

## 5 Zobrazovacie diagnostické metódy nepoužívajúce ionizované žiarenie

Rádiológiu už od objavu W.C.Röntgena charakterizujú predovšetkým vyšetrovacie metódy používajúce ionizujúce žiarenie. Vedecké a technické objavy posledných desaťročí posunuli rádiológiu aj do oblastí využitia ultrazvuku a magnetického poľa. Fyzikálne princípy oboch uvedených vyšetrovacích metód sú známe už od polovice minulého storočia, ale až vývin počítačových technológií umožnil ich široké využitie v medicíne.

### 5.1 Ultrazvukové zobrazovacie metódy

Princípom ultrazvukovej vyšetrovacej metódy je zobrazenie orgánov a tkanív ľudského tela pomocou zvukových vln s vysokou frekvenciou. Vyniká tým, že pacienta netraumatizuje a je ekonomicky relatívne nenáročné.

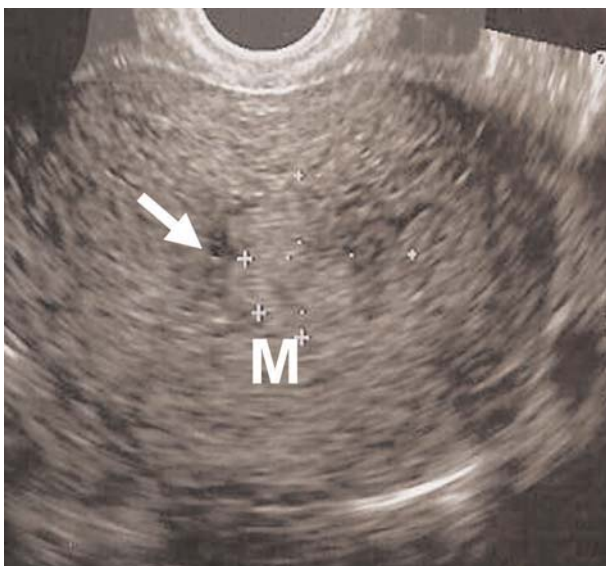
Na rozdiel od röntgenového žiarenia sa ultrazvuk v medicíne presadzoval oveľa pomalšie. Základom využitia ultrazvuku sa stalo objavenie piezoelektrického javu **P.Curiem** v roku 1898, čo neskôr **P.Langevin** využil pri výrobe prvých ultrasonografických (USG) sond. Prakticky sa začal ultrazvuk využívať až v priebehu I. svetovej vojny na vyhľadávanie ponoriek a mín. Toto zariadenie z roku 1916 sa nazývalo ASDIC (*Anti Submarin Detection and Investigation Committee*). Jeho princíp sa stal základom pre konštrukciu hydroecholotu (*hlbkomeru*) a zariadenia pre vyhľadávanie krdľov rýb. V II. svetovej vojne sa tento zdokonalený systém používal pod názvom sonar. V anglosaskej literatúre sa dodnes z tradície používa tento termín aj pre ultrazvukovú medicínsku diagnostiku - **sonography, ultrasonography**.

Celkom nezávisle a rozdielne sa vyvíjala medicínska ultrazvuková diagnostika, ktorej rozvoj bol oveľa zložitejší a dlhší s ohľadom na konštrukčnú náročnosť diagnostických prístrojov. Prvé správy o diagnostickom využití ultrazvuku uverejnil viedenský neurológ **Dussik** v roku 1942 a túto metódu používal na zobrazenie mozgových komôr. Išlo o jednorozmerný ultrazvukový obraz (*tzv. A obraz, odvodené od slova amplituda, Obr.65*). V roku 1952 **Howery a Wild** predložili prvé pokusné výsledky štúdie biologických vlastností tkanív metódou echografickej ultrasonografie. Obrazy realizované

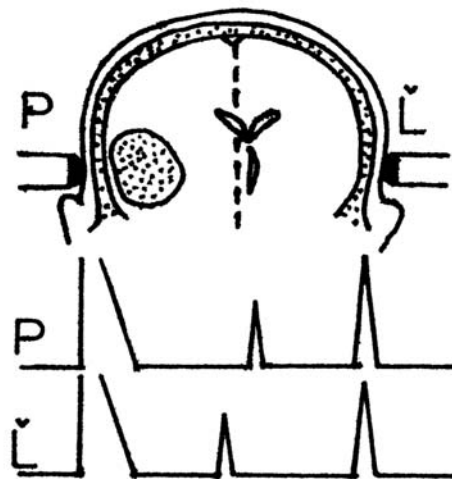
pomocou echografov prvej generácie sa objavili koncom 60-tych rokov minulého storočia a boli vyhotovené manuálnymi výkyvmi sondy. Tieto takzvané bistabilné obrazy, s dvoma úrovňami svetlosti, znázorňovali siluetu vyšetrovaných orgánov alebo lézií. Obraz sa získaval až po niekoľkých sekundách a pohybový šum znižoval kvalitu interpretácie.

Až v 70-tych rokoch sa zjavili prístroje s mechanickými výkyvmi, rýchly pohyb sondy zabezpečoval servo motor. Toto zlepšenie umožňovalo získať viaceré obrázky za sekundu a tkanivá sa už dali vyšetrovať v reálnom čase. Echo štruktúra tkanív sa stala viditeľnou pomocou záznamu obrazu v škále odtieňov sivej farby.

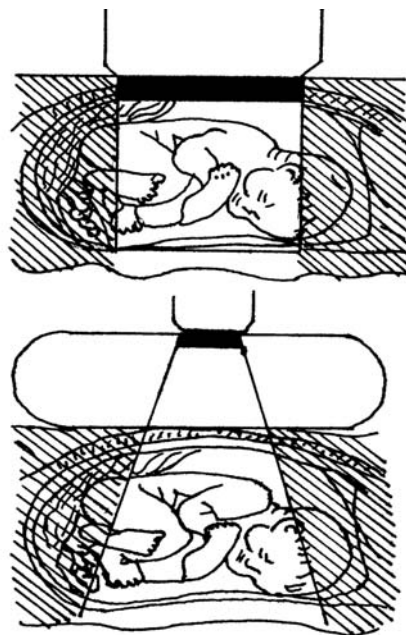
V ďalších rokoch sa kvalita USG obrazu ďalej zlepšovala zásluhou ultrazvukových konvexných sond, ktoré umožňovali dvojrozmerný ultrazvukový obraz (*B-obraz*, Obr.



*Obr. 67 Intravaginálna sonografia*



*Obr. 65 Schéma ultrazvukového A - obrazu*



*Obr. 66 Schéma ultrazvukového B-obrazu lineárnou a sektorovou sondou*

66). fokusáciu zväzku do rôznych hĺbok a digitalizáciu obrazu, ktorá optimalizuje dynamiku škály sivej farby. Následným technickým pokrokom došlo k miniaturizácii ultrazvukových sond s vysokou frekvenciou, čo umožnilo vznik



*Obr. 68 Trojrozmerná rekonštrukcia ultrazvukového vyšetrenia plodu*

nových, úzko špecializovaných USG vyšetrovacích metodík - endosonografických metód (*endovagiálna, endorektálna, transezofagálna a endovaskulárna, Obr.67*)).

**Trojrozmerný (3D) ultrazvuk** sa objavil už pred 10 rokmi ako nová možnosť ultrazvukového zobrazenia. Prostredníctvom série dvojrozmerných obrázkov je rekonštruovaný 3D obrázok (Obr.68).

**4D (štvorrozmerné) zobrazenie** je najnovšia technológia, pri ktorej rýchlo snímané trojrozmerné obrázky umožňujú

vyšetrenie plodu, alebo jeho orgánov plasticly, v reálnom čase. Tento špeciálny spôsob zobrazenia pridáva k trojrozmernému obrazu ešte ďalšiu dimenziu, ktorou je čas.

Pomocou 4D technológie je možné pozorovať anatómiu jednotlivých orgánov v reálnom čase. Napríklad je možné detailne študovať pohyby končatín plodu, mimiku tváre, srdcovú činnosť. Je nevyhnutné zdôrazniť, že 3D technológia nenahrádza klasické dvojrozmerné zobrazenie, ale vhodne ho dopĺňa.

Celkom nezávisle na dvojrozmernej ultrazvukovej zobrazovacej technike sa rozvíjala dopplerovská ultrazvuková technika. V medicíne sa tieto prístroje uplatnili prekvapivo neskôršie, aj keď je ich konštrukcia jednoduchšia. Prvý prietokomer na princípe dopplerovského merania bol skonštruovaný až v roku 1954.

Absolútnou výhodou ultrazvukového vyšetrenia je jeho bezpečnosť (*zatiaľ sa nedokázali žiadne nepriaznivé účinky ultrazvuku na ľudský organizmus ani pri opakovaných použitiach*) a všeobecná dostupnosť. (*14,30,35,51,56*)

### **5.1.1 Fyzikálne princípy ultrazvuku**

Ultrazvukové vlny sú mechanické vibrácie s vysokou frekvenciou. V medicíne sa využíva frekvencia od 1 do 12 MHz. Rýchlosť šírenia vln závisí od mernej hmotnosti prostredia a jeho elasticity (E). Pre rýchlosť šírenia

platí vzťah:

$$v = E / \rho$$

Rýchlosť šírenia ultrazvuku je pre jednotlivé prostredia charakteristická. Vo všetkých mäkkých častiach ľudského organizmu sa ultrazvuk šíri približne rovnakou rýchlosťou (*napr. vo vode 1 540 m/s, v tukovom tkanive 1 450 m/s, vo svaloch 1 600 m/s a v pečeni 1 550 m/s*). Rýchlosť šírenia vzduchom je 330 m/s a v kostnom tkanive približne 3 000 m/s.

Pri vyšetrení ultrazvukom platí pravidlo: čím vyššia frekvencia použitého ultrazvuku, tým lepší obraz, ale ultrazvuk preniká plytšie. Naopak, nižšie frekvencie ultrazvuku majú lepšiu prenikavosť, ale slabšie zobrazovacie schopnosti. Kvalita vyšetrenia závisí tiež vo vysokej miere od prostredia. Zvuk sa lepšie šíri v tekutom, ako v plynnom prostredí a má tiež svoje zákonitosti pri prenikaní na rozhraniach jednotlivých prostredí. Napríklad na rozhraní tekutina - plyn dôjde k takej absorpcii ultrazvuku, že je obraz nehodnotiteľný.

Vlnová dĺžka ultrazvuku je funkciou rýchlosti šírenia a frekvencie podľa vzťahu:

$$\lambda = v / f$$

Napríklad vlnová dĺžka ultrazvuku s frekvenciou 5 MHz vo vode je 0,308 mm. (14,30)

### 5.1.2 Echogenita a základné typy ultrazvukových obrazov

Pri ultrazvukovom vyšetrení jednotlivých orgánov sa rozoznávajú šesť základných druhov získaných obrazov:

- cystický obraz s anechogénnym vnútrom (*bez ultrazvukového odrazu*). Cysty majú v ultrazvukovom obraze anechogénne vnútro. Sú vyplnené tekutinou a na obrazovke ultrazvukového prístroja mávajú typicky čierne, dobre ohraničený, okrúhly alebo elipsovité tvar. Ich vzdialenejšia stena sa zobrazuje lepšie. Za väčšími cystami vznikajú tzv. reverberačné (*opakovacie - na ultrazvukovom obraze sú viditeľné viacnásobné odrazy*) echá, alebo sa pozorujú aj okrajové akustické tieňe.

- solidný útvar s homogénnym vnútrom. Solidné útvary sa v závislosti od štruktúry a charakteru odrazu ultrazvukového signálu delia na silno (hyperechogénne), stredne (izoechogénne) alebo mierne echogénne (hypoechogénne). Podľa charakteru tkaniva sú dostatočne, dobre, alebo menej zreteľne ohraničené.

- komplexný obraz. Obraz komplexného útvaru poskytuje cysta s nedostatočne ohraničenými nepravidelnými stenami, vo vnútri sa nachádzajú hyperechogénne štruktúry. Príkladom môžu byť abscesy, hematómy alebo nekrotizujúce nádory.

- echogénny obraz s akustickým tieňom. Obraz echogénneho ložiska s akustickým tieňom poskytujú konkrementy, ktoré sú typicky hyperechogénne a za nimi sa zobrazuje akustický tieň. Príkladom sú žlčové alebo obličkové kamene.

- obraz kométy. Obraz kométy vzniká pri nahromadení plynových bublín v čreve na rozhraní tekutého obsahu. Pri USG pozorovaní sa vyskytujú aj zmeny vyvolané peristaltikou čriev.

- prstencový obraz. Možno ho pozorovať pri priečnom zobrazení tenkého aj hrubého čreva (*tzv. obraz kokardy*), alebo pri pečňových metastázach. Obraz je charakteristický hyperechogénnou centrálnou oblasťou obklopenou na periférii hypoechogénnym lemom. (31,35)

### 5.1.3 Ultrazvukové vyšetrenie pečene

Ultrazvukové vyšetrenie pečene je prvou metódou voľby pri podozrení na patologický proces v oblasti tohto orgánu. Keďže je to nenáročné a jednoduché vyšetrenie. Možno ho indikovať ako úvodné vyšetrenie pri akýchkoľvek problémoch s pečňou alebo pri dyspeptických ťažkostiach. Využíva sa aj pri cielených biopsiách pečene tenkou ihlou a pri terapeutických výkonoch, napríklad pri drenáži pečňových abscesov.



*Obr. 69 USG vyšetrenie pečene*

Pri ultrazvukovom vyšetrení peč-

ne a žlčových ciest je najvhodnejšia poloha pacienta na chrbte alebo na boku a vyšetrovaný by mal byť nalačno. USG obraz sa získava počas maximálneho nádychu v apnoickej pauze.

Sonografiou sa sleduje echogenita parenchýmu pečene (Obr.69), veľkosť pečeňových lalokov, kontúry pečene a jej pohyby. Ďalej sa pozoruje priebeh vrátnicovej žily, ductus choledochus a intrahepatálnych vén, ktoré ústia do dolnej dutej žily.

#### 5.1.4 Ultrazvukové vyšetrenie žlčníka a žlčových ciest

USG vyšetrenie sa vďaka svojej dostupnosti a presnosti stalo dominujúcou diagnostikou pri patologických stavoch žlčníka a žlčových ciest.

Pacient by mal prísť na USG vyšetrenie žlčníka nalačno. Vyšetruje sa po ležiaci v polohe na chrbte, alebo na ľavom boku, niekedy i v stojí.

Náplň je zdravého žlčníka je v USG obraze vždy anechogénna (Obr.70).



*Obr. 70 USG vyšetrenie žlčníka*

Pri cholecystolitiáze sa zisťujú hyper-echogénne solitárne alebo viacpočetné ložiská s typickým echotieňom. Akútna cholecystitída sa prejaví typickým USG obrazom, v ktorom je zhrubnutie steny žlčníka priemerne o viac ako 4 mm s dvojitou kontúrou. Pri chronickej cholecystitíde pretrváva v USG obraze zhrubnutie steny a celý žlčník je zvráštený a atrofický.

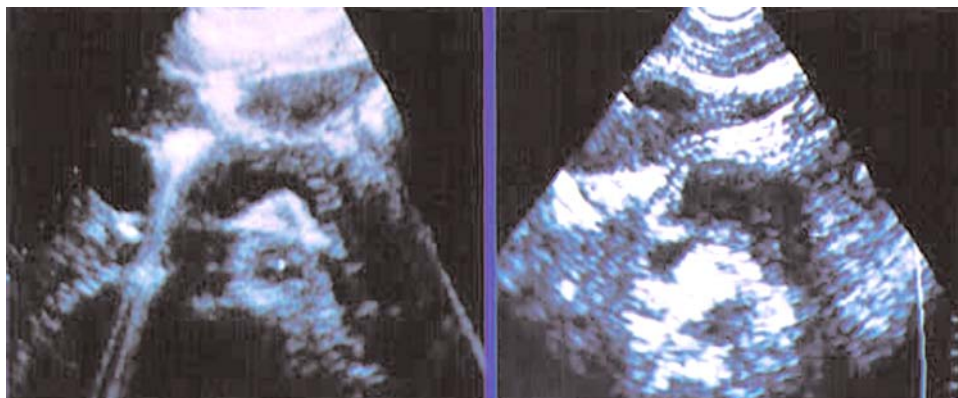
#### 5.1.5 Ultrasonografia pankreasu

USG vyšetrenie pankreasu, ktorý je uložený retroperitoneálne, je pomerne komplikované. Medzi hlavné indikácie na vyšetrenie patrí akútna a chronická bolesť brucha, neprimerané chudnutie, ikterus (*žltáčka*), úrazy brušnej dutiny a orgánov v nej uložených, cukrovka a ďalšie endokrinopatie.

USG obrazy pri vyšetrovaní pankreasu nie sú špecifické (Obr.71), ale môžu potvrdiť existenciu organickej lézie alebo komplikácie (*kalcifikácie, edém,*



dilatáciu ductus pancreaticus). Vo vybraných situáciách USG vyšetrenie pomáha pri cielej punkcii patologickej masy alebo nahromadenej tekutiny v pankrease.



*Obr. 71 USG vyšetrenie pankreasu - vľavo normálny nález, vpravo USG obraz akútnej pankreatitídy*

#### 5.1.6 Ultrasonografia obličiek a močového mechúra

Ďalším orgánom, vhodným na ciele USG vyšetrenie, sú obličky, slezina a močový mechúr. Pacient sa vyšetruje poležiaci v polohe na chrbte, na pravom alebo ľavom boku a postojací. USG obrazom sa sledujú anatomické pomery, veľkosť, kontúry a charakter parenchýmu obličiek s typickou echoštruktúrou. Dôležitý je, samozrejme, vzťah obličiek k okolitým orgánom. V USG obraze má oblička centrálny echokomplex, ktorý je tvorený tukovým a väzivovým tkanivom a poskytuje výrazne hyperechogénny obraz. Periférnu časť tvorí kôrová parenchymatózna vrstva s podobnou echoštruktúrou, ako má pečeň (Obr.72). Pomer parenchýmu k centrálnemu echokomplexu by mal byť približne 2 : 1. Vylučovací kalichovopanvičkový systém obličky je možné kvalitne zobrazíť len pri patologických stavoch. USG obraz chorobných zmien na obličkách je jednoznačný pri poruchách odtoku moču s prekážkou v odvodových močových cestách (napr. konkrement) a vzniku hydro-



*Obr. 72 USG vyšetrenie obličky*

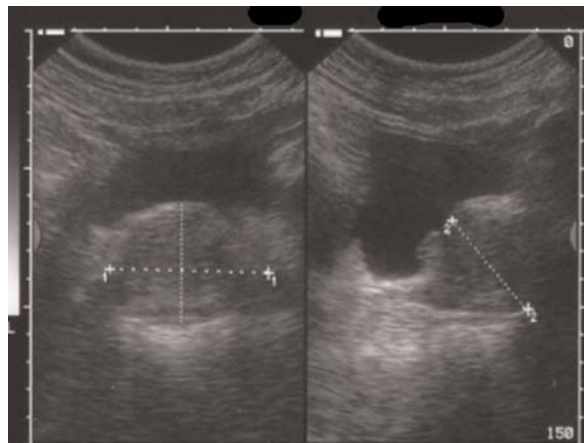
rou, ako má pečeň (Obr.72). Pomer parenchýmu k centrálnemu echokomplexu by mal byť približne 2 : 1. Vylučovací kalichovopanvičkový systém obličky je možné kvalitne zobrazíť len pri patologických stavoch. USG obraz chorobných zmien na obličkách je jednoznačný pri poruchách odtoku moču s prekážkou v odvodových močových cestách (napr. konkrement) a vzniku hydro-

nefrózy. Ideálne sa zobrazujú cystické procesy (napr. kortikálne cysty). Pri malignómoch sa pozoruje invázia nádoru do perirenálneho priestoru.

Pri vyšetrení močového mechúra (Obr.73) sa u muža prehliada ultrazvukom aj prostata (Obr.74), u ženy maternica a vajčníky.



*Obr. 73 Ultrazvukové vyšetrenie močového mechúra*



*Obr. 74 Ultrazvukové vyšetrenie prostaty*

### 5.1.7 Ultrazvukové vyšetovanie prsníka

USG vyšetrenie prsníkov pomocou moderných sond s vysokým rozlíšením (7,5 - 10 MHz) je v súčasnosti považované za nevyhnutnú súčasť kompletného vyšetrenia prsníkov (Obr.75). Je to najvýznamnejšia doplnková metóda mamografie, prinášajúca ďalšie, klinicky relevantné informácie pri diferencovaní lézii, najmä u denzných, neprehľadných prsníkov. Ultrazvuková metóda vyšetovania prsníkov vyniká všeobecnou dostupnosťou, rýchlosťou a bezpečnosťou.

Indikácie na ultrazvukové vyšetrenie prsníka:

- je to základná a úvodná vyšetovacia metóda u žien vo veku do 30 rokov, u tehotných a žien počas laktácie,

- ultrazvukové vyšetrenie prsníkov sa používa na identifikáciu



*Obr. 75 Ultrazvukové vyšetovanie prsníkov*

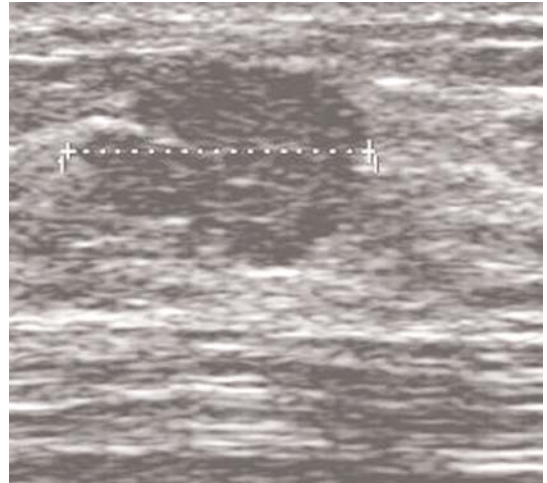




*Obr. 76 USG prsníka -  
cystický hypoechogénny útvar*

a charakterizovanie palpovateľných alebo nehmatných abnormalít, najmä pre odlíšenie cystických a solídnych lézií (Obr.76),

- peroperačná USG kontrola po odstránení patologických nálezov alebo procesov (Obr.76, 77, 78, 79),



*Obr. 77 USG vyšetrenie prsníka -  
fibroadenóm*

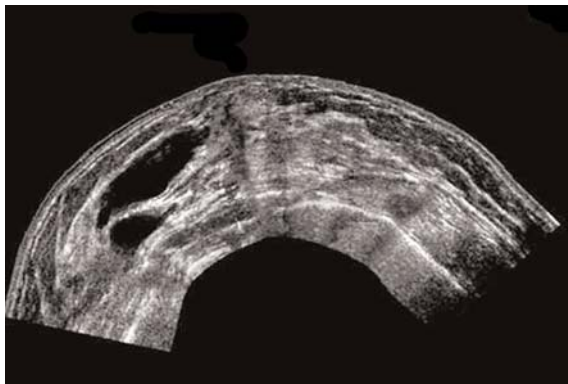
- doplnkové kontrolné vyšetrenie pooperačných zmien a nálezov po rádioterapii,

- USG prsníka je aj doplnkovým vyšetrením po hysterektómii,

- ultrazvukové vyšetrenie prsníkov sa používa aj na diferenciaciu problémov spojených s prsníkovými implantátmi.

- každá žena vo veku 25-45 rokov by mala USG vyšetrenie prsníkov absolvovať raz ročne.

Hodnotenie ultrazvukového vyšetrenia prsníka musí obsahovať: popis celkového charakteru parenchýmu prsnej žľazy, presnú lokalizáciu prípadného



*Obr. 78 Panoramatický USG obraz  
cysty prsníka*



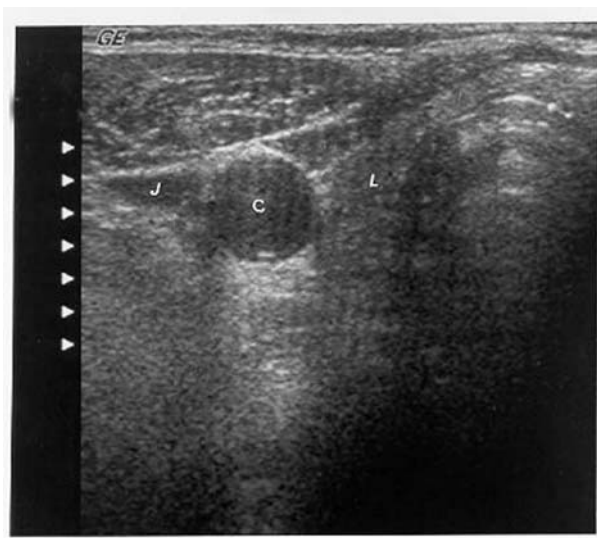
*Obr. 79 USG prsníka -  
kalcifikáty*

patologického ložiska, jeho sonografický popis, udanie veľkosti, popis zmien v okolí ložiska aj údaje o axilárnych lymfatických uzlinách.

Najdôležitejším diagnostickým prínosom USG vyšetrenia prsníka je hodnotenie pravdepodobnej histologickej povahy lézie podľa nálezu, jeho porovnanie s klinickým nálezom, či popisom z iného vyšetrenia a odporúčanie pre ďalší diagnostický alebo terapeutický postup.

### 5.1.8 Ultrazvuková diagnostika porúch štítnej žľazy

V ultrazvukovom obraze sa štítna žľaza zobrazuje ako symetrický, dobre ohraničený útvar uložený pred a po stranách priedušnice. Má hypoechogénny charakter (Obr.80). Na určenie lokalizácie štítnej žľazy pri USG vyšetrení pomáha aj identifikácia spoločnej krkavice a krčnej žily, ktoré sú umiestnené za lalokmi štítnej žľazy. USG obraz pomerne presne rozlišuje zdravé tkanivo štítnej žľazy od rôznych patologických procesov ako sú nádory, niektoré benígne lézie, zmeny tvaru a veľkosti, prípadne nepravidelnosti a zrnitosť v parenchýme štítnej žľazy. Pred týmto vyšetrením nie je potrebná žiadna špeciálna príprava a vyšetrenie sa vykonáva v ľahu na chrbte s mierne zaklonenou hlavou.

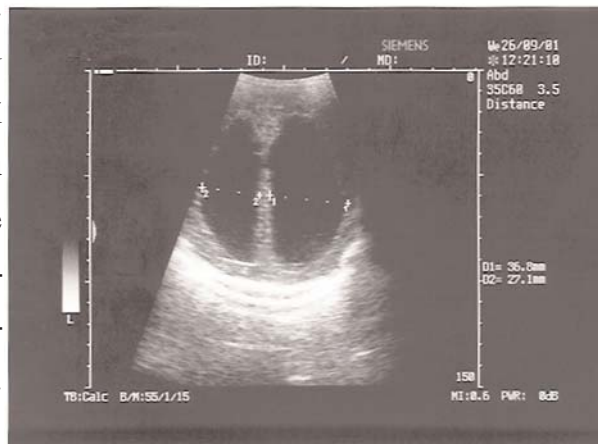


*Obr. 80 USG vyšetrenie štítnej žľazy -  
L - lalok štítnej žľazy,  
C - obrys krčnice, J - obrys v. jugularis*

### 5.1.9 Pediatrická ultrasonografia

Ultrasonografické vyšetrenia v pediatrii sa vykonávajú podobným spôsobom, ako u dospelých. USG mozgu sa vykonáva cez otvorenú veľkú fontanelu vo frontoparietálnej oblasti v stredovej línii, alebo cez malú fontanelu okcipitoparietálne. Týmto spôsobom sa dieťa môže vyšetrovať až do veku 1 roka. Neskôr už zrastené kostené lebečné švy bránia prenikaniu ultrazvuku a zne-

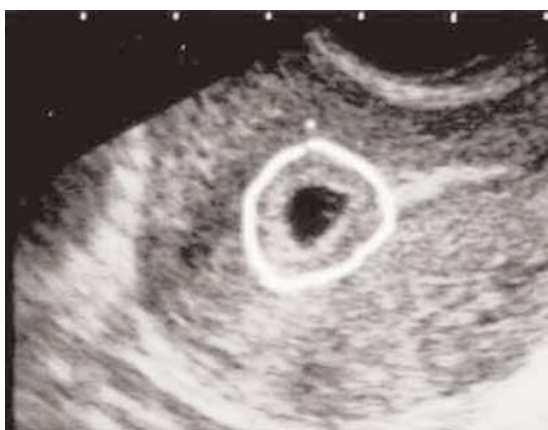
možňujú získať kvalitný USG obraz. Medzi najčastejšie indikácie USG vyšetrenia hlavy v pediatrii patrí rozšírenie komorového systému pri hydrocefale (Obr.81), mozgové hemorágie, ischemické stavy bezprostredne po narodení a rôzne vrodené malformácie a vývinové chyby.



*Obr. 81 USG intrakraniálneho priestoru novorodenca - hydrocefalické rozšírenie oboch bočných komôr*

### 5.1.10 Ultrazvukové vyšetrenia v gynekológii a pôrodnictve

Využitie ultrazvuku v diagnostickej starostlivosti o ženu je mnohostranné. Najširšie uplatnenie však našla ultrazvuková diagnostika priebehu celého tehotenstva, pretože vtedy sa v brušnej dutine vytvárajú veľmi priaznivé fyzikálne podmienky pre diagnostické uplatnenie ultrazvuku. Už bezprostredne po nidácii oplodneného vajíčka v maternici sa okolo neho vytvára lem tekutiny, čo umožňuje pomerne skorú diagnostiku v počiatočných fázach tehotenstva (Obr.82). Ďalší vývin plodu uloženého v prostredí amniovej tekutiny je tiež z akustického hľadiska veľmi výhodný a optimálny pre registráciu postupujúcej gravidity. Najpresnejšie sa pri ultrazvukovom vyšetrení plodu



*Obr. 82 USG vyšetrenie plodového vajíčka v 5. týždni tehotenstva*

zobrazuje hlavička dieťaťa a jej obsah, lebo predstavuje pomerne presne definovanú štruktúru s dobrým odrazom a rozdielom oproti okolitým tkanivám. Táto skutočnosť sa využíva aj pri meraní biparietálneho priemeru hlavičky plodu a určovaní jeho zrelosti (*výpočet predpokladaného termínu pôrodu, Obr. 83*). Menej zreteľné, ale diagnosticky využiteľné, je zobrazovanie srdca plodu a placenty, vrátane sledovania a me-



*Obr. 83 USG vyšetrenie plodu  
v 9. týždni tehotenstva*

vu, len v úvodných týždňoch gravidity niekedy zobrazovanie sťažuje nadmerná črevná plynatosť. Je výhodné, ak vyšetrenie prebieha s plným močovým mechúrom (*pacientka sa približne 2 hodiny pred vyšetrením napije a potom zdržiava mikciu*). USG vyšetrenie sa vykonáva v ľahu na chrbte v dvoch základných rovinách - longitudinálnej a transverzálnej. (14,35,51,52,54,56)

### **5.1.11 Dopplerovská ultrasonografia**

Podstata Dopplerovho efektu spočíva v zmene odrazu ultrazvukových signálov, ktoré sa odrážajú od pohybujúceho sa vyšetřovaného cieľa. Táto zmena je priamo úmerná rýchlosti odrážajúceho rozhrania (**Dopplerov jav**).

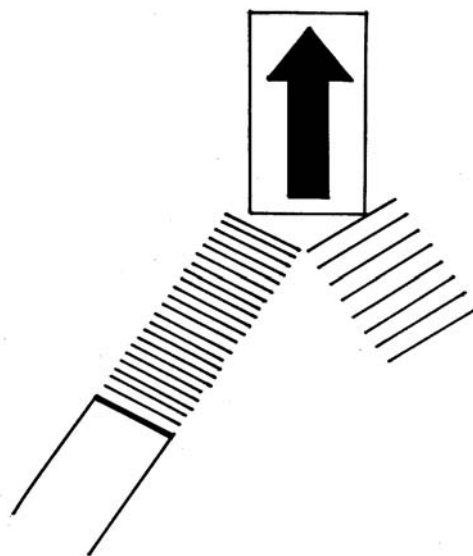
Najjednoduchším príkladom na vysvetlenie tohto efektu je pískanie prichádzajúceho rušňa, ktoré počuje poslucháč v čoraz vyššej frekvencii, keď sa rušeň pohybuje smerom k nemu. Sluchový aparát zaznamená o toľko viac vln, o čo je vyššia rýchlosť rušňa. Pri vzdalujúcom sa rušni je to naopak. Frekvencia odrazeného ultrazvuku závisí teda tiež od smeru pohybu cieľa, či sa pohybuje k alebo od zdroja zvuku (Obr.84).

Touto metódou je možné merať rýchlosť prúdenia krvi v cievnom systéme organizmu a spektrálnou analýzou zistiť aj kvalitu prúdenia (*laminárne alebo turbulentné*). Podstatou je umiestnenie tzv. vzorkovacieho objemu do priesvitu cievy, do ktorého sa vysielajú a z ktorého sa prijímajú odrazené ultrazvukové signály. Nasleduje ich počítačové spracovanie a zobrazovanie.

rania prietokov v týchto štruktúrach. Opakovaným ultrazvukovým vyšetrením tehotnej žena sa sleduje priebeh celého tehotenstva, vývin plodu, jeho uloženie, životaschopnosť, anomálie a prípadne patologické tehotenstvo. Toto vyšetrenie pomáha aj pri niektorých ďalších výkonoch (*napr. pri amniocentéze*).

Ultrazvukové vyšetřovanie tehotnej ženy nevyžaduje špeciálnu prípravu,

Ak sa pri vyšetrovaní používa B - obraz spolu s dopplerovskými meraniami prietoku, ide o tzv. "**duplexné zobrazenie**", ktoré je zavedené do praxe od roku 1974. V neurológii slúži najmä na hodnotenie kvality prietoku krvi v oblasti krkavíc a vertebrálnych artérií, v kardiológii na vyšetrenie funkcie srdca a prietoku vo veľkých cievach. Transkraniálna dopplerovská ultrasonografia je meranie prietoku vo vnútro mozgových cievach cez kostené štruktúry kalvy. Ďalej sa toto vyšetrenie sa využíva v angiologickej diagnostike



*Obr. 84 Princíp Dopplerovho efektu*

v úsekoch cievneho riečiska, ktoré sú dobre dostupné ultrazvukovým vlnám. Ide napríklad o extrakraniálne cievy a končatinový cievny systém.

Pomocou dopplerovského signálu sa zisťuje priechodnosť ciev, miesto zúženia artériosklerotickým plátom, alebo obliterované úseky ciev. Veľký význam má dopplerovské vyšetrenie hĺbkového venózneho systému na dolných končatinách pri dôkaze hlbokoj flebotrombózy.

### 5.1.12 Ultrazvukové vyšetrenie srdca

Ultrazvukové vyšetrovacie metódy (echokardiografia) srdca sú najvýznamnejším prínosom medzi diagnostickými kardiologickými metódami, vyvinutými v posledných desaťročiach. Vďaka za to predovšetkým svojej neinvazívnosti a ďalším výhodám. USG srdca je možné kedykoľvek opakovať a sledovať tým progresiu ochorenia. Cieľom echokardiografického vyšetrenia je získať kvalitný, technicky dokonalý a úplný obraz všetkých dostupných štruktúr srdca. V kardiológii sa uplatnili všetky tri metódy ultrazvukového vyšetrovania:

- jednorozmerná echokardiografia v obraze tzv. TM mode (*time motion, TM-echokardiografia*), ktorá bola ako diagnostická metóda v kardioechografii vyvinutá ako prvá. Je to vlastne pseudodvojrozmerný ultrazvukový obraz, kde



jedným rozmerom je hĺbka vyšetrovaného tkaniva (*jeho odraz na obrazovke*) a druhým je čas (*zaznamenávanie pohybu odrazu*).

- dvojrozmerná echokardiografia, ktorá poskytuje dvojrozmerný obraz vyšetrovaných štruktúr srdca a z neho vystupujúcich ciev.

- dopplerovská echokardiografia určená na meranie intrakardiálneho prúdenia krvi.

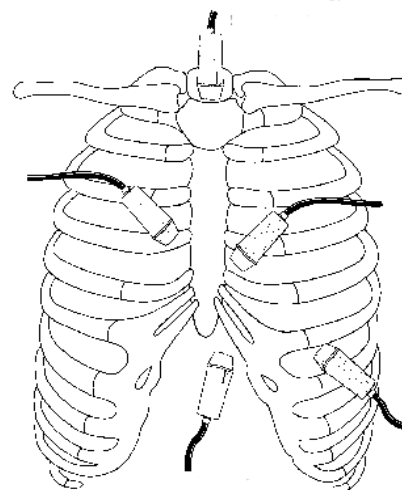
Základná poloha pacienta pri echokardiografickom vyšetrení je na chrbte, len pri zobrazovaní niektorých štruktúr srdca je nevyhnutná poloha na ľavom boku (Obr.85). Ultrazvuková sonda prikladá na hrudník v tzv. echografických oknách, najvýhodnejšie sú v medzirebrových priestoroch parasternálne vľavo (Obr. 86). Kostené tkanivo rebier aj vzduchom naplnené pľúcne laloky sú vážnou prekážkou pre šírenie ultrazvuku.

TM-obraz je užitočný pri vyšetrovaní stavu, funkcie a hrúbky srdcových chlopní (Obr.87). Umožňuje zistiť ich zmeny, napríklad zhrubnutie a fibróza mitrálnej chlopne, skrátenie závesného aparátu, či zúženie mitrálneho ústia pri mitrálnej stenóze. Podobne je možné vyšetriť aj mitrálnu insuficienciu, stav aorty a aortálnych chlopní, poruchu trojcípej chlopne, či niektoré poškodenia chlopne pľúcnice. Týmto spôsobom sa vyšetrujú aj predsieňová a komorová prepážka srdca, dá sa zistiť prítomnosť perikardiálneho výpotku, alebo funkcia umelých chlopní srdca.

Dvojrozmerná echokardiografia (*dynamická, real-time ultrasonography*) je veľmi vhodná na presnejšie zobrazovanie priestorových vzťahov štruktúr srdca. Na rozdiel od TM-echokardiografie umožňuje zobrazenie väčších častí srdca, najmä ľavej komory v rôznych zvolených rovinách, čím vhodne túto



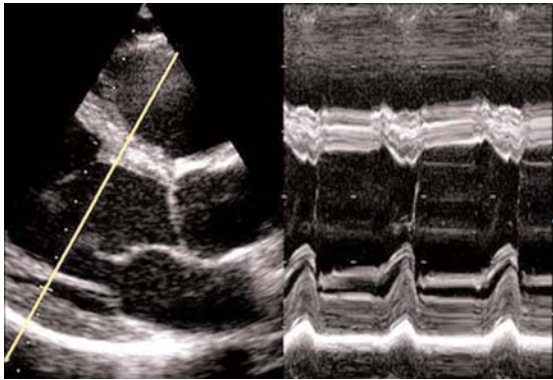
**Obr. 85** Poloha pacienta pri echokardiografickom vyšetrení



**Obr. 86** Schéma možných prístupov pri echokardiografii

metódu dopĺňa. Pomocou dvojroz-  
mernej echokardiografie sa zobrazujú  
poruchy v oblasti mitrálnej chlopne,  
chyby aorty a aortálneho ústia a ďal-  
ších dôležitých súčastí srdca. V opti-  
málnych prípadoch je možné dokonca  
zobraziť priebeh ľavej koronárnej ar-  
térie (Obr.88).

Dopplerovská echokardiografia je  
určená na detekciu charakteru krv-

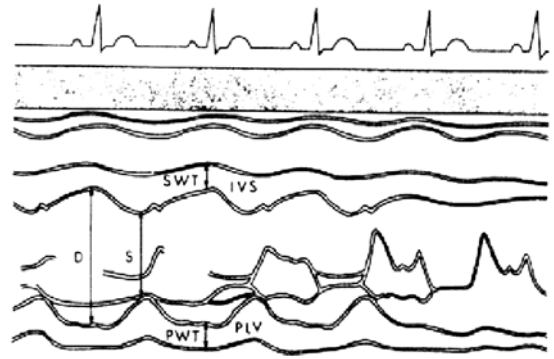


*Obr. 88 Dvojrozmerný ultrazvukový obraz  
srdca kombinovaný s TM - zobrazením,  
tzv. duplexné zobrazenie*

ného prietoku v zvolenej, presnej defi-  
novanej oblasti srdca a z neho vystu-  
pujúcich ciev. Dokáže rozoznať fyzi-  
ologický alebo abnormálny charakter  
a smer krvného prúdenia krvi cez srd-  
cové dutiny a veľké cievy vystupujúce  
zo srdca (Obr.89). Táto metodika do-  
káže spoľahlivo odhaliť defekty a ľavo-  
pravé skraty v prepážkach srdca. Dop-  
plerovským meraním je možné porov-  
nať srdcový výdaj pravého a ľavého

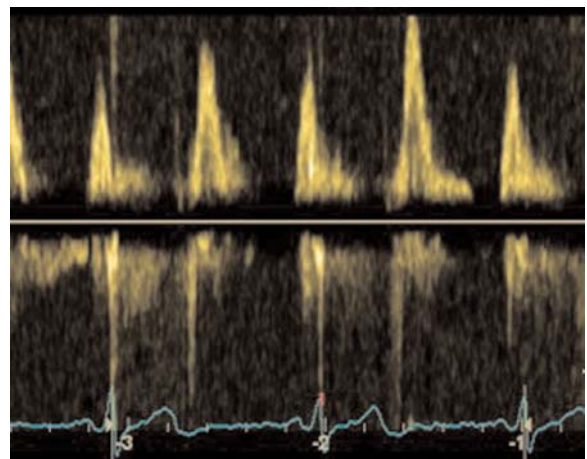
srdca. Registreuje zmeny krvného prúdenia pri stenózach srdcových chlopní,  
alebo ich nedomykavosti, prípadne s určuje stupeň ich poškodenia.

V súčasnosti pri dopplerovskej  
echokardiografii používa pulzný  
systém, ktorý vysielá krátkotrvajú-  
ce salvy periodických ultrazvuko-  
vých kmitov s frekvenciou 3-10  
MHz do miesta, v ktorom je po-  
trebné určiť charakter krvného  
prúdenia. Najdôležitejší je uhol  
odrazu ultrazvukového lúča, ktorý  
musí byť menší ako  $80^{\circ}$ . Od tejto  
hodnoty sú merania krvného prú-



*Obr. 87 Vyšetrenie štruktúr srdca  
ultrazvukovým TM obrazom*

ného prietoku v zvolenej, presnej defi-  
novanej oblasti srdca a z neho vystu-  
pujúcich ciev. Dokáže rozoznať fyzi-  
ologický alebo abnormálny charakter  
a smer krvného prúdenia krvi cez srd-  
cové dutiny a veľké cievy vystupujúce  
zo srdca (Obr.89). Táto metodika do-  
káže spoľahlivo odhaliť defekty a ľavo-  
pravé skraty v prepážkach srdca. Dop-  
plerovským meraním je možné porov-  
nať srdcový výdaj pravého a ľavého



*Obr. 89 Histogram dopplerovského  
signálu*

denia nepresné. Pri tom vyšetrení sa získava:

- zvukový signál, ktorý stereofónne rozlišuje prúdenie od srdca alebo k srdcu a zároveň informuje aj o charaktere prúdenia (*laminárne alebo turbulentné*)

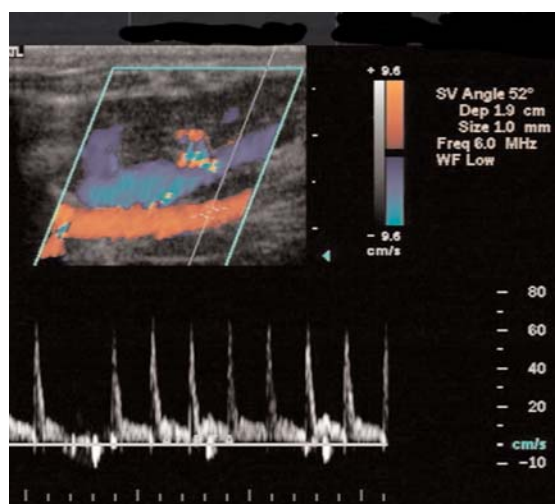
- druhou modalitou získanou pri vyšetrení srdca Dopplerovským signálom je histogram časových intervalov. Je to bodový graf, v ktorom rozptyl jednotlivých bodov odrazu určuje rýchlosť vyšetrovaného krvného prúdu a smer prúdenia.

V moderných echokardiografických prístrojoch sú dopplerovské merania implementované do ďalších druhov ultrazvukového zobrazovania.

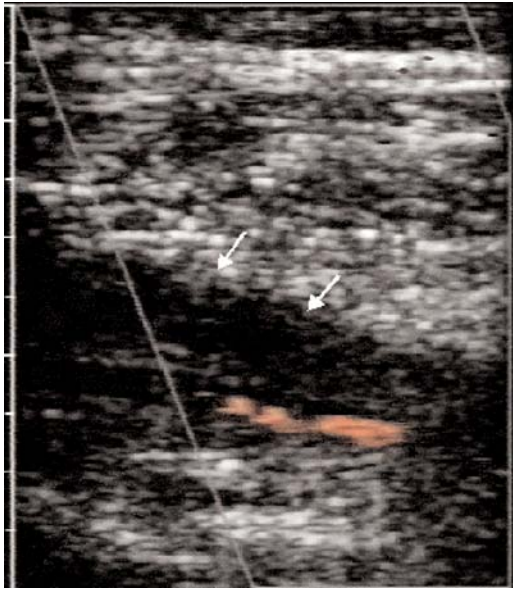
### 5.1.13 Ultrazvukové vyšetrenia v angiológii

Ultrazvuková diagnostika sa v angiológii uplatnila o niečo neskôr v porovnaní s ďalšími USG vyšetrovacími metodikami, keďže jej ťažiskom je dopplerovské meranie. Uplatňuje sa ako vyšetovanie arteriálneho a venózneho krvného riečiska.

V arteriálnom riečišti sa vyšetruje najmä priebeh a charakter pulzovej vlny šíriacej sa smerom od srdca (*centrifugálne*), ale aj smerom k srdcu (*centripetálne*). Ultrazvukovým meraním sa zisťuje časový, tlakový, prúdový aj objemový priebeh pulzovej vlny. Osobitne významné je vyšetovanie prúdenia krvi spoločnými krkavicami vpredu na krku (Obr. 90), prietoky vo vertebrálnych aj vnútromozgových cievach (*transkraniálne dopplerovské merania*), zisťovanie kvality prúdenia v a. subclavia, aj v cievach väčšieho kalibru na horných aj dolných končatinách. Osobitne pri ischemizujúcich uzáveroch ciev dolných končatín sa uplatňujú tieto merania na stanovenie stupňa cievnej stenózy a zistenie funkcie kolaterálneho obehu, prípadne sledovanie efektu liečby. Dopplerovské vyšetrenie periférnych ciev je



Obr. 90 Ultrazvukové vyšetrenie prietoku v karotide dopplerovskou metódou



**Obr. 91** USG vyšetrenie peirférneho venózneho systému dopplerovskou metódou  
- obraz hlbokoj žilovej trombózy

voľby a širokého skriningového diagnostického využitia. Pomáha pri takých klinických jednotkách, akými sú hlboká žilová trombóza (Obr.91), postflebitický syndróm, povrchová žilová trombóza, primárne a sekundárne vari-kózne komplexy, aj suspektné stavy pri embóliách do pľúcnice. (19,21,55)

## 5.2. Magnetická rezonancia

Zobrazovanie magnetickou rezonanciou (MR) je najmladšou metódou v rádiológii. Princípy magnetickej rezonančnej spektroskopie sú známe od roku 1938, kedy **I.I.Rabi** so spolupracovníkmi v experimente dokázali, že chovanie atómov striebra je pri vystavení účinkom vonkajšieho magnetického poľa závislé na ich jadrovom spine. **Damadian** ako prvý navrhol v roku 1972 použiť magnetickú rezonanciu ako tomografickú zobrazovaciu metódu, keď ju použil úspešne na odlišenie zhubného tkaniva.

Pôvodné pomenovanie nukleárna magnetická rezonancia sa už nepoužíva, lebo podľa medzinárodnej dohody je názov "nuclear" pri definícii fyzikálnych procesov rezervovaný len pre procesy súvisiace so štiepením atómového jadra. V praxi sa odporúča používať názov magnetická rezonancia (MR) alebo zobrazovanie magnetickou rezonanciou (*magnetic resonance imaging*).

výbornou metódou na vyhľadávanie pacientov s poruchami cievneho zásobenia kvôli indikácii na angiografické vyšetrenie. Slúži aj ako prvotná indikácia na rekonštrukčné operácie ciev dolných končatín a sleduje aj pooperačný výsledok operácií. Je možné aj peroperačné sledovanie prietokov.

Ultrazvuková dopplerovská diagnostika sa uplatnila aj pri vyšetrovaní venózneho riečišťa na dolných končatinách. Najmä konštrukčná jednoduchosť, malá hmotnosť a ekonomická nenáročnosť prístrojov na dopplerovské merania robia túto metodiku diagnostikou prvotnej

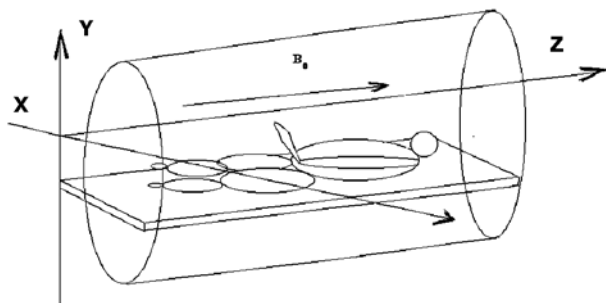


**P.Lauterbur** získal ako prvý obraz magnetickej rezonancie dvoch trubíc naplnených vodou v roku 1973 a o rok neskôr spolu s **J.Hutchinsonom** urobili prvé MR vyšetrenie živého organizmu (*laboratórnej myši*). V roku 1976 **P.Mansfield** a **A.Maudsley** získali MR obraz ľudského prsta. V roku 1977 **Damadian** ako prvý publikoval MR obraz ľudského hrudníka. Za objavy na poli magnetickej rezonancie získali **P.C.Lauterbur** a **sir P.Mansfield** Nobelovú cenu za medicínu v roku 2003.

Vyšetrenie magneticou rezonanciou môže znázorniť akúkoľvek časť tela v troch vyšetrovacích rovinách. Vyšetrenie nesprievádza radiačná záťaž. Vzduch ani kostené štruktúry nepredstavujú prekážky v zobrazovaní. V porovnaní s USG a CT vyšetreniami je táto metóda finančne výrazne náročnejšia, technicky zložitejšia a neľahká vo svojej teoretickej podstate. Napriek tomu zobrazovanie magneticou rezonanciou revolučne zmenilo pohľad na niektoré oblasti v rádiologickej diagnostike.

### 5.2.1 Základné princípy zobrazovania pomocou magnetickej rezonancie

Základnými zložkami MRI prístroja sú veľmi silný magnet, radiovysielač, rádiový prijímač a výkonný počítač. Vnútro magnetu je tunel (*gantry*), do ktorého je počas vyšetrenia uložený pacient. Magnety majú magnetické pole orientované prevažne rovnobežne s dlhou osou tela pacienta a toto pole sa označuje  $B_0$  (Obr.92). Zobrazuje sa vo forme vektora, ktorý určuje smer magnetického poľa, pričom jeho dĺžka indikuje veľkosť magnetického poľa. Orientácie vo vnútri magnetu sú znázornené pomocou imaginárnej konštrukcie s tromi koordinátami -  $z$ ,  $x$ ,  $y$ . Os  $Z$ , označuje vždy smer magnetického poľa  $B_0$ , ktoré je rovnobežné s dlhou osou pacienta. Horizontálna os kolmá na túto rovinu sa označuje písmenom  $x$  a vertikálna je  $y$ . Rovina  $x - y$  je teda orientovaná kolmo na magnetické pole  $B_0$ . Zariadenia MR na klinické použitie majú silu magnetického poľa v rozpätí 0,2-2 T (T=tesla, jednotka magnetického poľa).



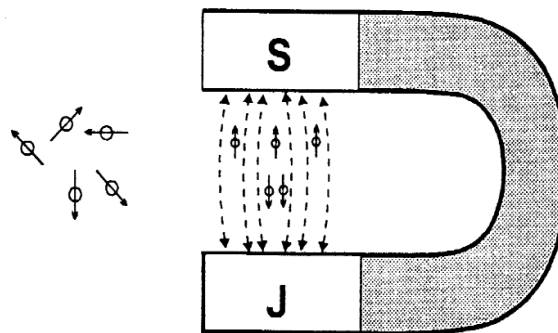
Obr. 92 Imaginárne roviny  $x,y,z$ , navzájom na seba kolmé, používané pri tvorbe MR obrazu

tálna os kolmá na túto rovinu sa označuje písmenom  $x$  a vertikálna je  $y$ . Rovina  $x - y$  je teda orientovaná kolmo na magnetické pole  $B_0$ . Zariadenia MR na klinické použitie majú silu magnetického poľa v rozpätí 0,2-2 T (T=tesla, jednotka magnetického poľa).



Magnetická rezonancia využíva skutočnosť, že atómové jadrá umiestnené v konštantnom magnetickom poli selektívne absorbujú energiu vysokofrekvenčného elektromagnetického poľa. Možno ju pozorovať len pri atómových jadrách s nenulovým spinom  $I$  a nenulovým magnetickým momentom, teda pri tých jadrách, ktoré majú nepárne nukleónové číslo ako  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{31}\text{P}$  a ďalšie. Veľký magnetický moment má jadro vodíka (*protón  $^1\text{H}$* ), ktorý má hojné zastúpenie v organizme v molekulách vody, preto je najvhodnejším atómovým jadrom na zobrazenie MR.

Rotačné osi protónov, ktoré sa nachádzajú v prostredí bez pôsobenia vonkajšieho magnetického poľa, sú v neusporiadanom stave. Pri uložení pacienta do silného magnetického poľa sa tieto usporiadajú a zoradia v smere externého poľa  $\mathbf{B}_0$  (podobne ako ihla kompasu podľa magnetického poľa Zeme, Obr.93)). Magnetická os každého protónu začne rotovať okolo smeru externého magnetického poľa. Tento zvláštny rotačný pohyb sa nazýva precesný pohyb a má rezonančnú frekvenciu označovanú ako Larmorova frekvencia:



Obr. 93 Orientácia spinov v magnetickom poli - schématicky

$$\omega_0 = \gamma \cdot B_0$$

Gama je konštanta (*tzv. gyromagnetický moment*) charakteristická pre každé atómové jadro. Rezonančná frekvencia pre protóny v magnetickom poli, ktoré má magnetickú indukciu 1 T, je 42,574 MHz.

Väčšia časť protónov sa so svojim magnetickým momentom pohybuje v smere rovnobežnom s externým magnetickým poľom. Nazývajú sa "paralelné protóny". Zvyšné protóny v svojom magnetickom momente smerujú "opačne", preto sa označujú ako "antiparalelné protóny". Výsledkom tohto procesu je tvorba siete magnetického momentu v tkanivách pacienta. Tkanivá sa stávajú magnetickými a ich magnetizmus ( $M$ ) je orientovaný presne paralelne (*rovnobežne*) s externým magnetickým poľom  $\mathbf{B}_0$ . Veľkosť magnetizmu závisí od prebytku paralelných protónov. Ten je úmerný sile externého

magnetického poľa, ale vždy je veľmi malý. Rádovo dosahuje len 1 -10 paralelných protónov na 1 milión protónov. Magnetizmus vyšetřovaného objektu závisí aj od pomeru počtu protónov na objemovú jednotku tkaniva (*protónovej denzity*). Najviac protónov (*jadier vodíka*) sa nachádza v molekule vody, čo je hlavná stavebná zložka všetkých tkanív ľudského organizmu. To vysvetľuje skutočnosť, že sieť magnetického momentu  $M$  je dostatočne silná po indukcii elektrickým prúdom prijatým cievkou, ktorá je lokalizovaná mimo pacienta. Takýto indukovaný magnetický signál sa používa na rekonštrukciu MR - obrazov. (27)

### 5.2.2 Signál magnetickej rezonancie

Magnetizmus môže indukovať elektrický prúd v cievke len za predpokladu, že sa zmení veľkosť magnetického poľa prechádzajúceho otvorom cievky. Pre tvorbu magnetizmu ( $M$ ) v tkanivách a indukciu elektrického prúdu v cievke sú nevyhnutné elektromagnetické vlny. Keď sa elektromagnetický impulz preniesie do pacienta pozdĺž osi  $y$ , magnetické pole elektromagnetických vln vychýli protóny v smere osi  $y$  a ich rotáciu v smere hodinových ručičiek okolo osi  $y$ . Preto musí byť frekvencia elektromagnetických vln rovnaká ako Larmorova frekvencia protónov. Táto skutočnosť je prvotným fenoménom pri magnetickej rezonancii. Rezonanciou sa rozumie synchronizovaná vibrácia prenesená na magnetické polia protónov a elektromagnetických vln tak, aby spolu rezonovali, t.j. mali rovnakú frekvenciu pri zmene orientácie protónových magnetických momentov.

Sila a trvanie rádiografického impulzu určujú, o koľko stupňov sa  $M$  (*magnetizmus*) vychýli od smeru  $B_0$ . Ak ide o výchylku o  $90^0$ , bude  $M$  rotovať v rovine  $x - y$ , ktorá je kolmá na smer vektora  $B_0$ . Prijímacia cievka je uložená mimo vyšetřovanej oblasti, smeruje k pacientovi a je kolmá na smer  $B_0$ . Keď  $M$  rotuje v rovine  $x - y$ , bude indukovať elektrický prúd v cievke, ktorý sa nazýva MR signál. Takéto, alebo podobné signály, sa používajú na rekonštrukciu sektorových obrazov MR. Situácia je po  $90^0$  pulze analogická rotujúcemu magnetu v blízkosti závitov cievky.

Zmeny magnetického poľa prostredníctvom cievky indukujú elektrický prúd. Ak by sa na cievku napojila žiarovka, svietila by. Čím silnejší je mag-

net, tým jasnejšie je svetlo. Rovnaký princíp platí pri zobrazovaní pomocou MR. Tkanivá, vystavené intenzívnemu magnetizmu, budú indukovať silné signály a v obraze sa budú javiť ako jasné. Časti organizmu, vystavené slabému magnetizmu, budú indukované slabými signálmi a budú tmavé. (33)

### 5.2.3 Kontrast obrazu magnetickej rezonancie

Kontrast v obraze MR určujú rozdiely v magnetizme tkanív. Presnejšie, odlišné sily magnetizmu, ktoré rotujú v rovine  $x - y$  a indukcia prúdu v prijímacej cievke. Magnetizmus tkanív závisí od protónovej denzity - hustoty. Anatomické štruktúry, ktoré obsahujú veľmi málo protónov (*napr. vzduch*), budú indukovať veľmi slabý MR signál (*sú v obraze tmavé*). Voda a iné podobné tekutiny majú veľmi vysokú protónovú hustotu a dalo by sa predpokladať, že intenzita ich signálu bude vysoká, v MR obraze budú jasnejšie. Závisí to však od zobrazovacej metódy. Tekutiny (*napríklad mozgovo-miechový mok*) sa môžu zobrazovať vo forme svetlého alebo tmavého signálu. Protónová hustota totiž nie je jediným determinujúcim faktorom kontrastu obrazu. Dôležitú úlohu majú aj iné parametre. Dva najdôležitejšie z nich sa nazývajú relaxačné časy ( $T_1$  a  $T_2$ ).

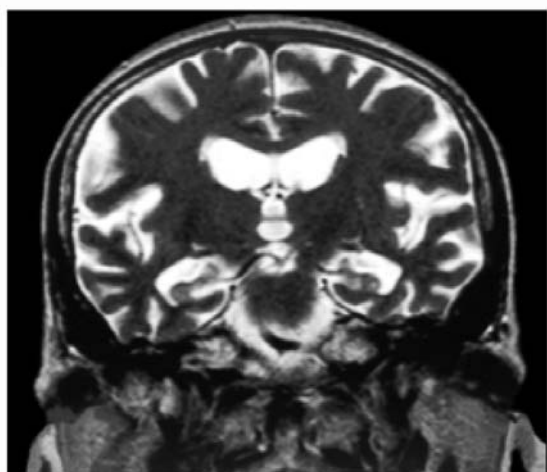
Pre rekonštrukciu obrazu je potrebné vyslať niekoľko rádiových impulzov a prijať ich echá vo forme MR signálov. Medzi vysielaním rádiových impulzov prechádzajú protóny dvoma rozdielnymi relaxačnými procesmi -  $T_1$  a  $T_2$  relaxáciou. Rýchly rozpad indukovaného signálu je čiastočne výsledkom stupňovitého vymiznutia magnetizmu v rovine  $x - y$  ( $M_{xy}$ ), spôsobenou malými rozdielmi v sile lokálneho magnetického poľa (*čiastočne vyvolaného magnetickými molekulami tkaniva*). Protóny sú vystavené nepatrným silám rozličného magnetického poľa a budú mať veľmi malé rozdielne Larmorove frekvencie. Nadbytočné paralelné protóny budú pri tom tesne zhromaždené okolo  $M_{xy}$  ihneď po  $90^\circ$  pulze, budú detázované a budú sa šíriť k osi  $z$ . Keď sú individuálne protóny rovnomerne rozložené okolo osi  $z$ ,  $M_{xy}$  vymizne. Toto vymiznutie magnetickej siete v rovine  $x - y$  sa nazýva  $T_2$ -relaxácia a definuje sa ako čas, kým  $M_{xy}$  nestratí 63 % svojej základnej maximálnej hodnoty. Spoločná  $T_2$  hodnota v parenchymatóznom tkanive dosahuje 50 ms. Po období, rovnajúcom sa 4 - 5 násobku času hodnoty  $T_2$   $M_{xy}$

kompletne vymizne. Hodnota T2 sa značne mení následkom fyzikálnych a chemických vlastností tkanív. Tekutiny a im podobné tkanivá majú typicky dlhé T2 (*Mxy* a *MR*- signál sa strácajú pomaly), pevné tkanivá zasa krátke T2 (*Mxy* a *MR*- signál miznú rýchlo). Relaxácia T1 je pomalšia ako T2 a zahrnuje stupňovité zoradenie individuálnych protónov so smerom  $B_0$ , čím obnovuje situáciu pred  $90^\circ$  pulzom. Počas tohto procesu je sieť magnetického momentu pozdĺž osi  $z$ ,  $M_z$  sa bude zvyšovať od nuly s ubúdajúcou rýchlosťou až k jej maximálnej hodnote určovanej protónovou denzitou tkaniva. T1 je definovaný ako čas do opätovného získania 63% jej začiatočnej maximálnej hodnoty. Čím kratší je T1, tým rýchlejšia je obnova  $M_z$ . Po období rovnajúcom sa 4 - 5 násobku času T1, je hodnota  $M_z$  úplne obnovená. Spoločná T1 hodnota v parenchymatóznom tkanive je približne 500 ms, pričom v rozličných tkanivách značne varíruje. Hodnota T1 vo veľkom rozsahu závisí od mobility a veľkosti molekúl. Zvyčajne je kratšia v tkanivách s molekulami strednej veľkosti a priemernou mobilitou (*napr. tukové tkanivo*). Menšie, ale mobilnejšie molekuly (*napr. v tekutinách*) a väčšie, menej pohyblivé, majú dlhší T1.

#### 5.2.4 Kontrastné látky pri vyšetrení magnetickou rezonanciou

Podávanie kontrastných látok pri vyšetrení MR sa stalo prakticky nevyhnutným, lebo výrazne zvyšujú kvalitu diagnostických informácií.

Kontrastné látky používané pri MRI majú magnetické vlastnosti a môžu meniť intenzitu signálu v tkanivách, pričom skracujú relaxačné procesy T1



alebo T2 s okolím protónov. Medzi najčastejšie používané kontrastné látky patria paramagnetické soli vzácnych zemín, *napr. gadolínium*. Podávajú sa i.v. injekciou a ich distribúcia v organizme je podobná, ako pri aplikácii vodných jódových kontrastných látkach. (3,34)

*Obr. 94 MR vyšetrenie mozgu v koronárnej rovine*

### 5.2.5 Indikácie a kontraindikácie vyšetrenia magnetickou rezonanciou

Absolútnymi kontraindikáciami na vyšetrenia MR sú akékoľvek implantáty v ľudskom tele, zhotovené z magnetizovateľných kovových zlúčenín (*kovové svorky po operáciách na mozgu, fixačný materiál používaný v traumatológii*).

Ďalšou absolútnou kontraindikáciou je zavedený kardiostimulátor, ktorého funkcia sa môže vplyvom magnetického poľa poškodiť. Induko-



*Obr. 95 MR vyšetrenie mozoka v transverzálnej rovine*



*Obr. 96 MR vyšetrenie spinálneho kanála v sagitálnej rovine*

Pomocou MR sa dajú zobrazit' všetky orgány ľudského tela, najpresnejšie centrálny aj periférny nervový systém (Obr.94,95,96,100), svalovo-kostrový systém, brušné orgány a kardiovaskulárny systém.

Výhodou MR je, že bez kontrastnej látky možno zobrazit' aj cievny systém

vaný elektrický prúd v elektróde môže popáliť endokard.

Absolútnou kontraindikáciou je prvý trimester gravidity, hrozí prehriatie plodu. V prvom trimestri je plod obklopený relatívne značným množstvom amniótovej tekutiny a nemá dostatočnú kapacitu na absorpciu vonkajšieho tepla.

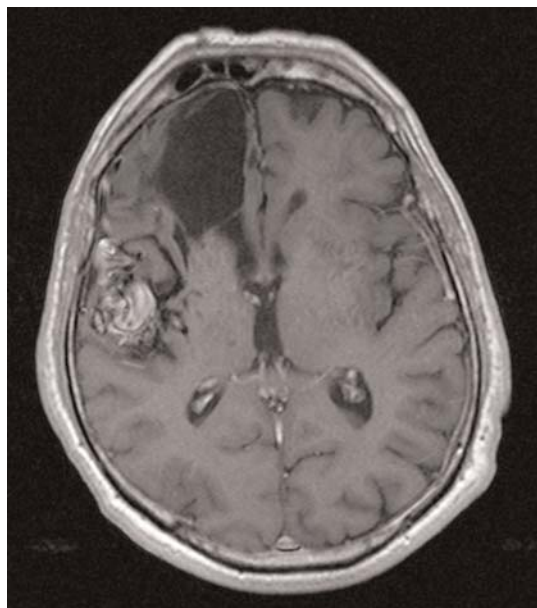


*Obr. 97 MR vyšetrenie žlčníka, žlčových a pankreatických vývodných ciest - MRCP*

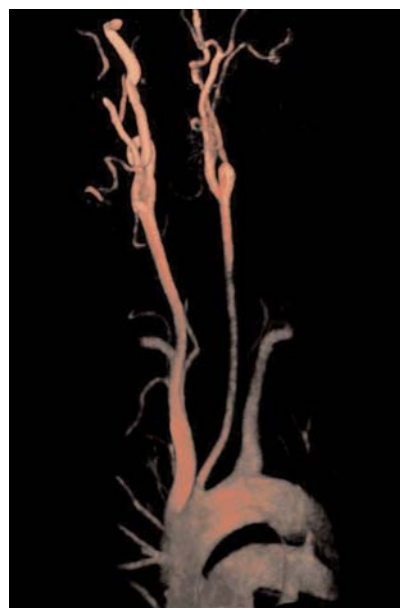




*Obr. 98 MR vyšetrenie oblúka aorty  
a ciev vystupujúcich z neho  
- MR - angio*



*Obr. 100 MR vyšetrenie mozgu  
v transverzálnej rovine*



*Obr. 99 MR vyšetrenie oblúka aorty  
a spoločných karotíd - MR - angio*

(angio-MR, Obr.98,99), extrahepatálne žlčovody, ductus pancreaticus (MR CP, Obr. 97) a odvodné močové cesty (uro-MR).

Suverénnou metódou sa vyšetrenie MR stalo pri dôkaze demyelinizačných procesov v mozgovom parenchýme a sclerosis multiplex. Demyelinizované ložiská majú v T2-váženom obraze výrazný hyperintenzívny signál.

### **Príprava na vyšetrenie**

Pred vyšetrením musí pacient odložiť kovové predmety, ktoré má na tele (*hodinky, šperky*). U pacientov trpiacich na klaustrofóbiu je vhodné podať sedatíva. Neslobodno zabudnúť upozorniť pacienta, aby počas MR vyšetrenia zachoval klud, pokojne dýchal a pripomenúť mu, že sa počas skenovania bude vyšetrovacie lôžko jemne pohybovať. Pacient leží počas vyšetrovania na lôžku s rukami pozdĺž tela a hlavou uloženou na špeciálnej opierke. Vyšetrenie trvá približne 20-45 minút. Pre niektorých vyšetrovaných sú

nepříjemné hlučné zvukové efekty, ktoré sprevádzajú vyšetrenie. Je vhodné pacientovi ponúknuť slúchadlá alebo ušné zátky. (27,33,34)

### 5.3 Termografia

Princípom termografie je registrácia infračerveného žiarenia z tepelných zmien, vznikajúcich v patologicky postihnutej oblasti ľudského organizmu. Termografia registruje energiu elektromagnetického žiarenia vyžarovanú teplom pacienta. Toto žiarenie leží v infračervenej oblasti vlnovej dĺžky 0,8 - 10 nm a nie je viditeľné voľným okom. Spektrum infračerveného žiarenia závisí od teploty emitujúceho telesa a jeho okolia. Obyčajné filmové emulzie nie sú na infračervené svetlo citlivé, preto sa vyšetrenie vykonáva nepriamym (*elektronickým*) alebo priamym postupom.

Pri nepriamom postupe sa žiarenie sníma špeciálnou kamerou s centrovacím systémom, detektorom a zariadením na spracovanie impulzov a tvorbu obrazového záznamu.

Princípom priamej termografie je prevod neviditeľného infračerveného žiarenia na viditeľné pomocou kvapalných kryštálov. V medicíne sa najčastejšie využívajú kryštály cholesterolu.

Vyšetrovaný kožný povrch by mal byť minimálne 15 - 20 minút pred vyšetrením odhalený a zbavený sťahujúceho pôsobenia odevu (*tlak vyvoláva hyperémiu*). Rovnaký čas sa pacient aklimatizuje na prostredie, v ktorom sa vyšetrenie uskutoční, pričom zaujíma rovnakú polohu ako pri termogra-



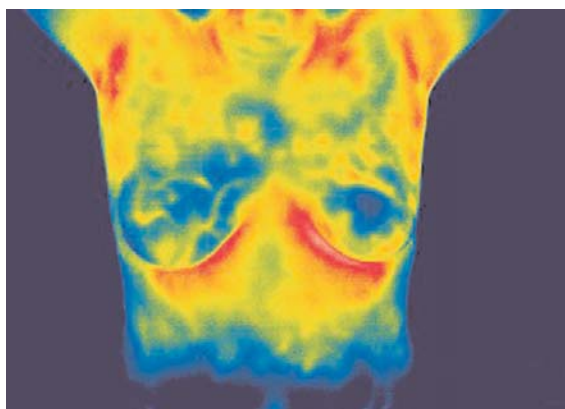
*Obr. 101 Termografické vyšetrenie prsníkov*

fii. Aklimatizačný čas možno skrátiť tým, že sa vyšetovaná oblasť potrie alkoholom. Vyšetované miesto by sa nemalo prehmatávať, aby sa nevyvolala tkanivová hyperémia. Púder, oleje aj krémy sa musia z kože odstrániť. Pacienta treba psychicky upokojiť. Kožné zmeny (*bradavice, jazvy, hematómy, ulcerácie*) sa musia zaznamenať do vyšetrovacieho protokolu. Vyšetrenie prsníkov sa odporúča uskutočniť 10 dní po menštruácii.

Vyšetrovacia miestnosť musí byť dostatočne veľká (približne 4 x 4 m), konštantne teplá (19 - 21°C), bez denného slnečného svetla. V blízkosti vyšetřovaného nesmie byť vyhrievacie teleso. Počas termografie sa porovnávajú párové časti tela (napr. obidva prsníky, obe končatiny, Obr.101). (57)

### 5.3.1 Klinické indikácie na termografiu

Pre diagnózu patologického procesu termografiou je rozhodujúca veľkosť rozdielu jeho teploty od okolia, produkcia tepla ložiskom, rýchlosť jeho odvádzania, veľkosť a aktivita procesu, jeho uloženie a základná teplota kože. Hoci termografia nie je diagnosticky špecifická, môže poskytnúť cenné informácie o rozsahu a dynamike procesu. Rozdiely teplôt vo vyšetřovanej oblasti sa v termografickom zázname zobrazujú buď odstupňovanou sivou farbou,

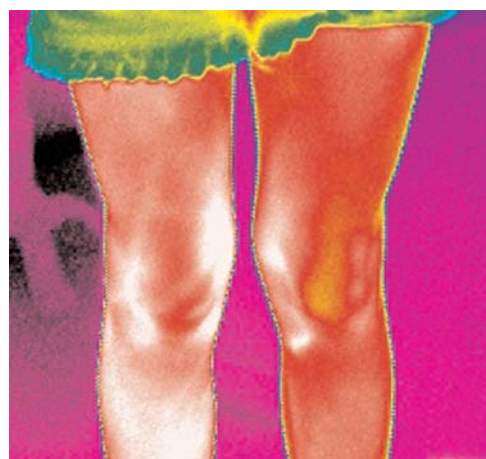


Obr. 102 Termografické vyšetřenie prsníkov

sa ako diagnostická metóda úspešne využíva pri kožných afekciách, chorobných stavoch v oblasti prsníkov (Obr. 102), pri ischemických poruchách končatín (Obr.103) a diagnostike zápalov žilového systému. (32)

alebo farebne. Chladné oblasti sú tmavšie, teplé sú svetlejšie. Pri farebnom zobrazovaní sa teplejšie miesta vykreslia farebnými zmenami.

Teplota obidvoch polovic tela nie je úplne identická, rozdiely dosahujú 1-2°C. Najteplejší je trup a tvár, dolné končatiny sú chladnejšie. Teplejšie sú aj všetky kožné záhyby (axily, ingvíny a oblasti pod prsníkmi). Termografia



Obr. 103 Termografické vyšetřenie dolných končatín

**Kontrolné otázky:**

- *popíšte objav a fyzikálne princípy ultrazvukového vlnenia.*
- *uveďte základné typy ultrazvukových obrazov.*
- *popíšte princíp a podstatu dopplerovských ultrazvukových meraní.*
- *aká je príprava pacienta na najčastejšie využívané ultrazvukové vyšetrenia?*
- *popíšte objav a základné fyzikálne princípy magnetickej rezonancie, tvorba obrazu magnetickej rezonancie.*
- *aké kontrastné látky sa používajú pri MR?*
- *aké sú indikácie a kontraindikácie na vyšetrenie MR?*
- *čo je termografia? Popíšte fyzikálnu podstatu vyšetrenia a metódy.*
- *uveďte najčastejšie používané termografické vyšetrenia, príprava pacienta a klinické indikácie na termografické vyšetrenia.*