

Praktická kardiologie

František Kölbel
a kolektiv

Praktická kardiologie

**prof. MUDr. František Kölbel, DrCs.
a kolektiv**

Recenzovali:

prof. MUDr. Jaromír Hradec, CSc.

doc. MUDr. Petr Ošťádal, Ph.D.

Vydala Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum

Redakce Jana Jindrová

Grafická úprava Zdeněk Ziegler

Sazba DTP Nakladatelství Karolinum

Vydání první

© Univerzita Karlova v Praze, 2011

ISBN 978-80-246-1962-0

ISBN 978-80-246-2865-3 (online : pdf)



Univerzita Karlova v Praze
Nakladatelství Karolinum 2014

www.karolinum.cz
ebooks@karolinum.cz

Vedoucí kolektivu spoluautorů

prof. MUDr. František Kölbel, DrSc.

Kolektiv autorů

MUDr. Jan Bytešník, CSc.*

MUDr. Robert Čihák, CSc.*

MUDr. Dagmar Holá

doc. MUDr. Mirka Horáčková, CSc.

doc. MUDr. Jiří Charvát, Ph.D.

doc. MUDr. Jaromír Chlumský, Ph.D.

prof. MUDr. František Kölbel, DrSc.

prof. MUDr. Milan Kvapil, CSc., MBA

MUDr. Tomáš Marek*

prof. MUDr. Karel Matoušovic, DrSc.

MUDr. Petr Peichl, Ph.D.*

MUDr. Kamil Sedláček*

prof. MUDr. Ota Schück, DrSc.

doc. MUDr. Jitka Zelenková, CSc.

Pracoviště autorů

Interní klinika, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze

a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

*Klinika kardiologie, Institut klinické a experimentální medicíny, Praha

Obsah

Předmluva (F. Kölbel)	/11
-----------------------	-----

1. Obecná část /13

1.1 Anamnéza (J. Želenková)	/15
1.2 Fyzikální vyšetření (J. Želenková)	/17
1.3 Zobrazovací vyšetření v kardiologii	/22
1.3.1 Skiografie hrudníku (F. Kölbel)	/22
1.3.2 Výpočetní tomografie (F. Kölbel)	/23
1.3.3 Zobrazení magnetickou rezonancí (F. Kölbel)	/25
1.3.4 Koronární angiografie (F. Kölbel)	/26
1.3.5 Intravaskulární ultrazvukové vyšetření (F. Kölbel)	/28
1.4 Elektrokardiografie (J. Chlumský)	/30
1.5 Scintigrafie myokardu (F. Kölbel)	/46
1.6 Biochemické vyšetřování v kardiologii (F. Kölbel)	/49
1.7 Test na nakloněné rovině (F. Kölbel)	/52

2. Speciální část /53

2.1 Arteriální hypertenze (J. Charvát)	/55
2.2 Srdeční insuficience (F. Kölbel)	/64
2.3 Ischemická choroba srdeční a její stabilní formy (F. Kölbel)	/77
2.4 Akutní formy ischemické choroby srdeční (J. Chlumský)	/90
2.5 Šok (F. Kölbel)	/101
2.6 Arytmie (P. Peichl, K. Sedláček, R. Čihák, J. Bytešníček)	/109
2.7 Vrozené srdeční vady v dospělosti (F. Kölbel)	/146
2.8 Získané chlopenní vady v dospělosti (T. Marek)	/165
2.9 Infekční endokarditida (F. Kölbel)	/186
2.10 Amyloidóza srdce (J. Chlumský)	/191
2.11 Cévní mozkové příhody (J. Chlumský)	/193
2.12 Onemocnění žil (D. Holá)	/202

- 2.13 Tromboembolická nemoc (*Ľ. Chlumský*) /208
- 2.14 Cor pulmonale (*D. Holá*) /219
- 2.15 Synkopa (*F. Kölbel*) /228
- 2.16 Choroby aorty a periferních tepen (*D. Holá*) /231
- 2.17 Kardiomyopatie a myokarditidy (*D. Holá*) /244
- 2.18 Kardiovaskulární systém ve stáří (*F. Kölbel*) /254
- 2.19 Srdce a ledviny, ledviny a srdce – kardiorenální a renokardiální syndrom
(*K. Matoušovic*) /263

3. Farmakologická léčba /269

- 3.1 Antikoagulační léčba (*Ľ. Chlumský*) /271
- 3.2 Diuretická léčba (*M. Horácková, K. Matoušovic, O. Schück*) /279
- 3.3 Farmakoterapie hyperlipoproteinemií (*M. Kvapil*) /290
- 3.4 Farmakoterapie diabetu u kardiaků (*M. Kvapil, Ľ. Chlumský*) /293

Seznam používaných zkratk /298

Doporučená literatura /300

Rejstřík /301

Předmluva

Při přípravě rukopisu této publikace jsem se setkal s názorem: „Proč psát učebnice tohoto rozsahu, když existují kvalitní učebnice v češtině i v angličtině a každý může studovat z nich?“ Jistě, může, zejména v postgraduálním studiu. Tyto učebnice probírají obvykle témata do velkých podrobností a předpokládají, že čtenář – studující si na základě vlastních znalostí a zkušeností udělá svou „stupnici hodnot“ a jí přizpůsobí výběr fakt a jejich vzájemné propojení. Tak to může fungovat v postgraduálním studiu. Tento text je ale určen především posluchačům 4. a 5. ročníku 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, kteří se s klinickou problematikou kardiologie setkávají poprvé. Mají sice (a rád konstatuji, že opravdu mají) znalosti fyziologie a patologické fyziologie, ale s klinikou právě začínají. To je důvod, proč je text připraven jako doprovod přednášek, proč se snaží studujícím nabídnout algoritmy klinického myšlení, jež je mají při studiu vést, a proč mj. uvádí jen minimum literárních pramenů. V řadě případů je text doplněn kazuistikami, které jsou na místě klinických demonstrací při přednáškách. Byli bychom rádi, kdyby kazuistiky učinily studium problémů zajímavější a kdyby se teoretická fakta podle nich lépe pamatovala. Rád bych ovšem připomněl, že k tomuto textu je velmi vhodné při studiu přiřadit obrazové prezentace přednášek pracovníků Interní kliniky, které jsou dostupné na stránkách 2. lékařské fakulty UK na portálu MEFANET. Pro podrobné studium (či lépe, opakování) interní propedeutiky doporučuji učebnici doc. Zelenkové a spolupracovníků Příručka interní propedeutiky (Triton, Praha 2002), ve které je tištěný text (v české i anglické jazykové mutaci) doprovázen kompaktním diskem s nahrávkou poslechových nálezů srdečních i plicních.

Děkuji všem spolupracovníkům, kteří na přípravě publikace participovali. Jsou jimi hlavně kolegyně a kolegové z Interní kliniky 2. lékařské fakulty UK v Praze v čele s přednostou kliniky, profesorem Kvapilem, kteří zajišťují výuku v přednáškách a při stážích. Vedení Interní kliniky děkuji za vytvoření podmínek pro přípravu knihy. Děkuji dále kolegům MUDr. T. Markovi, MUDr. P. Peichlovi, MUDr. K. Sedláčkovi, MUDr. R. Čihákovi a MUDr. J. Bytešníkovvi za přípravu velmi zajímavých statí probírajících soudobý pohled na chlopenní vady a na arytmie a jejich léčbu – obě témata, a zejména druhé z nich, jsou tak závažná v praxi – a posluchači tolik obávaná při zkouškách. Proto jsem rád, že je připravili spolupracovníci přednosta Kliniky kar-

diologie IKEM, prof. MUDr. J. Kautznera, CSc., kterému rovněž patří dík za souhlas s jejich autorskou činností.

Dík autorů patří také paní redaktorce Janě Jindrové za pečlivé zpracování rukopisu a nakladatelství Univerzity Karlovy za rychlé vydání publikace. Učebnici přejí úspěch u čtenářů – studentů, a těm úspěchy ve studiu medicíny.

21. 9. 2010

František Kölbel

1. Obecná část

1.1 Anamnéza

Získávání anamnestických dat kardiologických pacientů je stejně významné jako ve všech oborech vnitřního lékařství. Pozornost se zaměřuje hlavně na kardiovaskulární systém a vlivy, které ho mohou ovlivňovat.

V rodinné anamnéze je zájem zaměřen na familiární výskyt ischemické choroby srdeční, infarktu myokardu, hypertenze, cévních mozkových příhod, ischemické choroby dolních končetin a diabetes mellitus. Významné jsou i údaje o úmrtích na kardiovaskulární onemocnění ve věku do 50 let u mužů a 55 let u žen.

V osobní anamnéze se sleduje chronologický sled všech dosud prodělaných onemocnění. Pátrá se po výskytu angín v dětství a dospívání a jejich případném vztahu ke vzniku revmatické horečky a chlopenních vad, po ischemické chorobě srdeční, prodělaném infarktu myokardu, výskytu arytmií a způsobu a efektu jeho léčby, po arteriální hypertenzi, výskytu cévních mozkových příhod a ischemické chorobě dolních končetin. Posuzuje se výskyt diabetes mellitus 1. a 2. typu, stav kompenzace, přítomnost specifických a nespecifických komplikací. Pozornost se zaměřuje také na další významné metabolické poruchy rizikové pro vznik aterosklerózy (dyslipidemie, hyperurikemie apod.) a endokrinní onemocnění (Cushingův syndrom, hypotyreóza).

Zjišťují se údaje o kouření, dosavadních způsobech konzervativní a případné invazivní léčby a o dosaženém efektu.

V popředí klinických potíží kardiologických (kardiovaskulárních) pacientů, které je přivádějí k lékaři, bývá bolest na hrudi, dušnost, synkopa, palpitace, edémy nebo bolest dolní končetiny.

Bolest na hrudi je závažným klinickým příznakem, kterému je nezbytné věnovat náležitou pozornost, protože může být kardiálního původu.

Anginózní bolest (stenokardie) je charakteristická pro ischemickou chorobu srdeční. Je retrosternální, svíravá, tlaková, vystřeluje do krku, ramene, levé horní končetiny. Projevuje se při námaze, naopak v klidu nebo po podání nitroglycerinu ustupuje.

Klidová, intenzivnější bolest provázená vegetativní symptomatologií, která neustupuje po nitroglycerinu a trvá déle než 20 minut, nutí myslet na infarkt myokardu.

Výskyt nově vzniklých anginózních potíží (2 měsíce) nebo zhoršení dosavadních vzbuzuje podezření na nestabilní anginu pectoris. V takovém případě hrozí nebezpečí vzniku infarktu myokardu.

Disekce aorty může být také příčinou kruté retrosternální bolesti podobné infarktu myokardu.

Dušnost je pocit nedostatku vzduchu vázaný u kardiologických pacientů na levostrannou srdeční insuficienci (ischemická choroba srdeční, hypertenze, chlopenní vady, kardiomyopatie). Může být námahová, klidová nebo paroxysmální. Závažnost námahové dušnosti se posuzuje podle klasifikace NYHA. Klidová dušnost je podle ní nejtěžší (4. stupeň).

Paroxysmální noční dušnost (asthma cardiale) je závažný klinický stav způsobený akutním levostranným selháním. Pokud se snížením žilního návratu (poloha vsedě) sníží plicní hyperemie, dušnost ustoupí. Jinak progreduje do plicního edému.

Vznik **synkopy**, krátkodobé ztráty vědomí způsobené nedostatečným prokrvením mozku, je většinou kardiovaskulárního původu. Vzniká při arytmiích a stenozujících srdečních vadách. Bývá také vazovagálního nebo ortostatického původu.

Palpitace jsou nepříjemně vnímané projevy srdeční činnosti. Vyznačují se bušením srdce, nepravidelnou akcí, vynecháváním pulsu, pocitem zastavení srdce. Tyto projevy vzbuzují u mladých i starších osob obavy ze závažného poškození srdce. K posouzení povahy udávaných potíží a vyloučení závažných arytmií je nezbytné provést komplexní kardiologické vyšetření.

Kardiální **otoky** vznikají při pravostranném srdečním selháním (ischemická choroba srdeční, cor pulmonale, trikuspidalizované srdeční vady). Edémy jsou nejprve perimaleolární, během noci ustupují. Postupně se zvětšují, dosahují na bérce, stehna, případně břišní stěnu; vzniká ascites a pravostranný hydrotorax (anasarka). Ležící pacient má edémy na nejnižších místech těla (spodní strana lýtek, stehna, hrudníku a v lumbosakrální oblasti).

Bolest dolní končetiny se často projevuje u závažné formy chronické ischemické choroby dolních končetin. Je křečovitého rázu, dostavuje se při chůzi. V klidu odeznívá během několika minut. Progrese ischemie vede k vystupňování bolestí. Bolesti jsou velmi intenzivní, dostavují se v lehu, špatně se terapeuticky ovlivňují. Úlevu od bolesti přináší svěšení končetiny z lůžka. Vlivem ischemizace vznikají závažné trofické změny. Končetina je kriticky ohrožena.

Akutní arteriální uzávěr způsobuje embolie nebo trombus nasedající na aterosklerotický plát. Ischemie se projeví akutní, krutou bolestí a chladem končetiny, následně se může vyvinout i její paréza. Vývoj změn je u embolie rychlejší oproti trombóze.

Bolest končetiny se může projevit také při flebotrombóze. Vzniká asymetrický edém, dostavuje se napětí, případně bolest části postižené končetiny.

1.2 Fyzikální vyšetření

Pro vyšetření srdce se používají obvyklé postupy, a to: pohled, poklep, pohmat a poslech, jejichž význam není pro vyšetření rovnocenný.

Pohled

Toto vyšetření slouží k posouzení nejen typu hrudníku a krajiny srdeční, ale i přítomnosti extrakardiálních příznaků.

Hrudník a krajina srdeční:

- tvar hrudníku (kyfoslóza);
- pooperační jizvy;
- viditelný úder hrotu (hypertrofie a dilatace levé komory – hypertenze, ischemická choroba srdeční, poinfarktové aneuryzma přední stěny srdeční, aortální vady, mitrální insuficience);
- systolické vtahování mezižebří u adhezivní perikarditidy.

Příznaky extrakardiální:

- dušnost hodnocená čtyřstupňovou klasifikací NYHA;
- cyanóza:
 - periferní cyanóza se vyskytuje na rtech, tvářích, boltcích, rukách a nohách, je přítomna při pravostranné srdeční insuficienci,
 - centrální cyanóza je na kůži celého těla, hlavně na rtech, jazyku a ústní sliznici, v akrálních partiích, kde bývají paličkovité prsty;
- facies mitralis je charakterizovaná temně červenými skvrnami na tvářích a akrální cyanózou, vyskytuje se u mitrální stenózy;
- obličej barvy bílé kávy je možné pozorovat u subakutní endokarditidy;
- arcus senilis corneae (šedavý lem kolem duhovky) souvisí s hyperlipoproteinemií;
- xantelazmata vznikají ukládáním tuku v horních a dolních víčkách, signalizují riziko ischemické choroby srdeční;
- zvýšená náplň krčních žil souvisí s pravostranným srdečním selháním a trikuspidálními vadami;
- pozitivní pulsace krčních žil je přítomna při významné trikuspidální regurgitaci;

- vlhké nepřířzvukné oboustranné plicní chrůpky se vyskytují při levostranné srdeční insuficienci;
- paličkovité prsty, nehty tvaru hodinkového sklíčka, jsou u vrozených srdečních vad;
- třískové hemoragie v nehtových lůžkách se mohou nacházet u infekční endokarditidy;
- Oslerovy uzly, nebolestivé červené uzlíky na bříškách prstů nebo na dlaních, jsou infekční emboly;
- arachnodaktylie je přítomna u Marfanova syndromu;
- hepatomegalie vzniká při pravostranné srdeční slabosti;
- trofické změny dolních končetin se vyznačují úbytkem kožních adnex, atrofií svalstva, barevnými kožními změnami (bledost, akrocyanóza), akrohypotermií, vznikem kožních defektů; souvisejí s ischemickou chorobou dolních končetin;
- edémy dolních končetin:
 - symetrické oboustranné, perimaleolární otoky postupně se šířící na bérce a stehna (vleže bývají na spodní straně nohou a sakrálně); vznikají při pravostranné srdeční insuficienci,
 - asymetrické jednostranné otoky, většinou na dolních končetinách, přítomny na bérkách a stehnech, patrná kolaterální žilní kresba; přítomny při flebotrombóze.

Poklep

V procesu fyzikálního vyšetřování ztratil poklep svůj původní význam. V současné době se používají přesnější metody, jako je např. echokardiografie a rentgenové vyšetření srdce a plic. Poklep tak může sloužit pouze k orientačnímu stanovení srdečních hranic.

Pohmat

Za normálních okolností je úder srdečního hrotu hmatný ve 4.–5. mezižebří navnitř od levé medioklavikulární čáry. Patologicky se kvalita palpce a poloha srdečního hrotu mění následovně:

- při dilataci levé komory je úder hrotu posunut doleva a dolů,
- při hypertrofii levé komory je úder hrotu zvedavý,
- při dilataci a hypertrofii levé komory je srdeční hrot posunut doleva a současně se objevuje systolické zvedání sternu a pulsace v epigastriu (hypertrofická pravá komora naléhá na přední stěnu hrudní),
- při rozsáhlém aneuryzmatu nebo dyskinezi přední stěny levé komory může být systolická pulsace hmatná podél levé srdeční hranice.

Palpací je možné prokázat také víry (turbulence), které jsou korelátem srdečních šelestů:

- diastolický vír v oblasti hrotu při mitrální stenóze,
- systolický vír nad aortou propagující se do karotid při aortální stenóze,
- systolický vír podél levého okraje sternu u defektu septa komor.

Poslech

V rámci fyzikálního vyšetření srdce je jeho auskultace stále nejprůnosnější metodou. Provádí se na obvyklých místech hrudníku:

- poslechové místo aortální chlopně – 2. mezižebří parasternálně vpravo,
- poslechové místo pulmonální chlopně – 2. mezižebří parasternálně vlevo,
- poslechové místo trikuspidální chlopně – 4.-5. mezižebří parasternálně vlevo,
- poslechové místo mitrální chlopně – oblast srdečního hrotu.

Poslechem se hodnotí srdeční akce, ozvy, přídatné zvuky, šelesty, akcentace nebo oslabení ozev. Fyziologicky je srdeční akce pravidelná, ozvy srdeční ohraničené, přídatné zvuky ani šelesty nejsou přítomné.

Ozvy

První ozva vzniká uzávěrem nejprve mitrální, následně trikuspidální chlopně na začátku systoly komor.

Druhá ozva vzniká uzávěrem semilunárních chlopní, a to nejprve aortální, pak pulmonální (mění se s respirací). Při výdechu se obě komponenty přibližují, při nádechu se od sebe vzdalují (fyziologický rozštěp 2. ozvy). Je to způsobeno tím, že se v inspiriu prohloubí negativní nitrohrudní tlak, zvýší se návrat k pravému srdci, zvýšený tepový objem pravé komory prodlouží její vypuzování a vede ke zpoždění uzávěru pulmonální chlopně. Patologicky se vyskytuje paradoxní rozštěp 2. ozvy tam, kde je zatížena levá komora a prodloužena její systola (např. stenóza aorty, ischemická choroba srdeční, blok levého raménka Tawarova dle EKG), kdy se uzávěr aortální chlopně zpožďuje, tedy přichází nejprve pulmonální, pak aortální složka. Při výdechu je 2. ozva paradoxně rozštěpena, při nádechu se obě složky oddalují, takže splynou.

Třetí ozva vzniká vibracemi komorového myokardu ve fázi rychlého plnění komor na začátku diastoly. Je nízkofrekvenční, vzniká proto vždy. Slyšitelná je pouze u mladých lidí (fyziologicky) nebo za patologických situací u starších osob, kdy odpovídá protodiastolickému cvalu.

Čtvrtá ozva je způsobena vibrací komorového myokardu při vstřiku krve do komory při systole síní na konci diastoly. Bývá u mladých lidí fyziologicky a u starších osob jako presystolický cval. Splynutím 3. a 4. ozvy vzniká sumační cval, který je projevem selhávání levé komory.

Přídavné zvuky

Systolické kliky jsou přídavné zvuky vznikající činností chlopní v systole. Systolický klik bývá ve střední nebo pozdní systole. Zní krátce a ostře, může být vícečetný. Příčinou je nenormální funkce mitrální chlopně. Pravděpodobně souvisí s jejím prolapsem.

Ejekční aortální klik pravděpodobně odpovídá náhlému roztažení aortální chlopně. Přichází v časně systole, má ostrý cvakavý charakter. Nejlépe je slyšitelný v oblasti hrotu při dilataci kořene aorty.

Oba kliky se často vzájemně zaměňují. Systolický klik přichází později v systole, v inspiriu se přibližuje k 1. ozvě.

Diastolické otevírací klapnutí mitrální chlopně („opening snap“) je charakteristické pro mitrální stenózu. Vyskytuje se v časně diastole, kdy se zúžená mitrální chlopeň nemůže více otevřít a dochází k jejímu k rozkmitání.

Šelesty

Šelest je zvukový fenomén, který vzniká vibrací chlopenního aparátu či jiné struktury, je-li laminární proud krve nahrazen tubulárním prouděním. Hodnotí se podle původu, lokalizace v srdečním cyklu, intenzity a kvality.

Podle **původu** se srdeční šelesty dělí na:

- šelesty organické – způsobené vrozenou nebo získanou vadou,
- šelesty organofunkční – druhotné šelesty při organické vadě (relativní insuficience mitrální při aortální stenóze),
- šelesty funkční – fyziologické, u zdravého srdce, mění se s polohou, zesilují při námaze, vyskytují se při horečce, anemii, hypertyreóze.

Podle **lokalizace** v srdečním cyklu se šelesty dělí na systolické a diastolické. Systolické šelesty mohou být organické nebo funkční, diastolické jsou vždycky organické.

Systolické šelesty:

- časně systolický (protosystolický),
- středně systolický (mezosystolický),
- pozdně systolický (telesystolický),
- trvající celou systolu (holosystolický).

Diastolické šelesty:

- časný diastolický (protodiastolický),
- pozdní diastolický (presystolický),
- holodiastolický šelest.

Podle **intenzity** se rozlišuje šest stupňů šelestů:

1. stupeň – sotva slyšitelné šelesty,
2. stupeň – šelesty tiché, slyšitelné,
3. stupeň – šelesty střední hlasitosti,
4. stupeň – hlučné šelesty,
5. stupeň – šelesty velmi hlasité, slyšitelné při minimálním kontaktu fonendoskopu se stěnou hrudníku,
6. stupeň – šelesty distanční, slyšitelné bez přiložení fonendoskopu na hrudník.

Šelesty 4.–6. stupně jsou obvykle spojené s hmatným vírem. Šelest vyjádřený poměrem 2/6 označuje intenzitu 2. stupně ze šesti možných.

Hlasitost srdečního šelestu je zpravidla úměrná rychlosti krevního proudu mezi dvěma dutinami. Rychlost krevního toku závisí na tlakovém gradientu (spádu) přes ústí, na jeho tvaru a velikosti minutového objemu. Hlučné šelesty vznikají obvykle při vyšším gradientu, menším ústí nebo vyšším minutovém objemu (např. malý defekt komorového septa způsobí hlučný systolický šelest).

Slyšitelnost šelestů je možné zlepšit použitím pomocných manévřů:

- zesílení šelestů při fyzické námaze – u selhávajícího srdce však změna nenastává,
- diastolický šelest u mitrální stenózy je lépe slyšitelný v poloze na levém boku a po cvičení,
- diastolický šelest u aortální regurgitace se vyšetřuje v mírném předklonu vsedě,
- šelesty z pravého srdce zesilují v inspiriu, zeslabují při Valsalvově manévru,
- šelesty z levého srdce zesilují v expiriu.

Podle **kvality poslechu** je možné hodnotit šelesty jako dmychavé, foukavé, muzikální, drsné a hrčivé.

Podle **grafického záznamu** (fonokardiogram) průběhu šelestu je možné dělit šelesty na crescendové, decrescendové a crescendo-decrescendové.

Extrakardiální šelesty jsou šelesty, které nevznikají v srdečních dutinách nebo ve velkých cévách.

Perikardiální šelest vzniká při suché perikarditidě. Poslechově připomíná šelest pleurální, s nímž může být zaměněn (chůze po čerstvém sněhu). Je vázán na srdeční činnost, maxima slyšitelnosti dosahuje na začátku diastoly a na jejím konci. Vymizení šelestu může znamenat ústup perikarditidy, nevylučuje však možnost vzniku výpotku. Nejčastější příčinou perikarditidy bývá virová infekce, akutní infarkt myokardu, systémové onemocnění apod.

Změny srdečních ozev

Akcentace srdečních ozev (2. ozva nad aortou nebo a. pulmonalis) je přítomna při hypertenzi ve velkém nebo malém oběhu.

Oslabení ozev nastává při exsudativní perikarditidě (s poslechem interferuje tekutina výpotku) a plicním emfyzému (interferuje vzdušná plicní tkáň).

1.3 Zobrazovací vyšetření v kardiologii

1.3.1 Skiografie hrudníku

Skiografie hrudníku je základním zobrazovacím vyšetřením hrudníku a orgánů v něm uložených. Každý lékař se dříve nebo později dostane do situace, že bude mít v ruce skiagram hrudníku svého nemocného bez popisu a bude muset být schopen se v něm orientovat. Proto je o něm pojednáno podrobněji než o dalších dvou zobrazovacích metodách – výpočetní tomografii a magnetické rezonanci. Obě jsou v kardiologii důležité, ale provádění i hodnocení nálezů obou vyžaduje intenzivní odborné školení. Pro neodborníka je proto zejména důležitá stručná informace o tom, kdy jsou tato vyšetření namístě a co od nich můžeme očekávat. Vlastní hodnocení na neodborníkovi nikdy nebude a nesmí být. Pro podrobnější přehled způsobu popisu nálezů i schémat jednotlivých vyšetření odkazují na publikace rentgenologů, např. Radiologické nálezy, jak je psát a interpretovat (Neuwirth J. a spol., Triton, Praha 2001).

Skiagram hrudníku se standardně provádí vestoje v zadopřední projekci, pro lepší prostorovou orientaci toto vyšetření lze doplnit bočnou, především levou bočnou projekcí. Pro kardiologické vyšetření jsou důležité zejména tyto údaje:

- Tvar a souměrnost hrudníku, přítomnost vrozených deformit (vpáčené sternum) nebo získaných odchylek tvar hrudníku (po úrazech, chirurgických výkonech), jež všechny mohou ovlivnit uložení srdce v hrudníku, a případné stopy po kardiochirurgických výkonech (drátěné ligatury sterna, stín chlopenních náhrad, stín kardiostimulátoru a stimulačních elektrod, případně katetrů zavedených do srdce a velkých cév).
- Postavení bránice.
- Průběh a šíře trachey, která je patrná jako projasnění.
- Velikost **stínu srdečního**, který je sumací stínu srdce a částí velkých cév s obsahem perikardu. *Skiagram hrudníku není schopen odlišit zvětšení stínu srdečního způsobené zvětšeným srdcem při normálním množství perikardiální tekutiny od zvětšení stínu srdečního při nezvětšeném srdci a přítomném perikardiálním výpotku.* Tuto schopnost má pouze **echokardiografie**. Velikost stínu srdečního bývá vyjádřena ve vztahu k velikosti hrudníku **kardiotorakálním indexem** – KTI (poměr maximální šíře stínu srdečního v zadopřední projekci k maximální vnitřní šíři hrudníku). Normální hodnoty KTI jsou < 0,5. Hodnoty KTI

0,5–0,6 jsou hraniční, hodnoty $> 0,6$ znamenají zvětšení (rozšíření) stínu srdečního, jehož původ je ovšem nutno dále analyzovat.

- Konfigurace stínu srdečního, která je často ovlivněna výškou uložení bránice (výše stojící levá klenba brániční vytlačuje stín srdeční do horizontální polohy). Na levém okraji stínu srdečního v zadopřední projekci je patrný oblouček aorty. Ten je u starších osob s elongovanou aortou (v bočné projekci jsou na plynulém aortálním oblouku patrná zalomení) výrazný, bývá označován jako aortální knoflík, může v něm být patrná i kalcifikace ateromů ve stěně aorty. Distálně od něj je uložen oblouček plicnice, který prominuje u stavů spojených s rozšířením plicnice u výrazné plicní hypertenze i u některých vrozených srdečních vad. Dále následuje oblouček levé předsíně a nejdistanější levý okraj kontury stínu srdečního tvoří okraj levé komory. Při její výrazné hypertrofii je nápadný („aortální tvar stínu srdečního“). Při výrazné prominenci obloučku levé předsíně a plicnice se naopak hovoří o „mitrální konfiguraci“ stínu srdečního.
- Vzdušnost plic, případně přítomnost tekutiny v intersticiu plic, jež zhoršuje transparenici polí plicních a činí obrysy všech útvarů, zejména cév, neostrými. Při alveolárním plicním edému jako nejzávažnějším projevu nedostatečnosti levého srdce jsou patrné obláčkovité stíny v obou polích plicních. Přirozeně nás zajímá i přítomnost zánětlivých infiltrátů v parenchymu plic, různé lokalizace, sytosti a homogennosti. (V podrobnějším popisu těchto změn odkazujeme na příslušnou kapitolu skript z pneumologie.)
- Stav plicních cév, který souvisí s popsányi změnami transparence. V počátečním stadiu jednostranné srdeční nedostatečnosti (tlak v zaklíněné větvi plicnice 18–25 mmHg) se zvětšuje šíře plicních žil, což je zejména patrné v horních polích plicních, kde jsou u zdravého člověka plicní cévy méně výrazné. Při vzestupu tlaku v plicnici můžeme dále změřit při dolním okraji pravého hilu šíři sestupné větve pravé větve plicní tepny (truncus intermedius). Jeho příční šíře u dolního okraje pravého hilu je u muže do 17 mm, u ženy do 15 mm, zvětšuje se při stoupajícím tlaku v plicnici.
- Přítomnost pleurálního výpotku. S hydrotoraxem se setkáváme zejména u jednostranné srdeční insuficience. Tekutina je zpočátku patrná jako srpkovité zastínění kostofrenického úhlu (zejména vpravo), s postupující srdeční insuficiencí se množství výpotku zvětšuje.
- Přítomnost vzduchu v pleurální dutině. Pneumotorax může být komplikací punkce a kanylace velkých žil, tedy iatrogenní, a je třeba po něm pátrat zejména po těchto výkonech. Je patrný někdy jen jako tenký lem oddělující vnitřní povrch stěny hrudní od plic, v němž není patrná cévní kresba plic, může však být i masivní při kolapsu plic k hilu.

1.3.2 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie (CT) je zobrazovací metoda, která od svého uvedení do klinické praxe na počátku 80. let 20. století prošla všestranným, velmi intenzivním vývojem. Její

zvládnutí středním zdravotnickým personálem i lékaři vyžaduje intenzivní výcvik, ve kterém se někdy rozlišuje několik (u lékařů tři) kvalifikačních úrovní. Výchova, výcvik vyžaduje přiměřený čas, úroveň znalostí je přezkoumávána zkušební komisí. Například podle požadavků kardiologických společností USA musí pro dosažení první kvalifikační úrovně uchazeč pod dohledem učitele zhodnotit nejméně padesát vyšetření, ale ještě není oprávněn vyšetření samostatně zhodnotit. Teprve po dosažení druhého stupně odborné znalosti (nejméně čtyři týdny intenzivního výcviku, během kterého mj. musí být uchazeč osobně přítomen nejméně 50 vyšetřením a při kterém zhodnotí nejméně 150 vyšetření, z toho 50 pod dohledem instruktora) získá oprávnění samostatně vyšetření hodnotit. Zvláštního, doplňujícího vzdělání je třeba pro vyšetření s použitím kontrastních látek a pro spirální CT.

Z tohoto důvodu pro neodborníky v oblasti zobrazovacích metod a speciálně CT přinášíme jen několik základních údajů a připomenutí, ve které oblasti vyšetření kardiovaskulárního ústrojí je vhodné CT vyšetření využít:

Podstatou metody je její schopnost optického rozložení vyšetřované části těla na tenké vrstvy, jejichž tloušťku lze zvolit, a odstranění rizika superpozice více vrstev tkání přítomných ve trojrozměrné reálné situaci převodem do dvourozměrného zobrazení.

Podobně jako při skiografii, i zde se setkáváme s různými stupni sytosti orgánů a tkání, která se vyjadřuje Hounsfieldovými jednotkami (HU). Místa plynové náplně mají sytost -1000 HU, voda 0 HU a kompaktní kost +1000 HU.

Hlavní využití CT vyšetření:

- zobrazení anatomie srdce (bez kontrastní látky i s použitím kontrastu) a perikardu;
- dynamické vyšetření funkčních parametrů levé i pravé komory (kupř. ejekční frakce);
- kvantitativní hodnocení obsahu kalcia v koronárních tepnách a zjištění rizikového skóre;
- vyšetřování věnčitých tepen s použitím kontrastní látky, včetně vyšetření vrozených anomálií koronárních tepen, žilních i tepenných bypassových štěpů, dále zobrazení kořene aorty, centrálních oddílů horní a dolní duté žíly. Velkou výhodou je relativní neinvazivnost vyšetření (kontrastní látka se podává nitrožilně). Současně trojrozměrná rekonstrukce umožňuje dobré zobrazení věnčitých tepen;
- vyšetření plicnice a jejích větví při podezření na embolizaci (s použitím kontrastní látky);
- vyšetření vrozených vad srdce a velkých cév;
- statické i dynamické vyšetření hrudní aorty a jejích větví, včetně jejich angiografie.

Nakonec ještě připomenutí **radiační zátěže** CT vyšetření. Ta při každém vyšetření existuje, ale je různé výše. Vyjadřuje se v milisievertech, mSv, a např. při vyšetření kalciového skóre věnčitých tepen činí 0,5–0,7 mSv, při vyšetření CT koronární angiografií činí 6,7–10,9 mSv u muže a 8,1–13,0 mSv u ženy. Pro srovnání – standardní koronární angiografie je spojena se zátěží podstatně nižší, obvykle 2,1 mSv u muže a 2,5 mSv u ženy.

1.3.3 Zobrazení magnetickou rezonancí

Magnetická rezonance (MR) je zobrazovací vyšetření, jehož podstatou je vystavení vyšetřované části těla velmi silnému magnetickému poli, mnohonásobně intenzivnějšímu, než je magnetické pole Země. Intenzita magnetického pole vyšetřovacích přístrojů pro MR se vyjadřuje v jednotkách Tesla, nejobvyklejší jsou přístroje s výkonem 1–3 Tesla. Pro srovnání, intenzita 1 Tesla = 10 000 Gauss, magnetické pole Země má intenzitu 0,5 Gauss.

V takto intenzivním magnetickém poli se aktivují nepárové elektrony jader, zejména vodíku, uhlíku, kyslíku, sodíku, draslíku a fluoru. Energie vzniklá touto aktivací se měří a mnohastupňově počítačově zpracovává, výsledkem je velmi přesné zobrazení tkání vyšetřované oblasti. Kontrastní látkou při vyšetřování MR je chelát gadolinia s kyselinou diethylenetriaminpentaoctovou. Je to látka s minimální nefrotoxicitou, bez rizika anafylaktických reakcí spojených s použitím jodových kontrastních látek při vyšetření CT.

Ačkoli jsou tkáně při vyšetření MR vystaveny velmi silnému magnetickému poli, které nemá v přírodě obdobu, je vyšetření MR bezpečné a samo nepoškozuje tkáně ani životně důležité součásti, např. jadernou či mitochondriální DNA. Tím se zásadně pozitivně odlišuje od všech rentgenologických zobrazovacích metod. Přesto však z něj vyplývá určité omezení. Vyšetření MR **nelze provádět u jedinců, kteří mají v těle předměty obsahující feromagnetické kovy**, tedy např. kardiostimulátory, implantabilní kardiovertery/defibrilátory i stimulační elektrody, byť již nepoužívané. Naproti tomu kovový materiál používaný v moderní kardiochirurgii je nejčastěji vyroben z nemagnetických kovů, a je tedy bezpečný (drátěné ligatury sterna, chlopenní náhrady, většina stentů i cévní svorky používané v neurochirurgii). Rovněž moderní kloubní náhrady jsou bezpečné. Pokud si ale indikující lékař není zcela jist, je vhodné se přesvědčit u výrobce, případně na chirurgickém pracovišti, jež kovový materiál použilo, o jeho bezpečnosti při MR vyšetření.

Hlavní indikace vyšetření MR v kardiologii:

- Přesné zjištění morfologických a funkčních parametrů levé i pravé komory srdeční, vyšetření regionální kontraktility levé komory (s kontrastní látkou) za bazálních podmínek i po farmakologické zátěži dobutaminem nebo adenosinem. Takové vyšetření je možno použít k detekci přítomnosti ischemické choroby srdeční, a zejména k detekci viabilního myokardu v infarktovém ložisku.
- MR koronární angiografie ke zjištění stavu koronárních tepen i implantovaných aortokoronárních bypassů. U věnčitých tepen je vyšetření spolehlivé zejména v proximálních a středních částech tepen. Obraz periferních úseků, s malým průsvitem a často vinutých, může být zatížen řadou artefaktů.
- Vyšetření nemocných s kardiomyopatiemi. Kromě morfologie a funkce komor je MR vyšetření zejména cenné pro zjištění struktury myokardu, zjištění podílu vaziva, případně tukové tkáně u arytmogenní dysplazie pravé komory či depozit železa u hemochromatózy.
- Podobně jako CT, i MR ukáže hlavní morfologické změny onemocnění perikardu, i když CT vyšetření je lepší pro detekci kalcifikací v osrdečniku.

- Vyšetření chlopenních vad, zejména regurgitačních, kde MR umožní přesný výpočet regurgitujících objemů.
- Vyšetření nemocných s vrozenými srdečními vadami, zejména komplexními.
- Angiografická vyšetření, zejména u nemocných se špatnou funkcí ledvin a u pacientů se známou alergií na jodové kontrastní látky. Kromě změn lumina vyšetřených cév ukáží různé typy MR i kvalitu stěny cévní a její změny u ateromatózy, zánětu či při přítomnosti trombu.

Závěrem je třeba zdůraznit, že vyšetření magnetickou rezonancí i CT je třeba chápat jako součást širokého spektra zobrazovacích vyšetření v kardiologii. Screeningovým vyšetřením s vysokou výpovědní hodnotou vždy bude vyšetření echokardiografické, vyšetření CT nebo MR bude vyšetřením upřesňujícím, které ale – při vhodné volbě a po konzultaci s odborníkem v oblasti obou vyšetření – poskytne vysoce specifické informace, důležité pro hodnocení stavu nemocného.

1.3.4 Koronární angiografie

Koronární angiografie je invazivní vyšetření morfologie lumina věnčitých tepen, které se v praxi téměř vždy kombinuje s invazivním vyšetřením tlaků v levé srdeční komoře a s jejím nástříkem kontrastní látkou, s **levostrannou ventrikulografií**.

Při selektivní koronarografii provede vyšetřující nejčastěji punkci stehenní tepny v oblasti tříselného vazů, umístí do místa vpichu zavaděč, který umožňuje výměnu cévek, a postupně retrográdně pronikne cévkou tvarovanou speciálně pro vyšetření levé a pravé věnčité tepny přes aortální oblouk až do kořene aorty. Po nasondování se věnčitá tepna nástříkne jodovou kontrastní látkou, jejíž průtok se sleduje přímo na obrazovce a zaznamenává se na vhodné médium.

Alternativou přístupu přes femorální tepnu je přístup tepnou radiální na předloktí. Používá se stále častěji, zejména proto, že při něm odpadá riziko krvácení v místě punkce stehenní tepny, a proto i nezbytnost 24hodinového klidu na lůžku po výkonu. Vyžaduje ovšem především technickou zdatnost katetrizujícího a speciální vybavení s tenkými cévkami, zavaděči i všemi ostatními pomůckami. Při použití přístupu radiální tepnou se koronarografie stává ambulantním, i když invazivním vyšetřením.

Indikace koronarografie (podle směrnice České kardiologické společnosti) jako **elektivního**, tedy nikoli neodkladného vyšetření:

- **Symptomatictí** nemocní, koronarografie je **jednoznačně indikovaná**:
 - nemocní s námahovou anginou pectoris 3. a 4. třídy podle CCS při nedostatečné reakci na standardní medikamentózní léčbu;
 - nemocní s námahovou anginou pectoris 1. a 2. třídy podle CCS, kteří jsou výrazně omezeni ve svých aktivitách, nesnášejí standardní medikamentózní léčbu, jsou před rozsáhlejším obecně chirurgickým výkonem, prodělali akutní infarkt myokardu anebo byli úspěšně resuscitováni kardiopulmonální resuscitací;
 - nemocní s nestabilní anginou pectoris;
 - nemocní s variantní (vazospastickou) anginou pectoris;

- všichni symptomatictí nemocní po akutním srdečním infarktu, kteří nebyli v akutní fázi léčení perkutánní intervencí či bypassovým výkonem.
- **Symptomatictí nemocní, kdy indikaci je nutno individuálně zvážit:**
 - nemocní s anginou pectoris 1. a 2. třídy ve věku do 40 let po akutním infarktu myokardu;
 - ženy věku do 40 let s pozitivním zátěžovým testem;
 - nemocní se zlepšením anginy pectoris z třídy 3–4 na stupeň 1–2 při antianginózní léčbě;
 - nemocní s pozitivním zátěžovým testem s dobrou systolickou funkcí levé srdeční komory.
- **Symptomatictí nemocní, kde koronarografie není indikována:**
 - nemocní s jiným závažným a život ohrožujícím onemocněním;
 - nemocní ve špatném celkovém stavu, zejména ve vysokém věku.
- **Asymptomatictí nemocní, koronarografie je indikována:**
 - při jednoznačném objektivním průkazu ischemie myokardu zátěžovým testem, radionuklidovým vyšetřením, echokardiograficky či izotopovou ventrikulografií;
 - při podezřelé anamnéze u osob vykonávajících zaměstnání s odpovědností za životy dalších osob (piloti, profesionální řidiči, letečtí dispečeri) anebo u osob s velkou profesionální psychickou zátěží (policisté, hasiči);
 - u nemocných po úspěšné kardiopulmonální resuscitaci, jejíž příčina nebyla jinak objasněna, je-li podezření na možnou ischemickou etiologii;
 - u nemocných po transplantaci srdce.
- **Asymptomatictí nemocní, kde je nutno indikaci individuálně zvážovat:**
 - nemocní s pozitivní ergometrií při přítomnosti dvou a více rizikových faktorů;
 - nemocní s hraničním výsledkem ergometrie (deprese ST > 1 mm, ale < 2 mm při pozitivitě jiného objektivního průkazu ischemie myokardu);
 - nemocní po prodělaném Q infarktu myokardu bez poruchy funkce levé komory a bez vysokého rizika, je-li alespoň jeden objektivní test průkazu ischemie myokardu pozitivní;
 - nemocní po revaskularizačních výkonech a pozitivitě neinvazivních průkazů ischemie;
 - nemocní s pozitivitou neinvazivního testu ischemie myokardu před elektivním rozsáhlým nekardiálním chirurgickým výkonem.
- **Asymptomatictí nemocní, koronarografie není indikována:**
 - při izolovaném nálezů abnormální EKG křivky;
 - nemocní, u nichž dosud nebyl podán neinvazivní průkaz přítomnosti ischemie myokardu;
 - nemocní po revaskularizačních výkonech bez neinvazivního průkazu ischemie myokardu.
- Koronarografie je dále indikována u nemocných s chlopenními vadami nebo s vrozenou srdeční vadou indikovaných ke kardiochirurgickému výkonu, jsou-li starší 40 let anebo mají-li bolesti na hrudi.

- Koronarografie je indikována u nemocných se špatnou systolickou funkcí levé komory s podezřením na dilatovanou kardiomyopatii, k vyloučení ischemické etiologie srdeční dysfunkce.
- Koronarografie je indikována jako **akutní** vyšetření u akutního infarktu myokardu k ozřejmění nálezu na věnčitých tepnách. Podrobnosti této indikace jsou uvedeny v kapitole 2.4.

Kontraindikace koronarografie:

- čerstvá cévní mozková příhoda;
- krvácení do trávicího ústrojí;
- nekontrolovaná hypertenze;
- horečnaté onemocnění, infekce;
- rozvrat vnitřního prostředí;
- pokročilá anemie;
- jiné závažné onemocnění – pokročilá insuficience ledvin či jater, nádorová onemocnění ve stadiu generalizace.

1.3.5 Intravaskulární ultrazvukové vyšetření

Intravaskulární ultrazvukové vyšetření (IVUS) je invazivní zobrazovací vyšetření, které využívá principu odrazu ultrazvukových signálů v jednotlivých vrstvách cévní stěny. Měníč je umístěn na konci speciální vyšetřovací cévky, která se zavádí do vyšetřované cévy perkutánně. Může se jednat buď o jeden měnič mechanicky rotující rychlostí 1800 otáček/min, anebo o systém elektronický, který využívá série menších piezoelektrických krystalů, jež mohou střídavě ultrazvukové signály vysílat a přijímat. Mechanický systém vyžaduje jednak oplachování fyziologickým roztokem, aby konec cévky byl obklopen tekutým prostředím, a dále při vyšetření mohou vzniknout obtíže ze ztíženého pohybu mechanického náhonu měniče, který v extrémním případě (ostré zaúhlení cévy) může až prasknout. Tyto nevýhody odstraňují systémy elektronické, které dovolují i barevné mapování krevního proudu ve vyšetřované cévě.

Vyšetření pomocí IVUS doplňuje invazivní vyšetření angiografické, jehož výsledky upřesňuje, zejména v těchto oblastech:

- **Věnčité tepny:**
 - měření průsvitu vyšetřované cévy;
 - přestavba (remodelace) stěny cévní;
 - morfologie aterosklerotického plátu, rozlišení plátu fibrózního od měkkého plátu bohatého na lipidy anebo kalcifikovaného;
 - vyšetření intrakoronárního obsahu kalcia – pro toto vyšetření je IVUS nejcitlivější detekční metodou;
 - případná excentricita aterosklerotických plátů;
 - detekce případné disekce po intrakoronární intervenci a její rozsah;
 - umístění a stav stentu;
 - vyšetřování vaskulopatie transplantovaného srdce.

■ **Aorta, karotidy a končetinové tepny:**

- IVUS je někdy citlivější než angiografie pro detekci aterosklerotických i dalších změn (přítomnost trombu) u cév uložených v hloubce tkání hrudníku, břicha i v oblasti stehna;
- i zde je IVUS vhodný pro posouzení výsledku intravaskulární intervence.

1.4 Elektrokardiografie

Elektrokardiografie (EKG) je neinvazivní vyšetřovací metoda, která slouží ke sledování elektrické aktivity srdce. EKG hraje důležitou roli nejen v diagnostice řady srdečních poruch (zejména srdečního infarktu, ischemie a arytmií), ale i v odhalování chorob, jejichž příčina leží mimo srdce (iontové dysbalance, poruchy činnosti štítné žlázy apod.).

Podstatou kmitů a vln na EKG záznamu jsou změny elektrického pole srdečního. Pole vzniká kolem srdce a šíří se vodivými tkáněmi těla. Pokud je elektrický signál dostatečně zesílen, je možné elektrické pole srdeční registrovat i na povrchu těla.

Zdrojem EKG křivky je zejména elektrická aktivita srdeční svaloviny (myokardiální buňky, pokud jsou aktivovány a šíří se po nich akční napětí). Sčítáním elektrických polí všech svalových buněk, které jsou v daném okamžiku aktivovány, vzniká výsledné elektrické pole srdeční. Elektrické pole vzniká pouze na rozhraní depolarizované a repolarizované části srdeční buňky.

Za fyziologických okolností vzniká vzruchová aktivita v sinoatriálním (SA) uzlu, který je lokalizován v pravé síni v místě vyústění horní duté žíly. Z SA uzlu se vzruchová aktivita šíří na obě síně až k atrioventrikulárnímu (AV) uzlu. Depolarizace síní vede ke kontrakci síní a na EKG se zobrazí vlna P. V okamžiku, kdy jsou všechny buňky v síních depolarizovány, skončí vlna P a na EKG se objeví izoelektrická linie (úsek PQ). V AV uzlu dochází ke zpomalení postupu vzruchové aktivity. Toto zbrzdění je nutné k zajištění optimálního časového odstupu mezi kontrakcí síní a komor. Z AV uzlu se vzruch šíří velmi rychle pomocí Hisova svazku a Tawarových ramének do obou komor, které jsou prakticky zároveň aktivovány. O něco dříve se aktivuje mezikomorové septum, ve kterém se depolarizace šíří zleva doprava. V EKG záznamu se depolarizace septa zobrazí jako kmit Q ve svodech V5 a V6. Následuje postup vzruchové aktivity směrem k srdečnímu hrotu a odtud na volné stěny obou komor. Depolarizace se v komorách šíří směrem od endokardu po epikard. Vzhledem k tomu, že svalovina levé komory je výrazně mohutnější než svalovina pravé komory, probíhá depolarizace levé komory delší dobu. Je-li ukončena depolarizace obou komor, na EKG se objevuje úsek ST.

Repolarizace komorového myokardu probíhá opačným směrem než depolarizace, tj. od volných stěn obou komor směrem k mezikomorovému septu a od epikardu po endokard. Repolarizace komor vede ke vzniku vlny T. Vzhledem k tomu, že repolari-