina: Pravá ledvina

(ze sbírky *Světová katastrofa a jiné povídky s neblahým koncem*, 1996)

Vedle úctyhodné řádky vědeckých a vědecko-naučných prací má v tvůrčích aktivitách profesora Jaroslava Maliny (narozen 11. 4. 1945) své významné místo i tvorba beletristická. V knize *Světová katastrofa a jiné povídky s neblahým koncem* z roku 1996 si bere na mušku pseudovědce a šarlatány různého druhu, kteří zaplavují dnešní svět a někdy ani nepotřebují zvláštní vynalézavosti, aby zmanipulovali člověka toužícího překonat úzkost ze života a smrti. Tento rozměr Malinovy prózy odpovídá jeho širokému odbornému a kulturnímu rozhledu a zároveň dokládá, že nepropadl jednostrannosti vědecké vášnivosti, nezkaženě v zájmu o petroarcheologii ani neustrnul na popisném bádání o parametrech „pračlověka“ a jeho kultury. Jeho pozornost sociokulturního antropologa platí druhu *Homo sapiens* na prahu třetího tisíciletí, především jeho emancipaci, tj. osvobození od nevědomosti, pokrytectví a nehorázných lží. V nezadržitelném moderním vývoji lidstva začíná v intelektuálním světě převládat technická specializace nad humanitním směrem, technokratická společnost usiluje o sebevědomou vládu nad přírodou a některé negativní projevy tohoto vývoje Malina postihuje s jemnou ironií a moudrým vtípem, neboť ví, že cesta humoru je podnětná. Přednosti jeho literární metody hodnotí literární teoretik a kritik prof. PhDr. Ivo Pospíšil, DrSc.,

slovy: „*Malinovy povídky mají jakoby ‚skládankový‘ charakter: v povrchové vrstvě se setkáváme s dobře známou sémantikou navozující určité žánrové povědomí (science fiction, tzv. vědecká povídka apod.). V další vrstvě je toto povědomí rozkládáno a měněno metatextovými prvky, které původnímu žánrovému povědomí nastavují ironické zrcadlo. Další vrstva vytváří z těchto antitez překvapivou syntetickou pointu. A souběžně s tím jsou zde další miniroviny, textové reminiscence, parodie názvů a titulů obecně známých, víceméně známých či známých jen zasvěcenému okruhu čtenářů (něco jako tradiční román a clef). V tomto smyslu jsou Malinovy povídky pozvolna se rozevírající strukturou, stejně jako nějaká počítačová hra, která pokračuje tak, jak je odhalován její algoritmus“ (Pospíšil 1996).*

Jaroslav Malina uplatňuje ve svém díle bohaté životní zkušenosti, aniž pozbývá mladého zaujetí pro hledání pravdy o člověku. Důkazem toho je i jeho autorská a editorská práce na projektu *Kruh prstenu: Světové dějiny sexuality, erotiky a lásky od počátků do současnosti v reálném životě, krásné literatuře, výtvarném umění a dílech českých malířů a sochařů inspirovaných obsahem této knihy*, tedy díle o lásce, k němuž dal podnět patrně jeho román *Amor: Počítačový systém k automatickému generování milostných scén* z roku 1993. Amor je důmyslně zkonstruovaný a bri-

lantně napsaný příběh zachycující vznik a počáteční (ne)úspěchy počítačového systému AMOR určeného k automatické tvorbě milostných scén – k účelům původně literárním, posléze i sociálně terapeutickým. V postavách několika odborníků (fyzika Chomského, antropologa Benešovského, archeologa Hubáčka, psychologa Radocha a literáta Grose), kteří postupně vývoj systému AMOR konzultují s jeho tvůrci – dvěma mladými vědeckými pracovníky –, jsou v psychologické drobnokresbě zobrazeny typy, s jakými se v nějaké konkrétní variaci setkal snad každý, kdo kdy o nějakou vysokou školu zavádil.

Originální nápaditostí, pozorovacím talentem, rozumovým úsudkem, intuicí a obratným zacházením s češtinou se vyznačují Malinovy detektivní příběhy *Smrt profesora a jiné příběhy z univerzitního prostředí* (1997). Příběhy se odvíjejí v posledních letech předlistopadové doby a spojuje je postava archeologa Lukáše, působícího na „nejmenované“ moravské vysoké škole. V prvním příběhu *Velkomoravská náušnice* jde o komplikovanou aféru kolem padělání drahocenných šperků z velkomoravské doby, ve druhém příběhu *Mrtvý z Tollundu* se Lukáš na stáži ve Spojených státech stává

svědkem vraždy v prostředí modelu experimentální paleoindiánské vesnice a ve třetím příběhu *Smrt profesora* jsou s velkou dávkou přímočarosti zachyceny dusné poměry na univerzitě: spory o hodnosti, publikace a stáže, vědecké mafie v těchto půtkách působící ... Čtvrtý, nejrozsáhlejší příběh *První pozemšťan* zachycuje vzrušující objev v jeskyni Krápník, který rozčeří hladinu poměrně jednotvárného života na archeologickém nalezišti. Je možné, že by člověk anatomicky moderního typu žil před skoro dvěma miliony let? Nebo že by člověk starší doby kamenné byl přece jenom ovlivňován jakousi mnohem inteligentnější mimozemskou civilizací? Jde o převratný nález, nebo o geniální podvrh? A než může věda problém posoudit a vyřešit, dojde na archeologické základeně k tragédii. Smrt za podezřelých okolností záhadu násobí. Z cenného objevu mohl leckdo těžit a jiní mu v tom mohli překážet. Nedozírné stáří geologických a archeologických vrstev se tu konfrontuje s lidskými vášněmi – byť též věkovitými jako lidstvo samo.

Následující ukázka představuje povídku *Pravá ledvina*, která je zařazena ve sbírce *Světová katastrofa a jiné povídky s neblahým koncem* (1996).

## Pravá ledvina

Irena Mrázová byla v mé poradně počtvrté. Doporučil ji její soused a můj kamarád ze sauny Tomáš Mlejnek, který rodinu Mrázových léta zná. Paní Mrázové bylo přes čtyřicet. Vypadala na svůj věk dobře, a sama si myslela, že vypadá ještě mnohem lépe a hlavně mladě. Podávala ruku trochu zvláštním způsobem, pokaždé jsem si musel všimnout laku na nehtech bez sebemenšího škrábnutí. Snaha o dokonalost byla až přehnaná, kdyby jí trochu ubrala, nabyl by její vzhled mladistvé svěžesti, po které tolik toužila a která jí očividně chyběla. Jak by se asi tvářila, kdyby jí to někdo řekl. Úsilí o dokonalost určitě vyžadovalo značnou námahu a nepochybně jí zabíralo hodně času – navíc k starostem o domácnost, vilu, zahradu a dvě dorůstající děti. Přes všechnu úpornou snahu zakrýt začínající vrásky drahou kosmetikou, vypadala unaveně a ustaraně. A svými projevy dávala najevo nespokojenost. Doslova z ní čísel. Příčinou byl manžel. Vystudoval dálkově techniku a jako strojní inženýr působil na stavbách v zahraničí. To znamenalo pro rodinu dům, luxusní zařízení, ale také odcizení, které vyvrcholilo v manželskou krizi.

Paní Mrázová se posadila proti mně do ošoupaného křesílka. Nabídl jsem jí kávu. S milým úsměvem souhlasně pokývla, ale když otvírala kabelku, chvěly se jí ruce a do tváře se vrátil ustaraný výraz. Zdvořile mi kávu oplatila dlouhou chesterfieldkou, přestože z předchozích návštěv věděla, že jsem nekuřák.

„Ještě pořád nekouřím, zůstávám při starém. Ale co je u vás nového?“ Neodpustil jsem si jemné rýpnutí. Ze zkušenosti jsem však věděl, že je ani nepostřehne, a musel jsem jí dát příležitost, aby se mohla vymluvit. Chtěla ode mne radu a pomoc, avšak od počátku byla rozhodnutá: nebude dál žít, jak žila, k tomu už nemá sílu, nikoho nemá, ale se svým mužem se rozvede, stejně se pořád jenom hádají, kvůli všemu, dokonce i před dětmi. Pepík se při každé sebemenší nesrovnalosti sebere a odejde pracovat na zahradu nebo do garáže anebo do dílničky. Přijde pak až v deset večer, pustí si televizi a není ochoten o ničem diskutovat. Od všech problémů se distancuje a nechce je řešit. Všechno musí udělat ona. Než se Pepík vrátil z posledního zahraničního pobytu, vyměnila všechn nábytek, nechala vytapetovat a natáhnout všude nové

koberce, barevnou televizi jí zapojili na poslední chvíli, musela si kvůli tomu vzít dva dny dovolené, a pak ještě náhradní volno, aby jim mohli včas přivést sedací soupravu, dokonce kvůli požadovanému odstínu jela až do Znojma. Ale on je tak nevděčný! Nová francouzská postel je pro něho nepohodlná, příliš měkká na jeho plotýnky, nehodlá na ní spát.

Podobných důvodů měla v zásobě desítky. Bylo zarážející, jak dokáže všechno obrátit proti svému manželovi. Většinou dokonce ve svůj neprospěch. Pracovala jako konstruktérka ve výzkumném ústavu, a všichni její mužští kolegové byli lepší a úplně jiní než Pepík: denně jí řeknou něco pěkného, což Pepík neudělal celých dvacet let! Přitom byla sečtělá a snad i rozumná, a já nebyl schopen objevit, z čeho její malicherné problémy vyvstávají. Nenacházel jsem důvod, proč se jí zdají tak světoborné a proč se stále vrací k věcem dávno vyřešeným a bolestínsky je kupí. A marně jsem se jí snažil přesvědčovat, že kdyby požádala o rozvod, teprve pak by jí nastaly skutečné problémy.

V duchu jsem si zrekapituloval celý případ. Paní Mrázová si zatím zapálila cigaretu, hluboce zatáhla a pomalu vyfukovala kouř. Zdálo se mi, že je dnes klidnější.

„Všechno je stále horší, pane doktore!“ zahořekovala. „Představte si, Pepík nakonec koupil Sierru červené barvy! Je to krásná jasná barva, ale my jsme celá rodina chtěli šedomodrou metalízu, i Martina a Sandru jsem přesvědčila. Jde přece o současný hit a v tuzexu ji dostali poprvé. Manžel nás však postavil před hotovou věc. Vůbec se na nás neohlížel. Argumentoval, že červená barva je na silnici bezpečnější!“

Svým horlením se rozjitřovala, nedařilo se mi přerušit tok jejích slov. Konečně si uvědomila svou cigaretu.

„Paní Ireno,“ začal jsem vemlouvavě, „vy jste taková rozumná. Nemohla byste se smířit s červenou barvou? Konečně když je docela pěkná, jak sama říkáte, a při provozu je opravdu bezpečnější, což je statisticky prokázáno.“

„My už červenou Sierru nemáme,“ mávla rukou. „Manžel ji vyměnil za šedomodrou metalízu. Ale vedoucímu jsem musela volat zase já! Díky bohu, ještě ji měli! Pan vedoucí je neobyčejně šarmantní, moc milý člověk. Když jsem mu vysvětlila náš problém, ochotně mi ji zarezervoval, než manžel přijede.“

Řeči Mrázové mě dokonale nadzvedly. Jí chybějí jedině opravdové problémy.

„Paní Mrázová!“ vyjel jsem našťavaně a varovně pokračoval. „Doma si pěkně třikrát pomalu přeříkejte, co jste mi vykládala. Manžel se odmítá s vámi dohadovat, udělá všechno, jak si přejete. Jestliže něco vykoná po svém, vy nejste spokojená. On se tedy sebere a zařídí se podle vašeho přání! To je opravdu strašné, jaký je sobec! Všechno si pěkně rozebírejte a přemýšlejte, jestli náhodou nejednáte sobecky vy! Při vši vaší práci pro rodinu.“

Zrudla, prudce zamáčkla cigaretu, vstala, otočila se ke dveřím a bez pozdravu odešla.

Vzápětí jsem svého jednání zalitoval. Zhrozil jsem se. Poprvé za celých dvanáct let praxe jsem do vztahu s klientem vložil své osobní neprofesionální pocity. Jako bych zapomněl, že paní Mrázová je pacient, dokonce dost vážný pacient: chápat nicotné malichernosti jako životní katastrofy je závažná porucha, která v případě Mrázových stejně jako zdraví pacientky ohrožuje i její rodinu, hrozí rozvratem, přestože by Mrázovi mohli žít docela spokojeně.

Nevhodná reakce na problémy klientky mě vyvedla z míry. Příčina tkví zřejmě v tom, že sám mám starosti, které nezvládám. Od podzimu, to je skoro půl roku, se necítím dobře. Nikdy mi nic nebylo, nic mě nebolelo, ani hlava, a teď mi bylo pořád zle. Úporné bolesti hlavy mě sužovaly prakticky nepřetržitě a špatně od žaludku mi bylo skoro každý den. Začalo to třeba zvečera, zčistajasna, a do rána jsem nespál. Celou noc jsem se potil bolestí a ráno jsem pak nevěděl, jestli mě bolí hlava z nevyspání nebo jestli je mi špatně od žaludku z bolení hlavy. Žena mi jednou dokonce vnuťtila jakýsi prášek, ale po něm mi bylo snad ještě hůř, malátností jsem se doslova potácel. Byl jsem přesvědčen, že brát v sedmatřiceti prášky a chodit po doktorech je hloupost. Musí to přejít samo. Bolest mě však vyčerpávala a dnešní nepřiměřená reakce byla varováním, a v mé životní filozofii způsobila trhlinu. Možná jde o maličkost, kterou spraví vhodné kapky nebo injekce. Nemá smysl trápit se a způsobovat nepříjemnosti sobě a hlavně jiným. Touto úvahou jsem se uklidnil a po dlouhé době mně bylo docela dobře.

Doma jsem své rozhodnutí vítězoslavně oznámil. Eva, která mě poslední tři měsíce k lékaři posílala nejméně dvakrát denně, kupodivu nejásala. Zkoumavě na mě pohlédla, a podobný pohled toho večera několikrát zopakovala. Asi usoudila, že je mi pořád zle.

K lékaři jsem se vydal druhý den. Bláhově jsem předpokládal, že mé potíže radikálně odstraní pár tablet nebo dvě tři injekce. Netušil jsem, že jakmi-

le jednou zaklepu na dveře ordinace, budu uchopen a z nemoci se mi stane málem životní program.

Dalšího půl roku jsem si v čekárnách a u doktorů vynahradil, co jsem dosud zameškal. Když jsem však shrnul výsledek, zjistil jsem, že o příčinách svých potíží nevím o mnoho víc, než jsem věděl na začátku. Rozdíl byl snad jedině v tom, že zatímco dřív byly moje potíže čistě soukromé a věděl jsem o nich jenom já a částečně moje žena, teď o nich bylo podrobně informováno snad deset erudovaných specialistů. Moje záznamy v kartotékách různých ambulancí a oddělení se rozrůstaly o další výsledky laboratorních testů a o záznamy z vyšetření na různých speciálních a dokonce unikátních přístrojích.

K vyčerpání z bolesti, které nepolevovaly, přibývala otupělost a únava z chození po vyšetřeních. Žena zatím nastudovala všechny možné diety a pečlivě sledovala, po kterém jídle je mi hůř a co mi naopak dělá dobře. Myslím, že by svými znalostmi o správné výživě strčila do kapsy leckterou dietní sestru. Experimentovala a snažila se, aby se i jídlo bez tuku a bez koření dalo jakžtakž jíst. Evu stála moje dieta hodně námahy a starání. Litoval jsem ji a byl jsem střídavě na sebe strašně našťvaný, že jen přidávám starosti, a střídavě jsem zase upadal do bezmocné apatie. Ocitli jsme se v začarovaném kruhu a nedokázali se z něho vymanit.

Jednou v takovém rozpoložení, kdy jsem se zase potil bolestí a Eva byla z bezmocnosti zoufalá, váhavě spustila:

„Víš, slyšela jsem ..., v Mrákotíně je nějaký bylinář. Jmenuje se myslím Mikulík. Má svou speciální bylinkovou směs... Takový zdravotní čaj. Některým lidem prý pomohl.“

Při řeči mě zkoumavě pozorovala. Věděla, co si o takových mastičkářích myslím. Byla proto prozíravě ve střehu, aby včas své návrhy zarazila. Já byl v koncích a byl bych ochoten zkusit cokoli, co dávalo alespoň špetku naděje a mohlo třeba jen náhodou pomoci.

„On je asi takový přírodní člověk.“ Když jsem neprotestoval, pokračovala důrazněji. „Zkoumá účinky všech bylinek. Zřejmě se v nich dobře vyzná, ale je patrně trochu podivín. Věří, že má v sobě zvláštní přírodní sílu. Každému se prý zadívá upřeně do očí a potom mu přejíždí kolem těla jakousi kovovou spirálkou. Říká se, že má schopnost poznat nemoc podle toho, jak se mu spirála v ruce chvěje. Pak určí dávky, kdy a kolik se má toho čaje vypít.“

Tázavě na mě pohlédla. Mlčel jsem, neměl to být

výraz nesouhlasu, zrovna jsem nemohl bolestí ani promluvit.

„Bylinky by snad v žádném případě nemohly uškodit. A proč by se v tvém případě nemohl strefit. – Najít bylinky, které by opravdu pomohly!“ řekla naléhavě.

I při té otupující bolesti jsem musel ocenit, jaký je dobrý psycholog. Dokázala odhadnout směr mých úvah a v pravé chvíli zabrnkala na strunu náhody. Jen moje dlouhé mlčení si zřejmě špatně vyložila. Znejistěla a vrátila se k původnímu opatrnému tónu.

„Vždyť i lékaři zdůrazňují, jak důležitá je správná výživa. Přiznávají, že mnohdy nedoceňujeme, jaký poklad máme v léčivých rostlinách.“

Pozitíří jsme si vzali dovolenou. Cestou autem jsme se vzájemně ujišťovali: dávno přece toužíme po takovém výletu, Vysočinu moc neznáme a pátkem si prodloužíme víkend a pořádně si odpočineme. Ve skutečnosti však tyto řeči měly zakrýt rozpaky. Oba jsme se přece jenom trochu styděli, že v koutku duše doufáme v pomoc bylinkáře.

Popravdě naše cesta žádným odpočinkem nebyla, dávala naopak dost zabrat. Bylo skoro dvacet stupňů pod nulou, topení ve škodovce jelo naplno, a přesto nám moc teplo nebylo. Přitom jsme dvakrát málem uvízli v závějích. Asi patnáct kilometrů před Mrákotínem se zdálo, že vůbec nedojedeme. Od rána hustě sněžilo, a v místech, kde se silnice zužovala a začínala prudce stoupat, byla vysoko zavátá čerstvým sněhem. Nakonec jsme nebezpečný úsek zdolali a po čtyřech hodinách jízdy dokodrcali až k Mrákotínu.

Museli jsme zaparkovat skoro půl kilometru před vesnicí, za dlouhou šňůrou aut. V první chvíli jsme mysleli, že snad došlo k nějaké nehodě, až později jsme pochopili, že i přes sněhovou kalamitu je u Mikulíka takový nával. Procházeli jsme kolem zaparkovaných aut všech možných typů a značek, od Karlových Varů až po Trnavu, dokonce tam stálo Volvo ze Senice a Trabant z Košic. Všechno to byla auta pacientů pana Mikulíka, takže jeho domek jsme nemuseli nijak zvlášť hledat. U něho šňůra automobilů začínala. Ale i kdyby tam nestála žádná auta, byli bychom Mikulíkův dům snadno našli. Byl v Mrákotíně největší a nejhonosnější, spíš hrad než dům, bytelně postavený, důkladně podsklepený, jednopatrový s obytným podkrovím, čerstvě omítnutý šedým brizolitem. Pod okapem byla fasáda zdobená plastickým obloučkovým vlysem tmavě okrové barvy. Pak následoval asi metr vysoký sgrafitový pás loveckých scén a také obrovské plochy mezi čtyřmi velkými třídiálními okny

vyplňovala sgrafita s třemi impozantními portréty. První z nich znázorňoval Hippokrata, druhý Galéna a třetí dvojnásobného laureáta Nobelovy ceny Linuse Paulinga. Aby nikdo nebyl na pochybách, koho portréty představují, byly opatřeny nápisy. Sarkasticky mě napadlo, že čtvrtého z největších lékařů v historii lidstva nalezneme uvnitř.

Měli jsme štěstí. Byli jsme poslední, kteří byli vpuštěni do čekárny, další by se tam už nevešli. Lavice, které vroubily stěny rozlehlé garáže sloužící jako čekárna byly neprodyšně obsazeny lidmi nejrůznějšího věku, vzhledu a zřejmě i profesí a sociálního postavení. Byly tam matky s docela malými miminy v peřinkách, těhotné ženy, zdatně vypadající mladíci, štíhlé dívky ve výstředních šatech, pečlivě upravené dámy i ubohoučké stařenky a stařečci o holích a o berlich. Všichni bez rozdílu však měli ve tváři úzkost, strach, a jejich ztrápené rysy prozrazovaly bolest. Byli zadumaní a mlčeli. Ticho bylo tíživé.

Začal jsem se obávat, jestli na mě vůbec přijde řada a měl jsem dojem, že ostatní zažívají podobné pocity. Spočítal jsem, že je nás v čekárně zhruba osmdesát, přece jen moc, přestože někteří tu určitě byli jen jako doprovod. A pan Mikulík ještě nezačal ordinovat.

Po chvíli se otevřela malá plechová dvířka uprostřed delší stěny garáže přiléhající k domu. Vešel jimi asi dvacetiletý hubený mladík nápadně vysoké postavy. Byl trochu sehnutý, jakoby nahrbený, z obličeje popelavé barvy vystupovala černá pichlavě zářící očka, už prořídlé umaštěné vlasy měl až po ramena a jeho podlouhlý vyzáblý obličej ještě prodlužovala řídká kozí bradka. Měl šedavé plandavé termotriko s dlouhými rukávy a s černým nápisem Oxford University, obnošené modravé džíny a zánovní adidasky. Z tenkého krku mu splýval velký zlatý kříž moderního tvaru. Pomalu a téměř neslyšně se sunul k vratům čekárny. Zamkl a vrátil se beze slova zpět.

Na mne vystoupení podivného mladíka zapůsobilo tísnivě. Zdálo se, že na většinu ostatních mělo právě opačný účín – jeho počínání sledovali s úctou. Po jeho odchodu se začal rozvíjet v malých skupinkách tlumený hovor. Z útržků jsem poskládal, že Mikulík má dnes návštěvu až z Prahy. Známy chirurg profesor H. z fakultní kliniky za ním přijel na konzultaci. Před domem na profesora čeká šestsettrináctka s řidičem. Hned jak odjede, začne Mistr Mikulík ordinovat. Nejprve vezme těhotné, potom půjdou mimina a nakonec ostatní. V tom pořadí, jak se zapsali do prezenční knihy. Přišlo mi legrační, že Mikulíkovi s obdivem

říkají Mistr, ale snažil jsem se tvářit vážně jako ostatní. Čekal jsem, že Eva nevydrží a začne se smát, ona však zaujatě sledovala dění kolem.

Hovor se stočil k tomu, kolik lidí a co všechno Mistr vyléčil: plotýnky, ischias, revma, infarkt, ledviny, žaludeční vředy, žlučník i hlasivky, neplodnost, impotenci a rakovinu.

Řeči v garáži připomínaly sousedské klábosení. Venku hvízdala meluzína a v garáži bylo teplo. Prostor osvětlovala jediná mléčná žárovka, která vytvářela útulné přitnutí. Na kratší průčelní stěně byla rozvěšena různě vyvedená poděkování Mistrovi za pomoc a vyléčení, od destiček z bronzu a zlatých nápisů v mramoru až po řádky psané roztrášenou stařeckou rukou a neohrabané dětské písmo na linkovaném papíře. Delší stěna byla zpola pokryta pestrobarevnými pohlednicemi ze všech konců světa a na dvou zbývajících stěnách obložených dřevem byly natlučeny kované hřeby a skoby jako věšáky. Kabáty, bundy a kožichy na nich visely jako bohaté hrozny vína. Ale jak jsem zjistil z prezenční knihy, dnešní počet návštěvníků nebyl nijak vysoký. Naopak špatné počasí, vánice a mráz zřejmě mnohé pacienty odradily. Běžně k Mikulíkovi chodilo až devadesát lidí, pětadvacátého srpna minulého roku jich uzdravil dokonce sto dvacet sedm.

Z řečí kolem vyplynulo, že Mistr se může zdát drsný, na první pohled až nepříjemný, ve skutečnosti má zlaté srdce a zlaté ruce.

Konečně se otevřely dveře a z nich znovu vystoupil mladý pomocník. Pokynul do neurčita. Zvedla se jedna těhotná žena s miminem v náruči a váhavě, s ustaraným výrazem v tváři vstupovala do dveří ordinace. Bylo přesně půl dvanácté. Zdálo se mi, že žena je uvnitř celou věčnost, avšak podle hodinek tam nebyla ani čtyři minuty. Když vycházela, bylo zřejmé, že v ordinaci se udála proměna. Byla sebejistá, plná důvěry v to, co má i co ji čeká, ve tváři měla vepsáno odhodlání porodit krásného zdravého chlapce.

S údivem jsem pozoroval, že podobná proměna potkala i ostatní. Jako by všechny obavy zanechali v ordinaci a odnášeli si sebedůvěru podloženou nadějí, že potíže a trápení pomínou a nahradí je zdraví, radost a štěstí.

Dostal jsem se na řadu před půl čtvrtou. Přestože jsem se snažil zachovat si ke všemu, co se dělo odstup, sevřel mě pocit úzkosti. Eva mi povzbudivě stiskla ruku, tentokrát měla její snaha spíš opačný účinek. Pocit svíravé tísně se ještě prohloubil. Bylo mi, jako by se mělo rozhodnout o mé budoucnosti, ba o mé existenci.



tenci. Vešel jsem do ordinace asi stejně váhavě jako ostatní.

Mikulík byl podsaditý pořízek střední postavy. Husté prošeďivé vlasy na ježka mu dodávaly chlapecké vzezření. Působil mladistvým dojmem, přestože mu bylo přes padesát. Ruce měl upracované a mírně se mu chvěly, ale ve tváři měl soustředěný, docela příjemný výraz.

V místnosti, vzhledem k rozlehlosti stavení malé a těsné, moje napětí povolilo a najednou mi bylo docela dobře. Netušil jsem proč.

Ordinace byla vlastně kotelna, ne víc než dva metry dlouhá a metr a půl široká. Ve vzdálenějším rohu stál kotel a na bíle vyličených stěnách se srážely kapičky vody. Stěny byly kromě krůpějí sražené páry holé, až na barevný obrázek polského papeže z předloňského kalendáře a litinový kříž ze starého náhrobku nad vstupními plechovými dveřmi. Poblíž dveří stál jednoduchý dřevěný stůl s lepenkovou krabicí od smetolu se dnem hustě pokrytým zelenými stokorunami. Také jsem mačkal v dlani stokorunu, s rozpaky a neobratně jsem ji upustil do krabice. Zdálo se mi, že navzdory zemské přitažlivosti odmítá padnout na dno. Nelitoval jsem, že o ni přicházím. Za uzdravení, ba za jakoukoli pomoc od bolesti bych byl s radostí obětoval třeba několik bankovek desetinásobné hodnoty, ale měl jsem trapný pocit studu: proto, že v krabici mezi nazeleňalými stokorunami spočívaly i červenohnědé pětičlenné, a hlavně proto, že jsem na takový způsob jednání nebyl zvyklý. Ze všeho nejvíc mě znervózňovalo, že Mikulík sedící na kulatém verpánku mé počínání se zájmem sledoval. Jakmile stokoruna dopadla, očividně ožil. Shýbl se, a z malé italské ledničky vyndal dvě plzně, které se okamžitě orosily. Jednu z nich otevřel a několika hlty vyzunkl. Láhev obřadně postavil do dlouhé řady ke stěně a upřeně se na mě zahleděl.

Měl tmavou flanelovou košili s velkými našitými kapsami, šedomodré manšestrové kalhoty a semišové mokasíny. Stačil jsem si všimnout, že nemá nic kovového, ani hodinky ani prsten. Působil uklidňujícím dojmem, i když na druhé straně vzbuzoval autoritu a čímsi nepostřehnutelným dával najevo převahu. Pomalu vytáhl z malé zásuvky pod stolkem zlatavé pouzderko z eloxovaného hliníku, rozevřel je a vyklopil z něho holandský doutník Henri Wintermans v celofánovém obalu. Opatrně ho rozbalil, speciálním doutníkovým nožičkem odřízl špičku a zapálil si. Místnost zalila zvláštní docela příjemná kořeněná vůně. Pak schoval nožič do stolku, pouzderko, celofán a ko-

runku od piva posbíral ze stolu a odnesl do proutěného koše stojícího v rohu místnůstky vedle kotle.

Necítil jsem se nijak stísněně, ale hovor jsem nezačal, podřizoval jsem se jaksi dobrovolně a automaticky Mistrově vůli.

Mikulík se neposadil. Zůstal stát proti mně, odložil zapálený doutník na velký skleněný popelník a vytáhl z kapsy kovovou tyčku ve tvaru řeckého písmene *ni*, což byl patrně jeho vyšetřovací detektor. V tu chvíli se z jeho pohledu vytratilo všechno, co ho předtím lidsky přibližovalo. Stroze mi poručil sundat všechny kovové předměty a pohybem ruky naznačil, abych je odložil na stůl. Uchopil detektor mezi palec a ukazováček pravé ruky tak, že dolní špička písmene *ni* směřovala proti mně a pomalými pohyby jím začal přejíždět podél mého těla ve vzdálenosti asi deseti centimetrů. Nejprve shora dolů a potom kolem dokola napříč. Zdálo se, že mě sešněrovává pomyslným provázkem, který vycházel z jeho detektoru. Ruka se mu občas zachvěla, ale jeho tvář nepozbyla ani na okamžik hluboké soustředění.

Když skončil, napřímil se, zasunul detektor pomalu do kapsy a posadil se.

„Máte porušenou funkci levé ledviny. Bolesti můžete mít i na pravé straně.“ Začal úsečně, neosobním hlasem, jako by se s přemáháním odkudsi vracel do skutečnosti. „Musíte přestat pít. Nanejvýš dvě tři plzně denně. Víno žádné, ani červené. A kořalíčky vynechat úplně. Ani sodovky, ty jsou metlou lidstva. Kysličník uhličitý je pro lidský organismus hotový jed.“ Jeho dikce postupně ztrácela ostrý tón a přecházela do živé spoluúčasti, projevované ovšem stále mentorským způsobem. „Žádné rozčilování, práce vás příliš vyčerpává, hlavně psychicky. Musíte si najít rozptýlení v nějaké zálibě. Třeba ve filatelii, sbírání známek.“

Rozhodl jsem se také promluvit. „To udělám docela rád. Budu pokračovat v rodinné tradici. Mám doma slušnou sbírku známek po pradědečkovi. Sbíral Itálii a Pyrenejský poloostrov, od roku 1870.“ Mikulík ožil a já dostal nápad: zkusím navázat bližší kontakt. „Všiml jsem si, že jste zřejmě vynikající filatelista. Na pohlednicích ve vaší čekárně chybějí známky a byly odlepeny šetrně. Zřejmě odborně,“ vysvětloval jsem, odkud vím o jeho filatelistickém koníčku. „Možná by vás moje sbírka zajímala.“

„Dám vám speciální čaj. Z nepraškové flóry. Budete ho pít pravidelně. Před snídaní, před obědem a po večeři. Ráno jeden a půl deci, v poledne deci

a večer půl deci. Do konvice dáte zarovnanou kávovou lžičku čaje, zalijete dvakrát převařenou vodou se špetkou soli. Musí projít varem! Necháte odstát dvanact minut a potom vypijete. Najednou celou dávku, ale pomalu. – Ať přijde další.“

Mikulík na moje řeči o známkách slovy nezareagoval, bylo však jasné, že ho má sbírka zajímá. Nechápal jsem, proč se o ní nerozhovořil. Napadlo mě několik možných vysvětlení: třeba si nechtěl zadat, nebo bral svůj vztah léčitele a pacienta striktně obchodně a nechtěl jej zatěžovat jinými záležitostmi, anebo se obával, že by ztratil něco ze své nadřazenosti. Zřejmě je mnohohrstevná osobnost. Chvilí se chová jako typický introvert, pak zase jako typický extrovert.

„Máš nemocnou ledvinu,“ řekla Eva, když jsme se ocitli před garáží. Byla již tma a mráz ještě zesílil.

„Jak to víš? Z ordinace není nic slyšet.“

„Každý druhý říkal, že má nemocnou ledvinu. Ti zbývající o své nemoci nemluvili, ale všichni byli už napůl vyléčení hned při odchodu z Mikulíkovy ordinace. – Dostali jsme oba lekci, vidě?“ pousmála se.

Při zpáteční cestě jsme se bavili vymyšlením různých teorií, proč Mikulík na lidi zabírá, až jsme na všechny komplikace cestování i na mou nemoc skoro zapomněli.

Eva se svou kamarádkou magistrou Drozdovou zjistily, že zázračný čaj pana Mikulíka je směs malinového a jahodového listí s trochou mateřídoušky, heřmánku a máty peprné, takže uškodit v žádném případě nemůže. Na chuť byl docela lahodný, na řízeň dokonce vynikající. Záměr obnovit s Mikulíkem kontakt co nejdříve, jsem nedodržel. Na rentgenu a ultrazvuku se konečně ukázalo, že příčinou mých potíží je žlučník, který začal dráždit slinivku břišní. Bylo proto nutné nejprve vyléčit začínající zánět slinivky, což zabralo skoro dva měsíce a potom absolvovat operaci žlučníku. Všechno pak proběhlo hladce a bez komplikací. Za další dva měsíce jsem málem nevěděl, že jsem byl nemocný.

V nečinnosti na nemocniční posteli jsem měl dost času na přemýšlení o Mikulíkových praktikách. Naštěstí mám docela spolehlivou deskripční paměť na místa, děje i pocity, a tak jsem si jako z videokazety promítal svou návštěvu u Mikulíka. Postupně jsem vyretušoval své vlastní pocity a zainteresovanost a pokusil se zkonstruovat rámcový model jeho pracovní metody.

Mikulíkovo pracoviště začínalo už na konci dlouhé šňůry zaparkovaných automobilů. Značky ze vzdá-

lených koutů republiky, občas i nějaká vídeňská, jsou působivou součástí reklamy. Udělají dojem snad na každého. Propagace je o to účinnější, že jejím strůjcem není léčitel, nýbrž jeho pacienti. Působí proto i na uvážlivé a strážlivé, připustí, že takový věhlas má nějakou faktickou příčinu, alespoň do jisté míry objektivní. V každém, kdo přichází, posiluje naději a víru, že se dobře rozhodl, že hledá pomoc na správné adrese. Konečně zárodek naděje si přináší, byť jej vyvolala jen skepse z neochoty či bezmocnosti lékařů.

Jiným působivým znakem je Mikulíkův výstavný dům, doklad úspěchu a prosperity: pomoci může ten, kdo je sám silný a mocný. Romantici tu naleznou své jeleny, a my, kteří máme jiný vkus, můžeme alespoň ocenit dokončení tak bytelné stavby. Sgrafitové portréty připomínají starým babičkám obrazy svatých, ale i ti znalejší, kteří vědí, že jsou to obrazy slavných lékařů, v nich vidí spolehlivou záštitu konání člověka, k němuž se obracejí o pomoc.

Jakmile otevřeme dveře čekárny jsme okamžitě lapeni. Stáváme se součástí prostředí, součástí Mikulíkova modelu. Máme tu své místo, docela pohodlné, ale ne zas moc, musíme pro své uzdravení i sami něco obětovat. A tak sedíme na tvrdé lavici. V pološeru ani nemůžeme číst, detektivku proto necháme v tašce. Nebude nás rozptylovat, můžeme soustředěně poslouchat popis rituálu, abychom byli správně naladění a připraveni: za všechno v životě se musí platit, každý nemocný upřímně proklamuje, že za zdraví by dal nevimco, což necht' učiní vložení patřičné bankovky do krabice; stokoruna je nejmenší možný přijatelný obnos, vyšší hodnota bankovky by mohla zajistit lepší vyléčení.

O úspěšnosti léčení svědčí kdeco. Útržkovité hovory i díkyvzdání, která máme před očima vyvedena ve všech možných podobách. Každý zde nalezne důkaz podle svého vkusu. Pohlednice z cest dokládají věhlas šířící se světem.

Kdyby snad někdo pomyslel, že prosebníků je dnes mnoho jen náhodou, vyvede ho z omylu prezenční kniha. Zápisy neslouží jenom k určení pořadí, všimneme si, jak je kniha tlustá a že dnešní hojná návštěva je spíš slabší než jindy. Pocítíme uvolnění, Mistr nás přijme. To ještě vzroste, když jeho pomocník uzamkne dveře. Nikdo další se dnes k Mistrovi nedostane. Jsme mezi vyvolenými.

Pomocník udržuje kázeň a řád. Ani promluvit nemusí. Babičkám připomíná biblické učedníky Páně, je pro ně možná jedním z apoštolů, který zrovna

povstal od Poslední večeře. Pro mladé je přitažlivým vzorem, je jedním z nich, má džíny jako oni a termotriko si koupil v Tuzexu mezi prvními. Pro střední věk je sympatický tím, že jeho uhlazené vážné chování kontrastuje s chováním stejně starého holomka, s nímž mají doma potíže. Pro všechny symbolizuje hierarchii. My jsme prosebníci, on učedník, který nás uvede k Mistrovi. Ztělesňuje odstup i kontinuitu.

Ve chvíli, kdy po dlouhém čekání konečně přijdeme na řadu a vstupujeme do ordinace, jsme málem přesvědčeni o úspěchu léčení. Pociťujeme aktivní spoluúčast, vlastní příspěvní. Chceme se uzdravit. Mistrovi vlastně zbývá naše pocity potvrdit.

Mikulíkův pracovní proces je promyšlený a účelný. Nedělá nic nadbytečného, nic, co by mohlo odvádět od hlavního cíle. A také nic, co by mohlo vzbudit pochybnost o úspěchu.

Ani my nejsme na pochybách. Upustíme patřičnou bankovku a odevzdáme se do Mikulíkových rukou. Mistr je blízký pohodlným oblečením i svými slabůstkami, pivem a doutníkem. Má rád stejně jako my lepší kvalitu: plzeň a Henriho Wintermanse.

Vyšetření nebolí, není nepříjemné. Přestože trvá krátce, nemáme pocit, že by bylo odbyto. Mistr se mu věnoval soustředěně, vložil do něho všechny síly. Přesvědčuje o tom každým pohybem, gestem i výrazem. Stejně účelně a srozumitelně sdělí co nás tíží, v čem je příčina a v čem tkví úspěch léčení. Mistr nediskutuje, není proč, on je odborník znalý věci a my se máme podřídit jeho autoritě.

Neměl jsem přitom pocit urážlivé podbízivosti ani nadnesené přezíravosti. Jistota a naděje vznikala jaksi přirozeně, což umocňoval pocit tajemna, který Mikulík vytvářel a nechal působit. Lidé se sklony k přemrštěnému romantismu snadno dospějí k přesvědčení, že ovládá nějakou tajemnou nadpřirozenou sílu a ti s racionálnější uvažováním se mohou domnívat, že má zvláštní znalosti, možná principiálně jiné, než na jakých je postavena naše medicína.

Mikulík je vlastně vynikající praktický psycholog. Dospěl jsem k názoru, že některé z jeho praktik bych měl využít ve své praxi v psychologické poradně. Dosud jsem se snažil každého pochopit, vcítit se do jeho pocitů a uvažování při nekonečných kamarádkových rozhovorech, pro obě strany často únavných. Perná práce nebývá vždy úspěšná.

Připustil jsem, že zrovna v případě Ireny Mrázové jsem svou metodu opustil. Prostě mi tehdy ujely nervy a mimoděk jsem užil Mikulíkovu techniku: dal jsem

najevo převahu a autoritu. Ukázalo se, že účinně. Ještě v nemocnici mě navštívil Tomáš Mlejnek a pěl ódy, jak pěkně jsem Mrázovým pomohl, že teď jsou Irena s Josefem pořád spolu jako hrdličky.

Poučen v praktické psychologii Mikulíkem, začal jsem rozebírat běžný model lékař – pacient.

Stejně jako k Mikulíkovi jde nemocný ke svému závodnímu nebo obvodnímu lékaři. Obvyčně hned při vstupu do čekárny bývá jeho důvěra v pomoc nalomena. Pokud někdo z pacientů promluví o léčbě, obvykle si stěžuje: je zde už posedmé, pořád ho posílají na nějaká vyšetření, všude se musí zvláště objednat a potom ještě přijít znovu, a stejně je nutné zase dlouho čekat, a nakonec musí pro výsledek, což je strašná ztráta času, a hrozná otrava, ale hlavně únava, a stejně to k ničemu nevede. Doktor se na člověka ani nepodívá, hledí jenom do papírů, mluví nanejvýš se sestrou. Všechno vlastně vyřídí sestra – dotazem na příjmení a křestní jméno, bydliště a rok narození, aby mohla vyplnit recept a doporučení k novému vyšetření pomocí dalších stále složitějších přístrojů.

Přístroje pro pacienty moc příjemné nejsou. Nebudí důvěru, jsou studené a nepochopitelné. Člověk má pocit, že je jim vydán napospas. Nemůže je zastavit ani požádat o strpení, když mu působí bolest. Pokud mu pomohou navrátit zdraví, pacient na ně rád co nejrychleji zapomene. Zažil jsem to konečně na své kůži: když nemohli lékaři přijít na příčinu mých potíží, posílal jsem všechny přístroje do horoucích pekel, a ani by mne nenapadlo to odvolat, když mou diagnózu stanovil rentgen a ultrazvuk.

Lékaři vidí věci jinak. Komplikované a nám neznámé přístroje jsou jim běžnou věcí. Představují všední pomocníky, nebojí se jich, a spoléhají na ně – možná až přespříliš a mnohdy si to ani neuvědomují. Právě v tom je možná problém. Lékař si prohlédne náš záznam z laboratorního vyšetření, snímek nebo graf na obrazovce terminálu, ví co nám je a mnohdy ho ani nenapadne vrátit se a podívat se *in natura* na to, jak my s touto nemocí vlastně vypadáme. Mohl by pak srovnávat, ověřovat svůj odhad a tříbit své uvažování! Navíc by potom svým dobrým odhadem mohl v příštích obdobných situacích zkrátit nepříjemné martyrium vyšetřování a léčení by bylo rychlejší, a hlavně jaksi přirozenější. Pacient by měl přitom pocit spolupráce, zdání osobního zájmu lékaře by v něm posilovalo důvěru.

Do Mrákotína jsme se s Evou dostali až začátkem července. Přijeli jsme poměrně brzy, po deváté jsme

byli na místě. Ve městě bylo zřejmě dusivé parno, tady na vysočině vál mírný větřík, obloha byla modrá a bylo příjemně. Na jedné z odboček před Mrákotínem jsme objevili v opuštěném žulovém lomu nevelké jezírko, skoro průzračné. Borovice nad lomem vrhaly stín a břeh byl provoněný mateřídouškou. K Mikulíkovi jsme se vydali až po poledni.

Nesl jsem několik známek z pradědečkovy sbírky: pět exemplářů z nejstaršího období a několik kousků z dvacátých let, které byly na pohled efektní. Výběrem jsem si hlavu příliš nelámal, ve filatelii se moc nevyznám.

Cestou k Mikulíkovu stavení jsme se s Evou sázeli, jestli Mikulík pozná mé uzdravení, nebo jestli naopak usoudí, že to se mnou jde z kopce a potřebuji jeho další léčbu. Byl jsem přesvědčený, že určitě odhalí jaký jsem teď chlapík a bude to považovat za výsledek své léčby. Eva tvrdila, že jsem ještě pohublý a pro Mikulíka to bude signálem pro zintenzivnění dlouhodobého léčení.

Pobyt v Mikulíkově ordinaci se zpočátku podobal prvnímu. Jakmile Mistr zasunul detektor do kapsy, a chystal se promluvit, očekával jsem, že uslyším i téměř stejná slova.

„Funkce vaší levé ledviny je v normě. Je nenarušená. Jste naprosto zdrav. Léčení skončilo.“

Z překvapení jsem na známky zapomněl. Připomněl je Mikulík.

„Máte s sebou známky, jak jste posledně povídal?“

Nad známkami byl u vytržení. Zvláště ty starší ho zaujaly. Byl srdečný, hovorný, po úsečnosti ani stopy. Domluvili jsme, že příležitostně mu ukáží celou sbírku. Zdůraznil, že teď nejsem pacient, že jsme přátelé, příště se mám okamžitě ohlásit.

Eva nemohla pochopit, že Mikulík tak dobře ovládá fyziognomii a že je tak výborným psychologem, na první pohled jsem opravdu moc dobře nevypadal. „Byl by lepší fyziognomik než Lavater, lepší frenolog než Gall a lepší psycholog než Jung. Že by byl takový renesanční duch, lepší než ti tři věhlasní učenci-praktici minulých dvou století dohromady! Nebo že by na tom jeho detektoru přece jenom něco bylo?“ řekla s úsměvem.

Pak dospěla k závěru, že pro člověka, který se pozorováním lidí zabývá neustále, to není asi moc obtížné. Ona mě vídá každý den, v krátkých intervalech se spojitá změna projevuje tak nevýrazně, že je skoro nepostřehnutelná, zatímco po delším čase je průkaznější a mnohem lépe patrná. Mikulík má zřejmě výbornou

paměť a dobrý postřeh, na tom konečně z velké části závisí úspěch a prosperita jeho podnikání.

Na třetí návštěvu Mrákotína jsme se vydali za necelý měsíc, koncem července. Opět byl pěkný slunný den. Zašli jsme k jezírku v lomu, koupali se, opalovali a potulovali se po okolí. K Mikulíkovi jsme se dostali v podvečer.

Otevřela nám svěží drobná žena, na pohled sotva čtyřicetiletá. Představili jsme se. Paní Mikulíková trochu zaváhala. Dodal jsem, že chceme manželovi ukázat sbírku známek a že jsme domluveni. Zareagovala vstřícně. Zavedla nás do haly zařízené jednoduchým sektorovým nábytkem a praktickou sedací soupravou s nízkým čtvercovým konferenčním stolem. Usadila nás a odběhla.

Za pár minut přišel Mikulík. Měl na sobě bílý laboratorní plášť a vypadal v něm jako pracovitý docent z přírodovědecké fakulty. Přivítal nás srdečně, Evě obřadně políbil ruku.

„Jsem ráda, že vás poznávám a že vám mohu osobně poděkovat za manželovo uzdravení,“ řekla Eva s předstíraným dojetím.

Mikulík byl zjevně polichocen. „Pomáhat bližním je nejušlechtlejší povinnost.“

Byli jsme uvedeni do obývacího pokoje. Vypadal bombasticky. Seděli jsme v rohu místnosti v plyšové soupravě, která byla tak obrovská, až jsme se v ní ztratili. Pokoj však byl natolik rozlehlý, že v něm souprava nepůsobila nijak mohutně. Celou stěnu proti oknům zabírala až do stropu leštěná mahagonová sestava plná broušeného i moderního hladkého skla a drahého porcelánu. Zbývající stěny zakrývaly spousty olejomalb, většinou krajin a krajinek, a mezi nimi se nápadně vyjímalo několik velehorských štítů a obrazů rozbourěného moře a veliký Mikulíkův portrét. Nad mramorovým krbem se vzpínalo rozložitě sobí paroží. Kolem krbu byla rozestavena tři červenohnědá křesla a několik zlatavě zdobených orientálních sedátek. Podlahu pokrýval vysoký plyšový koberec s výrazným růžovým květinovým vzorem. Stěna mezi okny byla obložena nejrůznějšími starodávnými hodinami, uprostřed stály největší, skoro dvoumetrové rokokové hodiny z míšeňského porcelánu. Těsně u stropu visel ohromný křišťálový lustr a nad bytelným dubovým konferenčním stolem, který doplňoval sedací soupravu, visela na černé kroucené šňůře bílá lampa ve tvaru rotačního elipsoidu.

Paní Mikulíková přinášela postupně chlazenou šťávu, mísu nejrůznějších chlebíčků a nakonec zmrz-

linové poháry se šlehačkou a černou kávou.

Řeč se stočila ke známkám. Zdálo se mi, že Mikulík by nebyl překvapený, kdybych mu pradědečkovu sbírku nabídl jako dar za vyléčení, ale byl by patrně ochotný obětovat za ni i určitou částku peněz. Zřejmě vyčkával, aby uzdravenému pacientovi poskytl příležitost svému zachránci se náležitě odměnit, zvláště když je nyní jeho přítelem.

Částka, kterou posléze navrhl, když jsem se neměl k darování, mi vyrazila dech. Dvacet tisíc! Nepodařilo se mi asi úžas úplně zakrýt, netušil jsem, že by sbírka mohla mít nějakou zvláštní hodnotu. Mikulík si mé ohromení vysvětlil jinak. Zvýšil nabídku na dvojnásobek. Vzpamatoval jsem se a předstíral váhání. Ani nevím, jak se mi to podařilo.

„Sbírka je rodinnou památkou ... Nikdy jsem neuvažoval o jejím prodeji ... To ovšem nevylučuje, že bych ji ve výjimečném případě nebyl ochoten prodat, zvláště, když máte o ni zájem vy. Jsem vám nesmírně zavázán, určitě bych ji neprodal nikomu jinému. Máte pochopitelně přednostní právo ... Věc je ovšem poněkud komplikovaná ... Sbírku vlastním napůl se svou sestrou a k prodeji musím získat její souhlas. – Předpokládám, že sestra nebude mít námitky,“ řekl jsem naráz rozhodně. „Kdyby přece jen nesouhlasila, pokusím se ji přesvědčit.“ K vlastnímu údivu jsem díky neexistující sestře dokončil své obchodní jednání žoviálním tónem, jako by desetitisícové obchody s okamžitou nabídkou dvojnásobku původní částky byly pro mne běžnou záležitostí. Zatím jsem měl praxi jenom s přepočítáváním vrácených drobných v samoobsluze. Zdálo se, že Mikulík vše chápe a je s vývojem našeho jednání spokojen.

Eva se také vzpamatovala. „Vy jste úžasný člověk, vyznáte se v tolika věcech. Tak dokonale! To snad musí být dáno odmalička do vínku,“ říkala se zářivým úsměvem.

„Bývá to tak, ale můj případ byl složitější,“ povzdechl Mikulík.

Eva na něho tázavě pohlédla.

„Já se musel tvrdě vypracovat. Nic mi nešlo snadno. Měl jsem neradostné dětství. Rodiče byli přísní. Měli moc práce na poli a v hospodářství a se mnou se nemohli mazlit. Jako dítě jsem byl slabý a býval i hodně nemocný. Celé týdny jsem proležel doma v horečce. Úplně sám! Byl jsem nejmenší ve třídě a taky nejslabší. Každý si na mě troufl. Já rvačky nenáviděl, neuměl jsem se prát. Když jsem přišel domů zbitý a potlučený, otec mi ještě přidal – za to, že se neumím bránit! Sna-

žil jsem se tedy vyniknout jinak. Začal jsem se pilně učit. Ale tím jsem spolužáky popouzel. Byl jsem pro ně šprták a mstili se mi všichni statní hlupáci,“ řekl procítěně, jako by to ještě dnes po tolika letech bolestně prožíval.

Přiznání k slabosti mi nešlo dohromady s jeho nynější sebejistotou, na níž měl vybudovanu dobře promyšlenou prosperující živnost.

Eva se podobnými úvahami nezabývala. „Největší cenu má to, čeho člověk dosáhne vlastními silami,“ řekla s důrazem.

„Máte pravdu,“ pokýval Mikulík zádumčivě hlavou. „Mé dětství bylo natolik kruté, že na ně nerad a málokdy vzpomínám. – Jako kluk jsem u jezírka v lomu probřečel celé hodiny. Byl jsem osamoceny. Neměl jsem za kým jít, všichni se mi jenom posmívali. Až jsem byl trochu starší a uměl číst, bylo mi o něco líp. Po dědečkovi písmákovi a kronikáři zůstala bohatá knihovna, přečetl jsem kde co: o přírodě, o zvířatech, o filozofii, a nejraději jsem si prohlížel staré herbáře a pročítal knihy o józe a o zen buddhismu a o indickém a čínském lékařství. Moc jsem jim sice nerozuměl, ale přitahovaly mne od samého začátku. – Asi to byl projev jakéhosi předurčení, protože jsem se k nim neustále vracel a četl je pořád dokola,“ řekl trochu nadneseně. „Tehdy jsem uvykl číst všechno tak dlouho, dokud tomu nepřijdu na kloub. Pak jsem objevil staré kroniky a v nich příběh mráкотínské starosty Uličného. – Když se narodil, byl neduživý, až si všichni mysleli, že umře. Měl křivici a v pěti letech dostal záskrt. Nikdo nevěřil, že přežije. A on se z toho dostal. Jako zázrakem! Měl zvláštní povahu, vůbec nic si nedělal z posměšků. S nikým neztrácel čas. Byl uzavřený a velice usilovný, všechno dělal tak dlouho, až se mu to podařilo. Když ostatní viděli, že na výsměch nedbá, po čase s tím přestali. Uličný získával respekt. Pak se stal starostou a dokonce poslancem. Až ve Vídni. – Já si tenkrát uvědomil, že nezáleží, co si o schopnostech člověka myslí jiní, ale že záleží jen na tom, jak si sám věří a co dokáže.“

Uličný mě poučil. Když jsem zvážil, co všechno vím o přírodě, o dějinách, o filozofii, usoudil jsem, že nikdo z posměváčků se mi nemůže rovnat. Začal jsem na sobě usilovně pracovat. Ani o holky jsem tenkrát nestál!

Po škole jsem šel do učení v okresním městě. Chtěl jsem sice studovat na gymnáziu, ale nakonec jsem se raději bez odporu podvolil rozhodnutí rodičů. Tenkrát jsem pochopil, že nemá smysl protivit se vůli mocněj-

šího. Tím se jenom ztrácí energie, mnohem účinnější je rozvíjet vlastní síly. Člověk se pak stane silnějším. Ti dříve mocnější se mu pak obvykle podvolí, ochotně a rádi. Úplně automaticky.

Tehdy jsem započal i s fyzickým tréninkem. Do učení jsem chodil pěšky, přes les, sedm kilometrů tam a sedm kilometrů nazpátek za každého počasí. Střídal jsem chůzi s během a po roce tréninku jsem běhával celou cestu bez zvláštního vypětí.

V době učení jsem přečetl skoro celou okresní knihovnu. Všechny maturanty bych hravě strčil do kapsy. – A ve dvaceti letech jsem dokonce vyrostl!“

Teď bylo jasno. Mikulík byl zvláštní kombinací podprůměrných fyzických dispozic s patrně nadprůměrným intelektem a s nebývalou houževnatostí. Dospěl k sebeuvědomění a poznání, k němuž mnozí nedozrají po celý život, anebo se mu po celý život úspěšně brání, k víře ve vlastní schopnosti a ke způsobu jejich rozvíjení. Všechno své úsilí zaměřil k sobě a postupně se stal jediným objektem svých snah. Naučil se ze všeho maximálně pro sebe těžit, ve všech směrech a všemi možnými způsoby. Pak začal těžit i z víry v sebe sama. – Ale zatím jsem nenacházel příležitost, abych Mikulíka přiměl k hovoru, jak přišel ke své životnosti a na jakém principu jsou založeny jeho léčitelské praktiky.

Eva nadšeně potřásla hlavou. „Obdivovala jsem vás jenom jako skvělého lékaře, vůbec jsem netušila, že by tak vynikající specialista mohl být všestranný a tak komplexní!“

„To je úžasné, paní, jakou vy máte intuici! Vždyť svou metodu, kterou jsem snad skromným dílem přispěl k dobru lidstva, nazývám bikomplexní.“

A umlkl. Snad neustane v nejlepším. Naštěstí šlo jen o pomlku, která měla podtrhnout význam Mistrových slov.

„Komplexní princip jsem aplikoval ve speciální oblasti, pro člověka nejdůležitější, totiž v pomoci nemocným, v medicíně.“

Mistrovi se v očích objevil mystický výraz a zdálo se, že i Evin půvab začíná být pro něho vedlejší.

„Můj bikomplexní princip je univerzální i z historického hlediska. Již antičtí učenci věděli, jak důležitou roli v lidském organismu hrají tělesné tekutiny a dokázali docenit i význam fyziologie. Přitom neměli k dispozici žádné přímé experimentální údaje. Hippokratés přece vůbec neprováděl pitvy! Renesanční lékaři zase hledali projevy jednotlivých nemocí ve zjevu a chování nemocných. A v 19. století našli vědci

vzájemné vazby mezi funkcemi jednotlivých orgánů. Člověka si představovali jako chemickou továrničku,“ pousmál se chápavě „My dnes víme, že lidský organismus je složitý chemický koncern, se vším všudy. I se správnou radou a se všemi jejími intrikami, slabostmi a třeba i vrtochy,“ vysvětloval shovívavě.

„Člověk je bikomplexní celek fyzická a psychická. Bikomplexně se také projevuje: vnitřně a zevně. – Takže je potřeba opět na něj bikomplexně působit,“ přešel do důrazného neosobního tónu. „K vnitřní léčbě využívám přírodní nepraškovanou flóru, zevně modifikuji aurium.“

Eva slabě vyjekla, byl to její trik, jímž dokázala odvrátit výbuch smíchu v nevhodné situaci.

V tom okamžiku se Mikulík odmlčel a do tváře se mu vrátil přítomný výraz. Asi Evinu reakci prokoukl, pomyslel jsem si s obavou.

„Patrně nevíte, co je aurium,“ řekl blahosklonně. „Máte-li hlubší zájem, mohu vám celý princip vyložit. – Nejlépe přímo v laboratoři, kdybyste se chtěli obtěžovat se mnou nahoru.“

Vydechl jsem si. Produkce neskončila, bude i demonstrace.

Laboratoř zabírala větší polovinu rozlehlého podkroví. Byla to světlá místnost s dvěma velikými ateliérovými okny ve střeše. Po celé délce tří stěn byl víc než metr široký pult ze silného zřejmě speciálně tvrzeného kourového skla. V levé části pultu byla rozložena sada krychlí různé barvy a různých velikostí. V jednom rohu bylo pečlivě uspořádáno dokonalé zařízení fotografické laboratoře a na stěně viselo velké promítací plátno. Pult pod ním byl prázdný. V druhém rohu stál přenosný televizor s videorekordérem. Další stěna mi připadala jako z dílny provazníka nebo ševce. Visely tam pečlivě uspořádány vzorky různých špagátů, motouzů, lanek a řemíků a kousek dál bylo něco ještě podivnějšího. Na zdi bylo zavěšeno cosi, vypadající jako bohatá vzorkovnice látek a pod tím vším se povalovala spousta dalších divných věcí. Poznal jsem z nich jedině detektory, byly jich tam aspoň dva tucty a lišily se navzájem jenom nepatrně.

Eva mě lehce koplá do kotníku. Pohlédl jsem k zemi až teď. Téměř polovina světlezelené betonové podlahy byla rozdělena sítí různobarevných linií na množství čtverců různé velikosti.

Vtom Mikulík Evu jemně uchopil za loket. Upozornil ji, aby nevstoupila do největšího z těch čtverců, a začal vysvětlovat.

„Od antiky věděli učenci, jak důležitá je čistící

funkce lidských orgánů. Základem činnosti lidského těla je levá ledvina. Všechny poruchy jeho správného fungování koření v tomto orgánu, který je také nejdříve indikuje. Podstatné ovšem je, aby nemocný přišel včas. Já dokážu rozpoznat vznikající nemoc již dva roky před jejím vypuknutím. Každý člověk totiž stav svého *ego* automaticky projevuje v *auriu*. Aurium je vrstva, kterou kolem sebe vyznačuje tělo. Poruchy ega se projevují změnami, respektive poruchami auria.

Existují mezi námi silné osobnosti, které mají zvláště vyvinuty vrozené schopnosti, jež lze vlastním speciálním úsilím rozvinout. Pak dokážou modifikovat aurium svých bližních. – Prostřednictvím *psychionů*,“ řekl důrazně.

„Každý člověk má v mozku psychóny. Je to zřejmé, neboť každý člověk myslí. Myšlení vzniká právě činností psychonů. Silná osobnost dokáže soustředit svou psychickou a mentální energii tak, že může psychóny vysílat ve formě psychionů a upravovat jimi narušené aurium ostatních jedinců. – Modifikací! Silný subjekt, takzvaný senzibil, je schopen při koncentraci své psychické a mentální energie využít objektivní existence psychionů.

Jistým problémem je způsob indikace poruchy auria. Já používám originální zónový indikátor vlastní konstrukce,“ řekl věčně a předvedl nám jeden z artefaktů, který jsem poznal v ordinaci a nazval jej detektorem.

„To, co zde vykládám, je jen velice stručné shrnutí výsledků mé téměř třicetileté práce, v níž stále pokračuji. V současné době se zabývám měřením odporu, který kladou auriu oděvy z různých látek a současně si chystám materiály pro výzkum neefektivnější konstrukce antény pro zesilování proudu psychionů. Zatím se totiž vůbec neví, jaký vliv má parita počtu anténových prvků a jestli hraje nějakou roli druh a přírodní či umělý původ motouzu, kterým jsou spojeny.“

S Mikulíkovými jsme se rozloučili až po desáté hodině.

„Psychón, psychión, milión!“ zvolala Eva rozpusti-

le. „Co je proti tomu čtyřicet tisíc.“

Usnesli jsme se, že dáme sbírku známek ohodnotit znalcem a jako záminku příští návštěvy u Mikulíka zvolíme oznámení, že sestra souhlasí s prodejem, rozhodla se však udělat odhad.

Ukázalo se, že sbírka má hodnotu nejméně dvě stě padesát tisíc korun. Byli jsme zvědaví, jak bude Mikulík na tuto zprávu reagovat.

Při další návštěvě koncem prázdnin Mikulíka známky nezajímaly. Zjistili jsme, že praxi vykonává s přemáháním. Vypadal špatně. Obličej měl vráscitý, tváře propadlé, matný lesk v očích. Jako by se celý schoulil do sebe. Zestárl o deset let. Paní Mikulíková si postěžovala, že manžel lékařskou pomoc tvrdošijně odmítá a žádala nás, abychom mu domluvili a přesvědčili, aby šel do nemocnice. Pan Mikulík tvrdil, že nejerudovanějším odborníkem na poruchy levé ledviny je on sám. Nejlépe proto ví, jak je nemoc mnohdy úporná, v každém případě vyžaduje trpělivost, klid a kázeň.

V Mrákotíně jsme se pak zastavili až koncem října. Ani ne kvůli panu Mikulíkovi. Vraceli jsme se z Prahy a chtěli využít pěkného odpoledne a podívat se jak vypadají oblíbená místa v podzimním zbarvení. Bylo tu krásně. Přírodní barvy se teď ještě víc rozzářily do různých odstínů a vytvářely úchvatnou kompozici, kterou nepříjemně rozrušovala šňůra aut k Mikulíkovu stavení. Leskla se ve slunci jako laciná cinglárka. Byla však alespoň dobrým znamením, že pan Mikulík se uzdravil.

Byl to omyl. V ordinaci kraloval pomocník.

Mikulík před měsícem zemřel na vleklou otravu způsobenou selháním pravé ledviny. Levá ledvina mu nefungovala několik let.

Malina, Jaroslav (1996): Pravá ledvina. In: Malina, Jaroslav, *Světová katastrofa a jiné povídky s neblahým koncem* Brno: Nakladatelství Georgetown – Nakladatelství a vydavatelství NAUMA, s. 91–123.

## 16. Literatura (použitá, doporučená)

Fejfar, Zdeněk – Přerovský, Ivo (2002): *Klinická fyziologie krevního oběhu*. Praha: Galén.

Katz, Arnold M. (1992): *Physiology of the Heart*. New York: Raven Press.

Little, Robert C. – Little, William C. (1989): *Physiology*

*of the Heart and Circulation*. St. Louis: Mosby–Year Book Medical Publishers, Inc.

Rokyta, Richard, a kolektiv (2000): *Fyziologie*. Praha: ISV nakladatelství.





## 17. Výkladový slovník důležitějších jmen a pojmů

Jména a pojmy uvnitř hesel opatřená znakem \* znamenají odkaz na jejich existenci ve slovníku.

**adaptace**, přizpůsobení organismu dlouhodobě změněným podmínkám. Vývojová adaptace – přizpůsobení genofondu.

**adaptace vývojová**, viz vývojová adaptace.

**adenosintrisfosfát (ATP)**, organická sloučenina se třemi makroergními vazbami fosfátu, nesoucími každá 12 kcal/mol. Enzymaticky se štěpí ATPázami a uvolněná energie se přitom využije na aktivní děje.

**adiuretin** (antidiuretický hormon), neuropeptid tvořený v hypotalamu a uvolňovaný do krevního oběhu zadním lalokem hypofýzy.

**aktivní transport**, na energii závislý pohyb nějaké látky přes polopropustnou membránovou strukturu pomocí specifických molekul (nosičů).

**apoptóza**, programovaná smrt buňky. Poté, co se uskuteční geneticky daný, pro různé typy buněk různý, počet dělení, aktivují se proteolytické enzymy (kaspázy), které buňku rozloží. Při poruše apoptotického procesu dojde k nekontrolovanému růstu – nádorovému bujení.

**autoregulace**, samořízení; autonomní řízení na tkáňové úrovni, nezávislé na nadřazeném řízení látkovým a nervovým.

**Babák** Edward (1873–1926), profesor fyziologie na Lékařské fakultě Univerzity Karlovy, zakladatel a první rektor Vysoké školy veterinární v Brně, spoluzakladatel Masarykovy univerzity (1919). Na obou ústavech vedl fyziologické a zpočátku i biologické ústavy. Světově proslul jako evoluční fyziolog. Svou jedinečnou koncepcí fyziologie dítěte předešel dobu o dvě desetiletí.

**Bernard** Claude (1813–1878), profesor fyziologie na pařížské Sorbonně, jako první formuloval pojem homeostáza a učinil řadu průkopnických objevů v oblasti vnitřní sekrece, zažívání i krevního oběhu. Je považován za zakladatele moderní fyziologie.

**cytosol (cytoplasma)**, vodný roztok organických a anorganických látek uvnitř buňky; prostředí pro buněčné jádro a organely (jádro, mitochondrie, retikulum, fibrily atd.).

**evoluce**, postupný vývoj genofondu organismů, daný selekčními tlaky prostředí a směřující k vyšší účinnosti funkcí.

**fenotyp**, soubor vnějších znaků a vlastností organismu.

**fylogeneze**, historický vývoj druhu od výchozích jednobuněčných forem života.

**fyziologie**, nauka o funkcích v živých organismech.

**genotyp**, genetická matrice pro daný \*fenotyp.

**Harvey** William (1578–1657), britský anatom a fyziolog, profesor na univerzitě v Londýně. Objevil princip krevního oběhu v uzavřené soustavě. Byl první, kdo zavedl do fyziologie experiment jako kritérium poznání.

**homeostáza**, stálost vnitřního prostředí (organismu, buňky), udržovaná systémem záporných zpětných vazeb (autoregulačních, humorálních, nervových).

**integrace**, sladění různých orgánových funkcí; řízení na úrovni organismu.

**ischemie**, nedostatečné zásobení tkáně krví; omezený přísun kyslíku a substrátů látkové přeměny a současně nedostatečné odplavování (toxických) zplodin látkové

přeměny. (*Hypoxie* je pouze omezený přísun kyslíku.)  
**Kruta** Vladislav (1908–1979), MUDr., DrSc., profesor fyziologie na Lékařské fakultě Masarykovy univerzity (1951–1970). Mezinárodního ohlasu se dostalo již jeho předválečnému výzkumu srdeční stažlivosti. Vynikl rovněž jako historiograf české medicíny (mimo jiné objevné práce monografie o Jiřím Prochaskovi a Janu Ev. Purkyňovi). Za války v zahraničním odboji, po roce 1970 politicky persekčován.

**mediátory**, viz transmitery.

**mitochondrie**, buněčné organely, v nichž probíhá oxidativní tvorba makroergních vazeb (viz adenosintrisfosfát).

**modulace**, sekundární doladění funkce vedlejším regulačním mechanismem.

**ontogeneze**, vývoj individua od zárodečných buněk přes dospělost po smrt. V hrubých rysech opakuje \*fylogenezi.

**Purkyně** Jan Evangelista (1787–1869), český lékař, přírodovědec a filozof; profesor na univerzitě v polské Vratislavi, kde založil první fyziologický ústav v Evropě, a na pražské univerzitě. Kromě vlastní vědecké práce (objasnění významu buňky jako základní strukturní a funkční jednotky rostlinných a živočišných organismů aj.) proslul jako organizátor českého vědeckého a kulturního života (spoluzakladatel Spolku lékařů českých a *Časopisu lékařů českých*, od roku 1853 vydával český přírodovědecký časopis *Živa* aj.) a přispěl ke konstituování antropologie jako vědeckého oboru.

**působky**, látky, které nesou nějakou informaci z místa zdroje k cílové struktuře (receptoru). *Endokrinní působky* (hormony) mají jako transportní medium krev, *parakrinní působky* se šíří mezibuněčnou tekutinou do bezprostřední blízkosti zdroje. Látkový přenos informace se označuje též jako humorální.

**receptory**, makromolekulární součásti zpravidla

buněčných membrán, které po navázání specifického působku změny konformaci a v důsledku toho funkci (zpravidla aktivitu enzymu). *Senzorické receptory* jsou struktury, které mění energii (světlo, tlak, vibrace atd.) na změnu elektrického napětí buněčné membrány, a tak ji transformují na obecný informační kód nervové soustavy.

**refrakterita**, fáze nedráždivosti, kdy buňka neodpovídá na zevní podněty akčním napětím jako elektrickým signálem.

**regulace** (v užším smyslu), řízení zpravidla orgánové funkce, zajišťující humorálními a nervovými mechanismy optimální odpověď na změny prostředí a okamžitě situace. (Regulace v širším smyslu zahrnuje též autoregulace, integrace a modulace.)

**sarkolema** (povrchová membrána), polopropustná lipidická dvojvrstva, která tvoří obal buňky. Obsahuje významné strukturální a funkční bílkoviny (receptory, kanály, transportní proteiny aj.).

**sarkoplasmatické retikulum** (obecně endoplasmatické retikulum), buněčná organela, která má ve svalových buňkách ústřední úlohu jako rezervoár vápníku. Podélné sarkoplasmatické retikulum obsahuje Ca-ATPázu (Ca-pumpu), z junkčního sarkoplasmatického retikula se vápník uvolňuje a iniciuje kontrakci.

**transmitery** (mediátory), látky tvořené buňkami nervové soustavy pro přenos elektrického signálu k receptorům cílových buněk.

**troponiny**, regulační bílkoviny, které vazbou vápníku umožní vytvoření komplexu kontraktálních bílkovin, aktinu a myosinu.

**vývojová adaptace**, přizpůsobení genofondu dlouhodobě změněným podmínkám.

**zpětná vazba**, informace o výstupu z regulované soustavy, přiváděná na její vstup buď v záporné podobě, pak má funkci stabilizační, nebo v pozitivní podobě, pak má funkci akcelerační nebo augmentační.

## 18. Rejstřík

### A

adiuretin 47, 73  
adrenalin 40, 45, 55  
akční napětí 21, 22, 23, 26, 27, 31, 39, 55, 74  
aktin 25, 26, 28, 35, 74  
aldosteron 47  
angiotenzin 47  
aorta 15, 17, 29, 30, 35, 36, 39  
arterie 15  
arterioly 15, 16, 37, 38, 45

### B

baroreceptory 39, 46

### D

depolarizace 21, 26, 53, 54, 56  
diastola 29, 30, 31, 32, 38, 55

### E

elektrokardiografie 14, 24  
endotel 15, 38, 41  
erythrocyty 19, 20

### F

fibrinolýza 20  
frekvenční efekt 27, 33, 55

### H

hematoencefalická bariéra 46  
hemoglobin 19  
homeostáza 19, 20, 47, 73

### CH

chloupě srdeční 15, 29, 30, 32, 35, 41

### I

ischemická choroba srdeční 36, 55  
izometrický stah 28

### K

kapiláry 15, 16, 41, 42, 45, 46  
klidová depolarizace 23, 24  
klidové napětí 21, 23  
koronární rezerva 36

### L

Laplaceův zákon 29, 41

### M

membránové kanály 21, 54  
metabolická autoregulace 38, 39, 45  
myofibrily 24, 25  
myofilamenta 25, 26, 28  
myokard 15, 23, 14, 25, 26, 35, 36, 54, 55  
myosin 25, 26, 28, 35, 53, 56, 74

### N

natriuretin 47

### O

onkotický tlak 41, 42

### P

parasympatikus 39  
plasma krevní 19, 20, 41, 42, 46, 47  
plicní (malý) oběh 13, 16, 17, 43, 44  
plícnice 15  
Poiseuilleův zákon 37  
polygram 30, 32  
pružník 37  
převodní soustava 23, 24

### R

refrakterita 23, 24, 74  
renin 47  
repolarizace 21, 22, 23, 55

## Ř

řečiště funkční 45  
řečiště kožní 39, 46  
řečiště nutritivní 45  
řečiště odporové 37

## S

sinoatriální uzel 21, 23, 24, 35  
síňokomorový uzel 23, 24, 30  
sodíko-draslíková pumpa 21, 22, 53  
srážení krve 20  
srdeční frekvence 23, 26, 27, 28, 30, 31, 33, 39,  
40, 42, 54, 55  
srdeční rezerva 31, 36  
srdeční výdej 31, 33, 36, 39, 45, 46  
Starlingův princip 26, 27, 29, 31, 33, 54  
svalová pumpa 41, 42  
sympatikus 39, 40, 45, 46

syncytium 23  
systola 29, 30, 31, 32, 36, 41  
systolický objem 31

## T

tělní (velký) oběh 13, 16, 43  
tkáňový mok 19, 41, 43

## V

vápníková pumpa 26, 54, 74  
věnčité cévy (koronární) 35, 36  
vnitřní prostředí 14, 15, 19, 21, 73  
volumoreceptory 47

## Z

zpětná vazba 40, 47, 55, 74  
zpětná vazba negativní 20  
zpětná vazba pozitivní 20