

## 3. ULTRAZVUKOVÝ DIAGNOSTICKÝ PŘÍSTROJ

### *Hlavní části ultrasonografu*

Ultrazvukový diagnostický přístroj (ultrasonograf, echograf) je velmi sofistikované zařízení, sloužící k vytváření tomografických obrazů vyšetřované tkáně na základě různé odrazivosti jednotlivých tkáňových struktur. Podle zpoždění odrazu ultrazvukového signálu vzniká informace o hloubce odrazu a analýza amplitudy odraženého signálu poskytuje informaci o odrazivosti dané struktury.

Ultrasonograf se skládá z těchto základních součástí:

- vyšetřovacích sond
- elektronických obvodů, nutných pro buzení piezoelektrických elementů sondy a pro zpracování zachycených odrazů do podoby obrazu
- zobrazovací jednotky (obrazovky)
- záznamových jednotek

Současné ultrasonografy jsou plně digitalizované a funkce všech výše uvedených součástí je řízena mikroprocesory. Na analogovém principu je založeno jen vlastní snímání obrazu. Počítačová technologie umožňuje předprogramování optimálních podmínek pro jednotlivá vyšetření (preset), dodatečné zpracování a manipulaci s obrazem (postprocessing) a uložení obrazů i textových dat na vhodné paměťové medium, případně jejich přímý přenos do nemocniční počítačové sítě.

### *Jaké máme vyšetřovací sondy?*

Vyšetřovací sondy prošly složitým vývojem od jednoměničových sond u nejstarších přístrojů až po mnohoměničové sondy s analogově digitálními převodníky u přístrojů současných.

Podle geometrického tvaru vytvořeného obrazu rozlišujeme sondy zobrazující **sektorové** a **pravouhle**. Sektorového záběru lze dosáhnout dvěma způsoby: mechanicky a elektronicky. Mechanické sektorové systémy (historicky starší) využívají mechanického pohybu jednoho nebo několika měničů. Pohyb měničů může být buď rotační nebo kývavý. Mechanické **sektorové sondy** pracují s obrazovou frekvencí 15 - 60 snímků za sekundu, s úhlem rozevření 90° a s hustotou max. 200 řádků. Velkou předností sektorového způsobu zobrazení je možnost sejmut celý akustický řez vyšetřovanou oblastí z poměrně malých vstupních ploch (akustického okna). To je zvláště důležité při transtorakálním vyšetřování srdce nebo při vyšetřování jaterní krajiny z mezižebních prostorů. V poslední době zcela převládají sektorové sondy, u nichž je

ultrazvukový svazek vychylován elektronicky (obr. 3.2a). Tyto sondy jsou multielementové, tj. skládají se z většího počtu elementárních měničů a sektorového vychýlení se dosahuje buzením těchto měničů elektrickými impulsy s určitým fázovým zpožděním (phased array). Pravoúhlé zobrazení poskytují tzv. **lineární sondy** (obr. 3.2c). Jsou tvořeny systémem velkého počtu miniaturních měničů uspořádaných do souvislé řady (linear array). Lineární sondy vyšších kmitočtů se používají především pro vyšetřování povrchových orgánů a v kombinaci s dopplerovskými moduly pro vyšetřování cév. Kombinaci obou uvedených způsobů zobrazení představují tzv. **konvexní sondy** (obr. 3.2b). Uspořádáním elementárních měničů odpovídají lineární sondě, konvexní tvar plochy s měniči však poskytuje obraz, který odpovídá sektorovému záběru. Na rozdíl od skutečných elektronických sektorových sond jsou konvexní sondy konstrukčně jednodušší a tím i levnější.

Existují ještě další modifikace v uspořádání měničů. Jednou z nich je uspořádání měničů v podobě mezikruží (annular array). Nejčastější typy vyšetřovacích sond jsou na obr. 3.3 (a-e).

Přístroje podle velikosti a kvality mají jeden nebo více konektorů pro připojení sond. Každá sonda má stranové označení, které pro správnou orientaci obrazu musí souhlasit s polohou značky na obrazovce. Přepínání jednotlivých sond se děje buď mechanicky pomocí tlačítek nebo automaticky podle zvoleného druhu vyšetření.

Ultrazvukové vyšetření je až na výjimky (peroperační vyšetření) neinvazivní a obrazy jsou snímány s povrchu těla. Snaha získat detailní obrazy orgánů ležících v blízkosti přístupných tělesných dutin vedla ke konstrukci endokavitárních sond. Dnes se používají **transvaginální** sondy k vyšetření orgánů malé pánve, **transrektální** sondy k vyšetření rekta a prostaty a **transesofageální** sondy k vyšetření srdce. Tyto sondy zobrazují buď v jedné rovině (monoplanární), ve dvou na sebe kolmých rovinách (biplanární) nebo v několika zvolených rovinách (multiplanární). Zvláštním typem endokavitárních sond jsou miniaturní sondy **endoluminální**, pracující s velmi vysokými kmitočty (30 - 40 MHz) a zaváděné katetry do tenkých dutých orgánů k zobrazení jejich stěn.

Zvláštním typem sond jsou sondy **endosonografické**, které spojují výhody endoskopického i ultrazvukového vyšetření.

**Rozlišovací schopnost** ultrazvukového zobrazení představuje nejmenší vzdálenost mezi dvěma samostatně zobrazenými body. Závisí na použité zobrazovací frekvenci, délce ultrazvukového impulsu, konstrukci sond a na způsobu zpracování obrazu. Rozlišujeme osové (axiální) a stranové (laterální) rozlišení. Zatím co rozlišení v ose svazku zůstává v závislosti na vzdálenosti prakticky stejné, laterální rozlišení se s hloubkou zobrazení zhoršuje. Významnou roli zde hraje správná fokusace.

### *Co obsahuje ovládací panel?*

Umístění jednotlivých ovládacích prvků na panelu přístroje se liší podle jednotlivých výrobců i typu přístroje a je detailně uvedeno v uživatelském manuálu. V tomto odstavci budou uvedeny jen ty prvky, které mají rozhodující význam pro kvalitu obrazu. V centru zorného pole vyšetřujícího je obrazovka, kolem ní a především pod ní jsou umístěny jednotlivé ovládací prvky v podobě tlačítek, otočných prvků a klávesnice.

Zvýšený útlum odrazů přicházejících z hlubších vrstev tkáně vede k tomu, že při stejném zesílení odrazů je blízká oblast obrazu přesvětlena, zatím co vzdálená oblast je tmavá. Žádnou z těchto oblastí nelze bez kompenzace zesílení (snížení zesílení odrazů z blízké oblasti a zvýšení zesílení ze vzdálené oblasti) správně posoudit. Ke kompenzaci tohoto zesílení slouží prvky **TGC** (time gain compensation). Některé špičkové přístroje mají zabudován program pro automatickou kompenzaci zesílení, většinou se však kompenzace nastavuje nebo upravuje ručně pomocí regu-

lačních prvků. Tyto ovládací prvky bývají umístěny buď po straně obrazovky nebo na pravé straně ovládacího panelu. U jednodušších, většinou přenosných přístrojů, je možná kompenzace jen ve dvou oblastech: blízké (near) a vzdálené (far). U přístrojů střední a vyšší třídy bývá celá hloubka obrazu rozdělena do většího počtu samostatně regulovatelných kompenzačních pásů.

Velmi významným regulačním prvkem je **kulový ovládač** (trackball). Je to multifunkční prvek, který podle zvolené funkce ovládá pohyb po obrazovce (pohybuje značkami kaliperu, mění polohu a velikost barevného sektoru, pohybuje vzorkovacím objemem u pulsního dopplera apod.).

Běžnou součástí ovládacího panelu je **klávesnice**. S její pomocí se zadává jméno a identifikační údaje pacienta, provádí popis obrazu a některé klávesy mají specifické funkce.

Dalšími důležitými ovládacími prvky jsou tlačítka pro manipulaci s obrazem (zdvojení, zvětšení, zmrazení), a tlačítka ovládající videotiskárnu a videorekordér.

### *Jak pořídít obrazový záznam a jak jej hodnotit?*

Vzhledem k tomu, že vytváření rozsáhlých obrazových databází pacientů v našich nemocnicích je ještě poměrně vzdálenou budoucností, je nutno u jednotlivých ultrasonografických vyšetření pořizovat individuální obrazovou dokumentaci, tvořící součást zdravotního spisu pacienta. Slouží k tomu tři typy technických zařízení:

- obrazové tiskárny (videotiskárny) černobílé nebo barevné
- multiformátové kamery
- videorekordéry

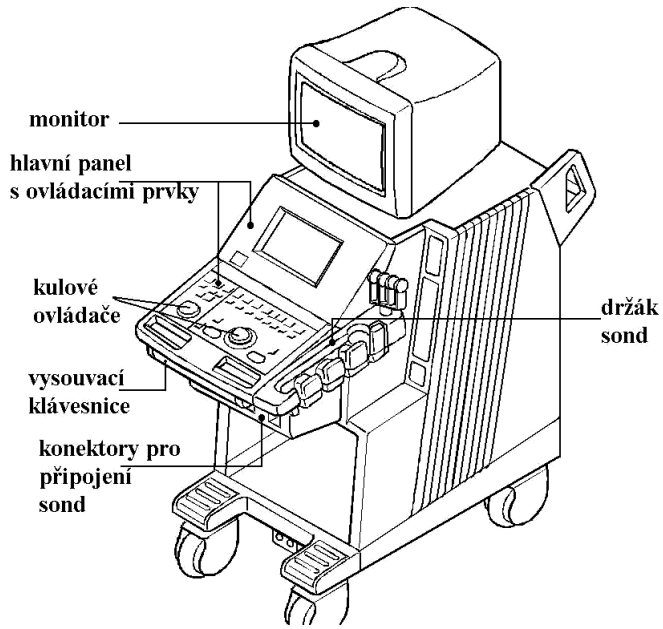
Nejběžnějším dokumentačním zařízením je **videotiskárna**. Ta je také většinou firem dodávána jako základní příslušenství ultrasonografu.

Méně častým typem dokumentačního zařízení je **multiformátová kamera**, vytvářející snímky zvoleného formátu na fotografický film. Rozlišení detailů na těchto snímcích je větší než u snímků z videotiskárny, nevýhodou je časové zdržení, nutné k vyvolání filmu

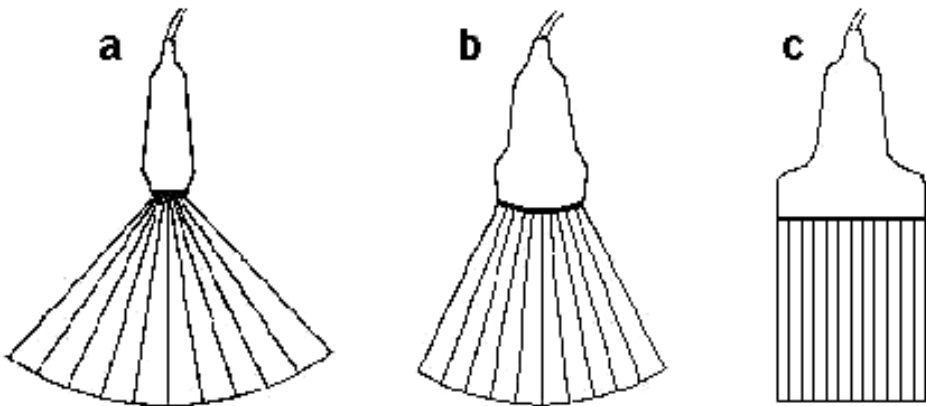
Obě tyto metody poskytují statické snímky vyšetřované oblasti (po zmrazení na obrazovce).

Dynamický záznam celého vyšetřovacího postupu umožňuje **videozáznam** pomocí videorekordéru. Výhoda videozáznamu spočívá v opakované možnosti přehrání, dodatečného zhodnocení, použití ve výuce apod.

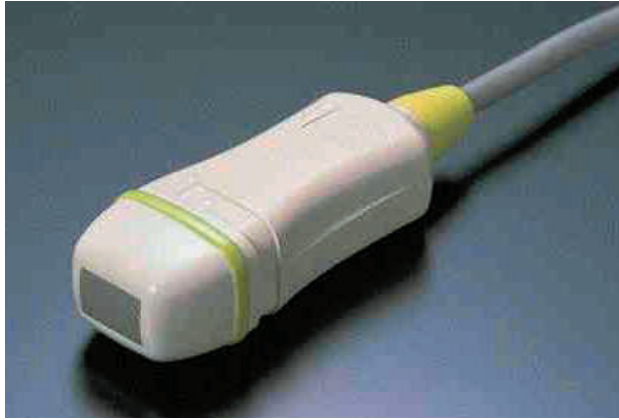
Ultrazvukový obraz vyšetřované oblasti (ultrasonogram, echogram) představuje ve své podstatě mapu strukturních prvků o různé akustické impedanci ve zvolené rovině. Rozdíly v akustické impedanci určují stupeň odrazivosti **-echogenity-** dané tkáně. Rozlišujeme struktury **hyperechogenní** (silně odrazivé) **hypoechoenní** (slabě odrazivé) a anechoenní (bez odrazových struktur). Pokud nemáme dostatek zkušeností s hodnocením patologických echogramů, omezíme se na popis echogenity jednotlivých struktur, jejich velikosti a polohy.



Obr. 3.1 Ultrasonograf



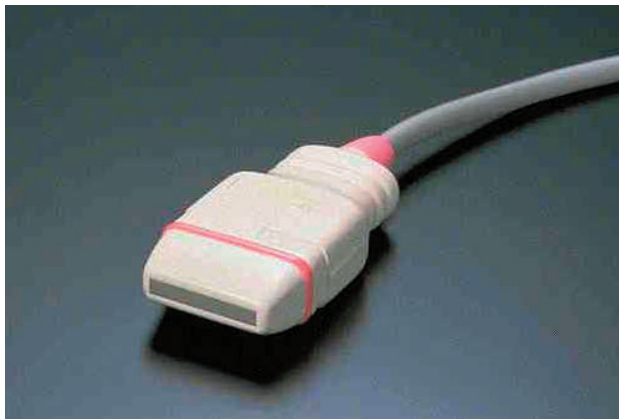
Obr. 3.2 Zobrazovací linie sond: (a) sektorové, (b) konvexní, (c) lineární



*Obr. 3.3a Sektorová elektronická sonda*



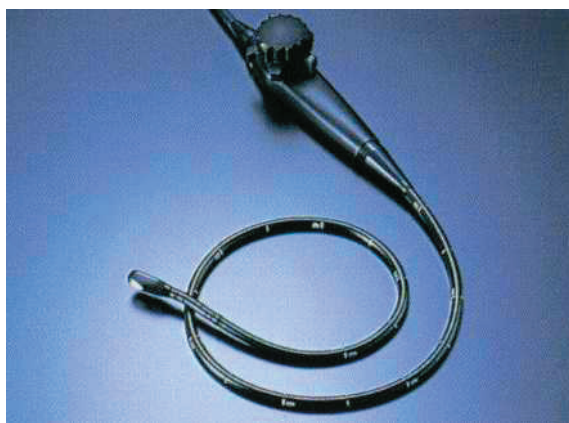
*Obr. 3.3b Konvexní sonda*



*Obr. 3.3c Lineární sonda*



*Obr. 3.3d Transvaginální/transrektální sonda*



*Obr. 3.3e Transesofageální sonda*