

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

25672

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:
G09B 23/28 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2013 - 27958**

(22) Přihlášeno: **21.05.2013**

(47) Zapsáno: **18.07.2013**

(73) Majitel:
Univerzita Karlova v Praze, Praha, CZ

(72) Původce:
Vránová Jana Ing. CSc., Praha, CZ
Rosina Jozef prof. MUDr. Ph.D., Praha, CZ
Matějka Roman Ing., Zlín, CZ

(74) Zástupce:
Hák Janeček & Švestka, Patentová a známková kancelář, RNDr. Roman Hák, U
Průhonu 5, Praha 7, 17000

(54) Název užitého vzoru:
Fantom pro ultrazvukové a/nebo dopplerovské vyšetření

CZ 25672 U1

Fantom pro ultrazvukové a/nebo dopplerovské vyšetření

Oblast techniky

Technické řešení se týká fantomu vhodného pro klasické ultrazvukové vyšetření (v módu B) a/nebo pro dopplerovské vyšetření. Fantom je vytvořen z materiálu s akustickými vlastnostmi podobnými vlastnostem tkání člověka. Tento fantom je určen zejména pro výuku studentů zdravotnických, technických a biomedicínských oborů.

Dosavadní stav techniky

Ultrasonografie je v současnosti velice rozšířená, dostupná, relativně levná a nezatěžující diagnostická zobrazovací metoda, patří proto v diagnostickém vyšetřovacím postupu často k metodám první volby, jak v humánní tak i veterinární medicíně. Ultrazvukové zobrazovací metody jsou nedílnou součástí práce většiny klinických lékařů. S ultrazukovými přístroji se setkají i mnozí techničtí zaměstnanci, pracující v nemocnicích jako biomedicínské technici nebo inženýři. Výuce ultrasonografie je proto nesmírně důležité věnovat odpovídající pozornost v pregraduální výchově budoucích specialistů. Úkolem výuky je na jedné straně naučit studenty chápat princip zobrazení pomocí ultrazvuku, na straně druhé naučit studenty správně interpretovat výstupy zobrazení.

Podle dostupných informací jsou na českém trhu pouze dvě společnosti dodávající komerční ultrazvukové fantomy (HELAGO-CZ, s.r.o., Hradec Králové, ČR, Blue-Panther s.r.o., Praha, ČR). Tyto fantomy jsou určeny pouze pro ultrazvukové zobrazování v módu B a nejsou vhodné pro dopplerovské vyšetření, navíc jsou velmi drahé a tím jsou pro vysoké školy jen omezeně dostupné.

Podstata technického řešení

Technické řešení se týká fantomu pro ultrazvukové vyšetření, který lze užít pro zobrazování diagnostickým ultrazukem v módu B nebo pro dopplerovské vyšetření. Lze také připravit fantom vhodný pro oba typy ultrazvukového vyšetření.

Tělo fantomu je vytvořeno z materiálu s akustickými vlastnostmi podobnými vlastnostem tkání v břišní a/nebo hrudní dutině člověka. V prvním provedení fantom simuluje charakteristické struktury v břišní a/nebo hrudní dutině a umožňuje demonstrovat šíření ultrazvuku v prostředích s různými akustickými vlastnostmi. Dále umožňuje např. měření velikosti objektů známých tvarů a rozměrů, uložených ve známé hloubce. Ve druhém provedení je v základní výplňové hmotě těla fantomu umístěna alespoň jedna hadice, výhodně systém hadic, kterými protéká kapalina simulující průtok krve v těle. Fantom lze pak užít k měření známých rychlostí proudění kapaliny napodobující krev, přičemž je možné tuto rychlost měnit. Lze měnit i proudění kontinuální na pulzní a simulovat tak tlakové změny v oběhu vyvolané činností srdce.

Tělo fantomu je tvořeno formou, která je vyplněna základní výplňovou hmotou, jejíž akustické vlastnosti se co nejvíce přibližují akustickým vlastnostem lidské tkáně. Forma fantomu je vyrobená z plastu (např. plexiskla, polykarbonátu, polypropylenu), výhodně průhledného, ve tvaru půlválce, který nejlépe napodobuje abdominální oblast lidského těla. V provedení pro dopplerovské vyšetření čela formy obsahují otvory pro hadice, výhodně např. silikonové, napodobující cévy. Horní volný povrch (tj. „břišní strana“) přístupný pro ultrazukovou sondu je tvořen přímo výplňovou hmotou nebo je tato hmota překryta vrstvou, která napodobuje lidskou kůži, např. polyethylenovou fólií. Výplňová hmota je želatina s obsahem n-propanolu, jehož koncentrace ovlivňuje rychlost šíření zvukových vln, a grafitu, jehož koncentrace ovlivňuje akustický útlum materiálu. Želatina může být nahrazena jinou vhodnou látkou vytvářející gel, např. agarem. Místo n-propanolu je možné užít jiný alkohol, např. ethanol, methanol, n-butanol nebo glycerol.

Fantom simulující různé tkáně obsahuje objekty různých tvarů zalité v základní výplňové hmotě. Tyto objekty jsou připravené jako odlitky z želatiny s různým obsahem n-propanolu a grafitu, takže je dosaženo různých akustických vlastností simulujících různé orgány. Tvary jsou buď, to jednoduchá geometrická tělesa - např. krychle, kvádr, (polo)koule, rotační elipsoid, válec apod.
 5 nebo jde o tvary napodobující skutečný tvar příslušného orgánu připravené pomocí realistických modelů orgánů (např. ledvina, játra, prostata, močový měchýř, srdce, plíce) nebo zvířecích (např. prasečích) orgánů. Do základní výplňové hmoty může být také zalita hrudní kost, a to skutečná lidská, zvířecí nebo syntetická (např. odlitek z epoxidové pryskyřice).

Fantom pro dopplerovské vyšetření obsahuje jednu nebo více hadic, např. silikonových, výhodně různých průměrů, případně i rozvětvených, zalitých v základní výplňové hmotě, pro napodobení krevního řečiště. Tyto hadice procházejí otvory v čelech formy, výhodně pomocí průchodek, a jsou vzájemně spojeny tak, že vytvářejí jeden okruh napojený na čerpadlo. Hadice jsou uloženy tak, aby byly dobře vidět jednotlivé průměry hadic a dala se jednoduše zjistit hloubka jejich uložení v základní výplňové hmotě. Jako látka simulující krev se užívá karbonová suspenze, tj. suspenze karbonového prášku ve vodě. Tato karbonová suspenze napodobuje krevní elementy, především erythrocyty obsažené v krvi, na kterých dochází k odrazu ultrazvukové vlny. Objem tekutiny a tlak mohou být v hadicích-cévkách měněny, takže je možné znázornit proměnlivost pacientova krevního oběhu. Oběh karbonové suspenze v hadici nebo systému hadic je poháněn pomocí odstředivého čerpadla s elektronickým řízením. Samotné řízení obstarává řídicí jednotka, která je připojena k osobnímu počítači vybavenému speciálním softwarem. Prostřednictvím počítače, resp. řídicí jednotky je tak možné snadno měnit základní parametry průtoku, včetně možnosti simulace pulzní vlny.
 15
 20

Kombinovaný fantom, nejbližší napodobující tělo pacienta, který umožňuje jak ultrazvukové vyšetření v módu B tak dopplerovské vyšetření, obsahuje v základní výplňové hmotě jak objekty napodobující orgány tak i hadici nebo systém hadic napodobující krevní řečiště.
 25

Předmětem předloženého užitého vzoru je tedy fantom pro ultrazvukové a/nebo dopplerovské vyšetření, který obsahuje formu pro vytvoření těla fantomu, základní výplňovou hmotu pro napodobení lidské tkáně, která vyplňuje formu, alespoň jeden objekt napodobující orgán vytvořený z výplňové hmoty pro napodobení orgánu, který je umístěn v základní výplňové hmotě, a/nebo alespoň jednu hadici napodobující cévu, která prochází základní výplňovou hmotou a ústí oběma konci vně formy, a případně kost nebo její model, a případně dále povrch pro napodobení lidské kůže, který je přístupný pro ultrazvukovou sondu. Forma výše popsaného fantomu obsahuje čela, boky a dno.
 30

Základní výplňová hmota je směs obsahující želatinu a n-propanol a vyplová hmota pro napodobení orgánu je směs obsahující želatinu, n-propanol a grafit. Je-li přítomno více objektů napodobujících orgány, pak jsou zpravidla vytvořeny z výplňové hmoty pro napodobení orgánu s odlišným obsahem n-propanolu a/nebo grafitu.
 35

Výhodně je základní výplňová hmota tvořena 20 % (obj.) želatinou s obsahem 0,1 % (obj.) n-propanolu a výplňová hmota pro napodobení orgánu je tvořena 20 % (obj.) želatinou s obsahem 0,14 až 0,19 % (obj.) n-propanolu a 0,22 až 0,39 % (obj.) grafitu.
 40

V jiném provedení fantomu čela formy obsahují alespoň jeden otvor pro hadici, případně opatřený průchodkou s olivkou pro nasazení hadice. Ve výhodném provedení obsahuje fantom více hadic, výhodně silikonových, a výhodně odlišného průměru, a jednu nebo více pomocných hadic pro vytvoření systému napodobujícího krevní oběhový systém. V dalším výhodném provedení uvedený fantom obsahuje čerpadlo pro cirkulaci kapaliny napodobující krev.
 45

Kapalinou napodobující krev je uhlíková suspenze, výhodně je to suspenze uhlíkového prášku ve vodě, výhodně v poměru 1:20 (obj.), přičemž velikost mikročástic uhlíku je 5 až 50 μm.

Fantom obsahující systém napodobující krevní oběhový systém dále výhodně obsahuje řídicí jednotku pro regulaci průtoku kapaliny napodobující krev v systému hadic napodobujícím krevní oběhový systém.
 50

Konkrétní příklady výhodných provedení fantomu, který byl výše popsán, jsou uvedeny dále. Odborník si je vědom toho, že výše popsáný fantom může být různými způsoby upravován a modifikován, přičemž tyto modifikace spadají do rozsahu definovaného nároky na ochranu.

Stručný přehled obrázků

- 5 Obr. 1: Forma fantomu pro ultrazvukové vyšetření v módu B
 Obr. 2: Forma fantomu pro dopplerovské vyšetření
 Obr. 3: A - koeficient útlumu α pro různé koncentrace grafitu při frekvenci ultrazvukových vln 1 MHz a 3 MHz, B - rychlost šíření ultrazvukových vln různé koncentrace n-propanolu
 Obr. 4: Schéma fantomu pro ultrazvukové vyšetření (v módu B) obsahujícího kost a objekty
 10 napodobující orgány. A - pohled z boku, B - pohled shora
 Obr. 5: Forma fantomu pro dopplerovské vyšetření obsahující systém hadic napodobující krevní oběhový systém
 Obr. 6: Schéma fantomu pro dopplerovské vyšetření se systémem hadic, čerpadlem a řídicí jednotkou pro napodobení krevního oběhu.

15 Příklady provedení technického řešení

Příklad 1

Fantom pro ultrazvukové vyšetření v modu B

Tělo fantomu

- 20 Tělo fantomu je tvořeno formou F (obr. 1) vyplněnou základní výplňovou hmotou M (obr. 4), ve které jsou zalaty objekty O napodobující orgány, vyrobené z výplňové hmoty s jiným složením, než má základní výplňová hmota M, a případně kost B nebo její model.

Forma

- 25 Forma F pro fantom pro zobrazování diagnostickým ultrazvukem v módu B je detailně ukázána na obr. 1. Jako základní tvar byl zvolen půlválec, který nejlépe napodobuje abdominální oblast lidského těla. Forma F je tvořena čely 1, 1', boky 2, 2' a dnem 3, kteréžto části jsou spojeny šrouby 4 a/nebo lepením. Forma F je vyrobena z plexiskla.

Výplňová hmota

- 30 Výplňová hmota byla zvolena tak, že se její akustické vlastnosti co nejvíce přibližují akustickým vlastnostem lidské tkáně. Bylo tedy dosaženo podobné rychlosti šíření ultrazvukových (UZ) vln materiálem fantomu a podobné akustické impedance a útlumu vlnění v materiálu jako v tkáních lidského těla. Základní výplňová hmota M má jiné složení než výplňová hmota jednoho či více objektů O napodobujících orgány, jak je vysvětleno dále (viz tab. 4 a obr. 4).

- 35 Vlastnosti jednotlivých tkání jsou pro ilustraci uvedeny v tabulce 1. Obecně se rychlost šíření zvuku c pohybuje v rozmezí 1460 až 1640 m·s⁻¹, útlum tkání je přibližně 0,5 až 0,6 dB·cm⁻¹. Hodnoty akustické impedance se nacházejí v rozmezí 1,3 až 1,9 x 10⁶ kg·m⁻²·s⁻¹.

Tab. 1: Akustické vlastnosti tkání

Tkáň	Hustota ρ [$kg \cdot m^{-3}$]	Rychlost šíření c [$m \cdot s^{-1}$]	Akustická impedance Z [$kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1} \times 10^6$]	Koeficient útlumu α [$dB \cdot cm^{-1}$]
Vzduch	1,2	330	0,0004	-
Voda (20°C)	1000	1484	1,52	$2,17 \cdot 10^{-3}$
Měkké tkáně				
Játra	1060	1570	1,64-1,68	0,94
Svaly	1070	1580	1,65-1,74	1,3-3,3
Tuk	920	1450	1,35	0,63
Mozek	1030	1560	1,55-1,66	
Bílá hmota podél vláken				2,5
Bílá hmota napříč vláken				1,2
Šedá hmota				0,5-1,0
Ledvina	1038	1560	1,62	1,00
Slezina	1060	1570	1,65-1,67	0,40
Krev	1060	1570	1,62	0,18
Kost	1380-1810	4080	3,75-7,38	20,0
Plíce	400	650	0,26	41,0
Čočky	1142	1620	1,85	2,00
Komorová voda	1000	1500	1,50	0,01
Sklivec	1000	1520	1,52	0,01
Průměr	1060	1540	1,63	-

Charakterizace akustických vlastností výplňové hmoty

Výplňová hmota je průmyslová želatina (Gelatine g.r. (želatina p.a./500 g) Lach-Ner, s.r.o., Neratovice, ČR (CAS: 9000-70-8)) rozpuštěná ve vodě s obsahem n-propanolu (propan-1-ol g.r. (propan-1-ol p.a./1000 ml) - C_3H_8O , Lach-Ner, s.r.o. Neratovice, ČR (CAS: 71-23-8)), jehož koncentrace mění rychlost šíření zvukových vln, a grafitu (druh: P (krystalicky grafitový pudr), obsah C 88 až 90 %, světlost ok 0,1 mm, KOH-I-NOOR GRAFIT, s. r.o., Netolice, ČR). Různou koncentrací grafitu lze dosáhnout požadovaného akustického útlumu materiálu.

Pro charakterizaci materiálů na výrobu fantomu byly připraveny vzorky s 20 % (obj.) želatiny s různými poměry složek (n-propanolu a grafitu), čímž se dosáhlo různých akustických vlastností pro každou modifikovanou želatinu. Měření akustických vlastností vzorků probíhalo v experimentální soustavě, která obsahovala UZ vysílač a přijímač (hydrofon).

Mezi ně byl vložen vzorek umělé tkáně - tj. základní výplňové hmoty. Celá tato sestava byla ve vodní lázni o definované teplotě.

Na vzorcích byl naměřen útlum vlnění α dle vztahu $\alpha = \frac{\log_{10} \frac{I_0}{I_x}}{x}$, kde I_0 je počáteční intenzita,

x je tloušťka materiálu (vzorky) a I_x je naměřená intenzita hydrofonem. Dále byla měřena rychlost UZ vlnění procházejícího materiálem podle rozdílu času vysílaného a přijímaného signálu. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce 2, tabulce 3 a na obr. 3.

Tab. 2: Naměřené hodnoty rychlosti šíření prostředím při různých koncentracích n-propanolu ($W_{n-propanol}$ – objemové procento). Tučně je vyznačena koncentrace n-propanolu, která je nejbližší rychlosti šíření UZ v měkkých tkáních (játra, ledvina, slezina, svaly)

$W_{n-propanol}$ [% obj.]	c [$m \cdot s^{-1}$]
0,02	1504
0,04	1518
0,06	1525
0,12	1551
0,24	1604

Tab. 3: Naměřené hodnoty koeficientu útlumu α pro různé koncentrace grafitu a frekvence 1 a 3 MHz. Tučně je vyznačena koncentrace grafitu, která je nejbližší koeficientu útlumu UZ v měkkých tkání (játra, ledvina, slezina, svaly)

W_{grazit} [% obj.]	α [$dB \cdot cm^{-1}$] při 1 MHz	α [$dB \cdot cm^{-1}$] při 3 MHz
0	0,02	0,026
0,012	0,08	0,104
0,024	0,09	0,117
0,036	0,14	0,182
0,069	0,2	0,26
0,13	0,43	0,559
0,23	0,85	1,105

Jako nejvýhodnější složení základní výplňové hmoty bylo nalezeno následující složení: 79,9 % (obj.) vody, 20 % (obj.) želatiny a 0,1 % (obj.) n-propanolu.

- 5 Základní výplňová hmota M byla namíchána z želatiny s odpovídající koncentrací n-propanolu (viz tab. 4) a byla nalita do formy F fantomu.

- 10 Forma F byla pro tento účel umístěna ve speciálním mísovitém stojanu, který vytvořil dno odpovídající „břišní straně“ fantomu a zajistil horizontální polohu formy, aby bylo možné vyplnit celou formu F základní výplňovou hmotou M. V případě fantomu pro ultrazvukové zobrazování v módu B byly postupně zality hrudní kost B a předem připravený jeden nebo několik objektů O napodobujících orgány (např. ledvinu, játra, srdce).

- 15 Po ztuhnutí a zchladnutí základní výplňové hmoty M ve formě F fantomu bylo tělo fantomu vyjmuto ze stojanu a „břišní strana“ fantomu byla zakryta membránou napodobující kůži, která je ultrazvukově propustná, např. PE fólií. V praxi se ukázalo, že je možné provádět měření i bez této fólie a fólie je užívána jen jako ochrana proti vyschnutí při uskladnění fantomu.

Objekty simulující orgány

Objekty O simulující orgány (srdce, játra, ledvinu) byly připraveny jako odlitky z výplňové hmoty specifického složení - viz následující tab. 4.

Tab. 4. Složení základní výplňové hmoty M a výplňové hmoty pro odlití objektu Q napodobujícího orgán. Koncentrace želatiny je 20 % (obj.).

Orgán	Objemové % n-propanolu	Objemové % grafitu
Základní výplňová hmota	0,10	–
Ledvina	0,14	0,22
Játra	0,16	0,20
Srdce	0,19	0,39

Pro vytvoření forem pro přípravu odlitků orgánů byl použit dvousložkový silikonový adiční kaučuk HT 33 Transparent (ELCHEMCo, s.r.o., Praha, ČR), vytvrzující se za normální pokojové teploty. Do připraveného kaučuku po částečném vytvrzení byly vloženy prasečí srdce, ledvina a játra vhodné velikosti, tak aby se z poloviny ponořily. Po vytvrzení materiálu byla spodní část takto získané formy, srdce, ledvina i játra postříkány separátorem Ambersil - Formula 10, (Ambersil House, Bridgewater, UK) a oba orgány byly zcela zality. Po vytvrzení byla forma rozpůlena a orgány vyjmuty. Do takto připravených forem byla nalita výplňová hmota - želatina s vhodnou koncentrací n-propanolu a grafitu, které odpovídají koncentraci pro měkké orgány (játra, ledviny a další). Po vyjmutí z forem byly odlitky Q napodobující orgány vloženy postupně do formy F a zality základní výplňovou hmotou M, jak je schematicky znázorněno na obr. 4.

Příklad 2

Fantom pro dopplerovské vyšetření

Tělo fantomu

V provedení fantomu pro dopplerovské vyšetření byla použita forma F' znázorněná na obr. 2, tj. forma prakticky shodná s formou F z příkladu 1, kde jsou čela 1, 1' formy opatřena otvory 5 pro hadice 6, výhodně uložené pomocí průchodek vložených (zašroubovaných, vlepených) do otvorů 5. Konkrétně bylo vytvořeno 6 otvorů 5 o průměru 13 mm, do kterých byly vsazeny průchodky, opatřené z druhé strany olivkami, umožňujícími nasazení silikonových hadic 6 různých průměrů (7 až 13 mm) vytvářejících společně s propojovacími hadicemi 8 fluidický systém napodobující krevní oběhový systém. Celý fluidický systém byl navržen tak, aby i po zalití základní výplňovou hmotou M byly dobře vidět jednotlivé tloušťky hadic 6 a dala se jednoduše zjistit hloubka jejich uložení. Forma F' opatřená fluidickým systémem hadic 6 je znázorněn na obr. 5.

Suspenze simulující krev

Jako látka simulující krev byla zvolena karbonová suspenze z vody a karbonového prášku SILCARBON (active carbon powder (aktivní uhlí prášek)/200 g, Lach-Ner, s.r.o. (CAS: 7440-44-0)) v poměru 20:1 (obj.). SILCARBON je uhlíkatý produkt s pórovitou strukturou. Velikost mikročástic uhlíku je 5 až 50 μm . Takto vytvořená karbonová suspenze simuluje krevní elementy, především erytrocyty obsažené v krvi, na kterých dochází k odrazu UZ vlny. Na základě rozdílu frekvence vysílané a odražené (přijímané) UZ vlny se měří rychlost proudění krve cévami (na základě principu Dopplerova jevu).

Oběhový systém

Schéma zapojení oběhového systému je na obr. 6. Karbonová suspenze, která tvoří náhradu krve v oběhovém systému sestávajícího z hadic 6 a propojovacích hadic 8 fantomu, je poháněna pomocí odstředivého čerpadla P s elektronickým řízením (Laing DDC-IT Plus, řízené pomocí PWM modulace). Čerpadlo P poskytuje rychlost toku do $3,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (maximální rychlost krve v cévách je $1,80$, výjimečně $3,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Samotné řízení obstarává řídicí jednotka R, která je připojena k osobnímu počítači vybavenému speciálním řídicím programem. Prostřednictvím počítače, resp. řídicí jednotky je tak možné snadno měnit základní parametry průtoku, včetně možnosti

simulace pulzní vlny. Program umožňuje např. simulovat pulzní vlny kopírující průběh EKG a velmi realisticky tak modelovat skutečný krevní oběh.

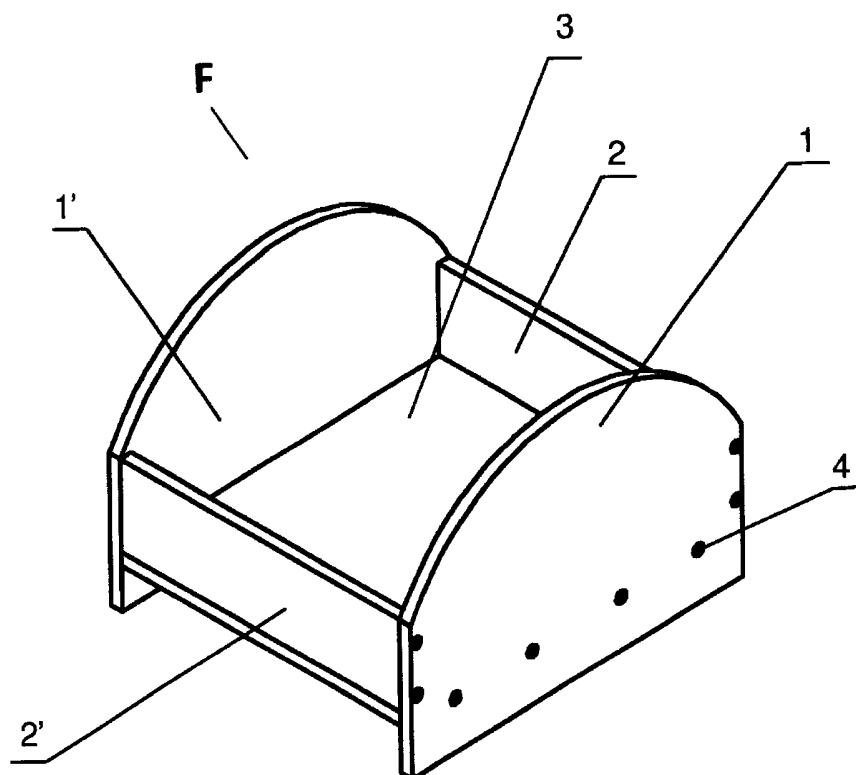
N Á R O K Y N A O C H R A N U

1. Fantom pro ultrazvukové a/nebo dopplerovské vyšetření, **vyznačující se tím**, že obsahuje
 - formu (F, F') pro vytvoření těla fantomu,
 - základní výplňovou hmotu (M) pro napodobení lidské tkáně, která vyplňuje formu (F, F'),
 - alespoň jeden objekt (O) napodobující orgán vytvořený z výplňové hmoty pro napodobení orgánu, který je umístěný v základní výplňové hmotě (M), a/nebo alespoň jednu hadici (6) napodobující cévu, která prochází základní výplňovou hmotou (M) a ústí oběma konci vně formy (F'),
 - případně kost (B) nebo její model,
 - případně povrch pro napodobení lidské kůže, který je přístupný pro ultrazvukovou sondu.
2. Fantom podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že forma (F, F') obsahuje čela (1, 1'), boky (2, 2') a dno (3).
3. Fantom podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že základní výplňová hmota (M) je směs obsahující želatinu a n-propanol a výplňová hmota pro napodobení orgánu je směs obsahující želatinu, n-propanol a grafit.
4. Fantom podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že základní výplňová hmota (M) je tvořena 20% (obj.) želatinou s obsahem 0,1 % (obj.) n-propanolu a výplňová hmota pro napodobení orgánu je tvořena 20% (obj.) želatinou s obsahem 0,14 % až 0,19 % (obj.) n-propanolu a 0,22 % až 0,39 % (obj.) grafitu.
5. Fantom podle kteréhokoliv z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že čela (1, 1') formy (F') obsahují alespoň jeden otvor (5) pro hadici (6), případně opatřený průchodkou s olivkou pro nasazení hadice (6).
6. Fantom podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že obsahuje více hadic (6), výhodně odlišného průměru, a jednu nebo více pomocných hadic (8) pro vytvoření systému napodobujícího krevní oběhový systém.
7. Fantom podle nároku 5 nebo 6, **vyznačující se tím**, že obsahuje čerpadlo (P) pro cirkulaci kapaliny napodobující krev.
8. Fantom podle kteréhokoliv z nároků 5 až 7, **vyznačující se tím**, že kapalinou napodobující krev je uhlíková suspenze.
9. Fantom podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že uhlíková suspenze je suspenze uhlíkového prášku ve vodě, výhodně v poměru 1:20 (obj.), přičemž velikost mikročástic uhlíku je 5 až 50 μ m.
10. Fantom podle kteréhokoliv z nároků 5 až 9, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje řídicí jednotku (R) pro regulaci průtoku kapaliny napodobující krev v systému hadic (6) napodobujícím krevní oběhový systém.

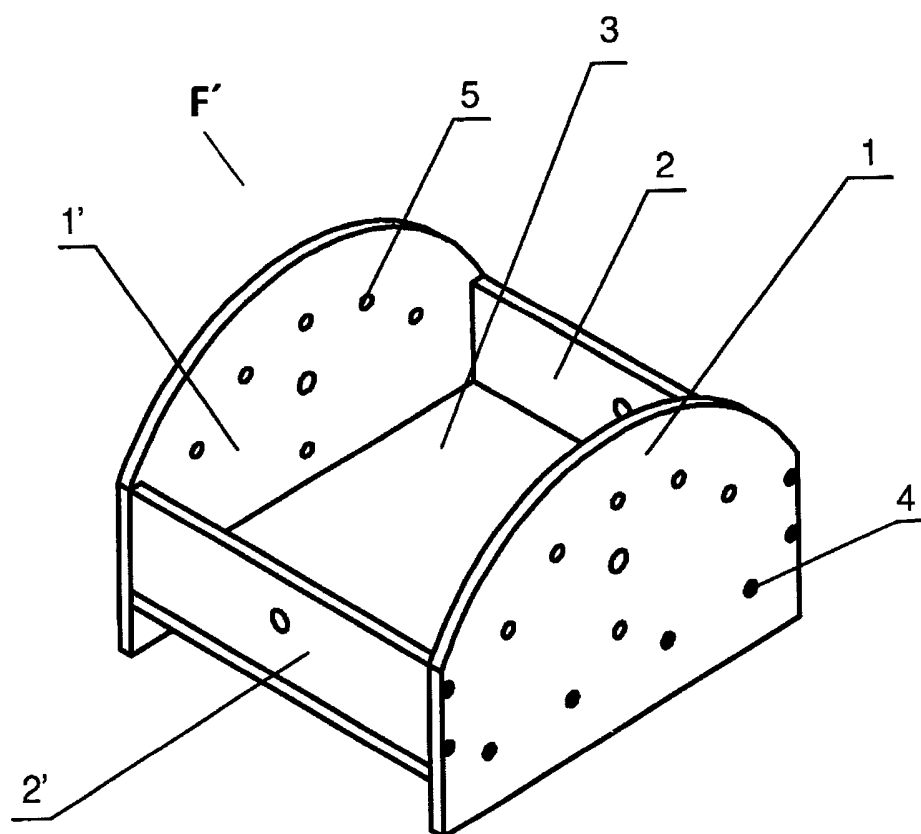
Seznam vztahových značek:

	F, F'	forma fantomu
	M	základní výplňová hmota
5	O	objekt napodobující orgán
	B	kost nebo její model
	P	čerpadlo
	R	řídící jednotka
	1, 1'	čelo formy
10	2, 2'	bok formy
	3	dno formy
	4	spojovací prvek, šroub
	5	otvor
	6	hadice
15	8	propojovací hadice.

Obr. 1

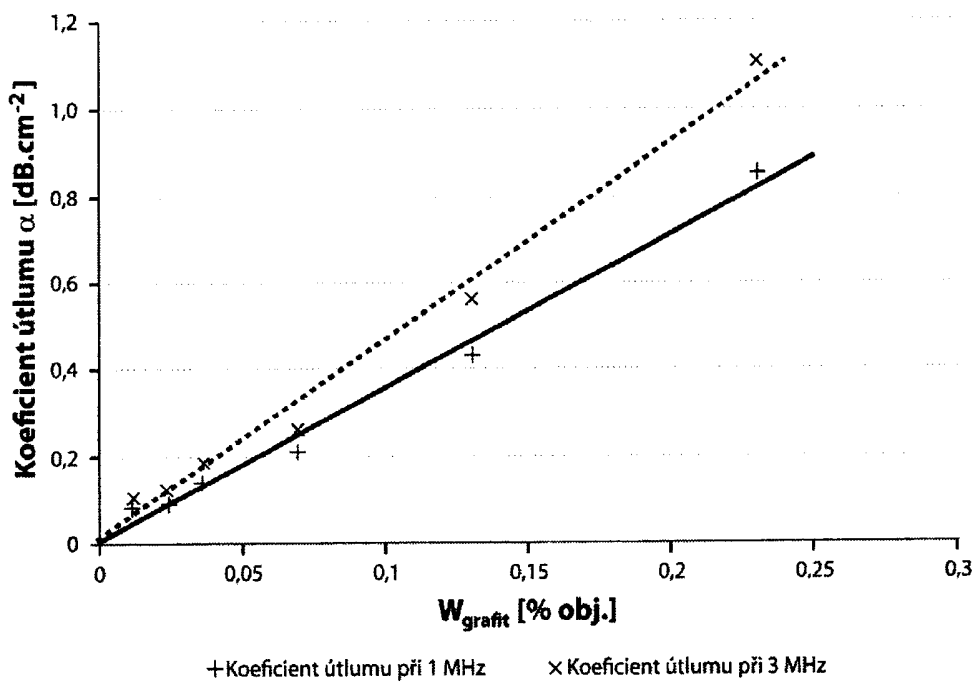


Obr. 2

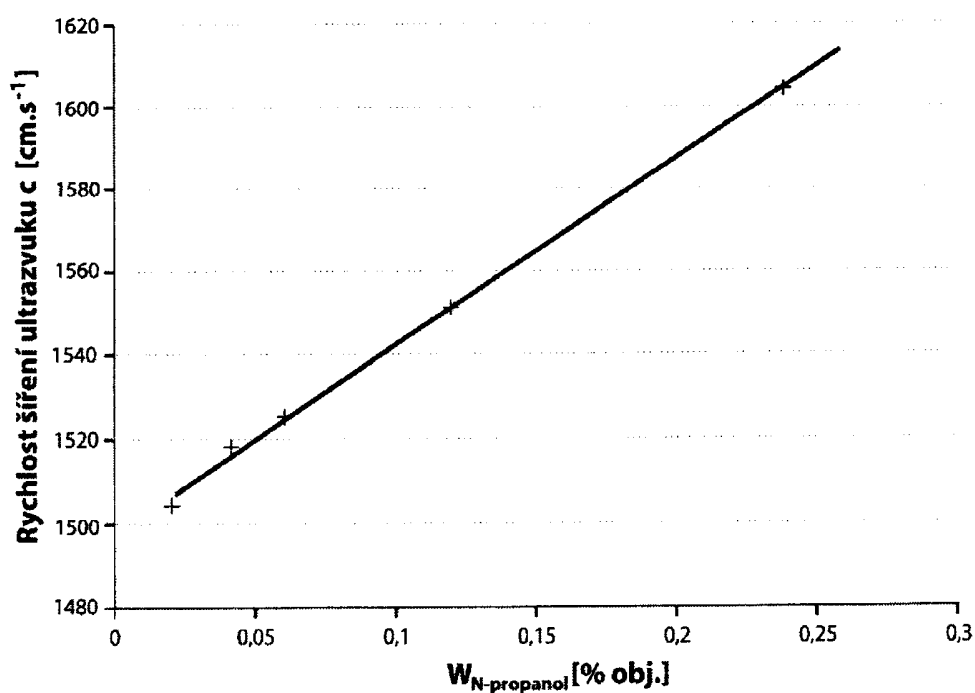


Obr. 3

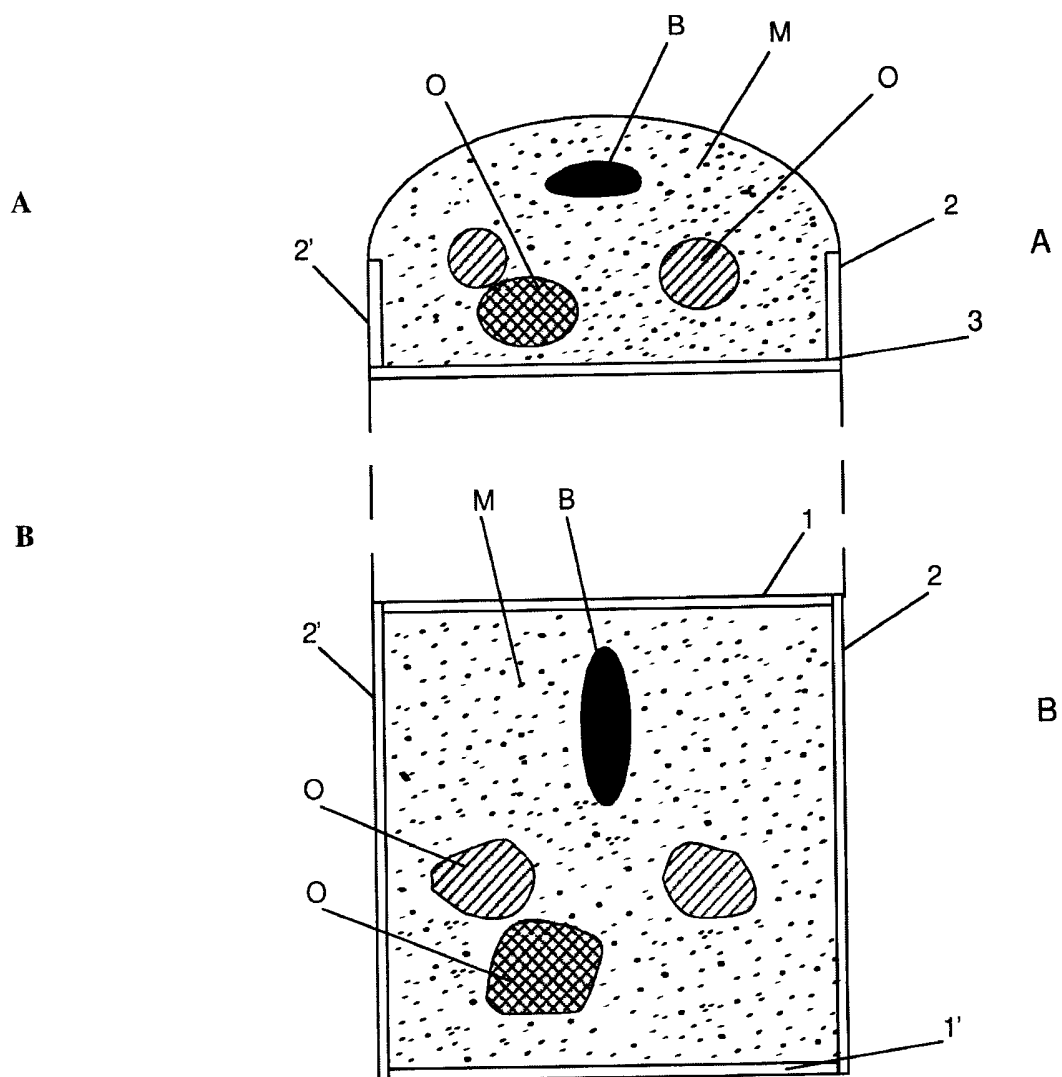
A

Koeficient útlumu α při frekvenci 1 MHz a 3 MHz

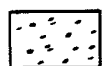
B

Rychlost šíření ultrazvukového vlnění

Obr. 4



Legenda:



Základní hmota



Hmota napodobující ledviny

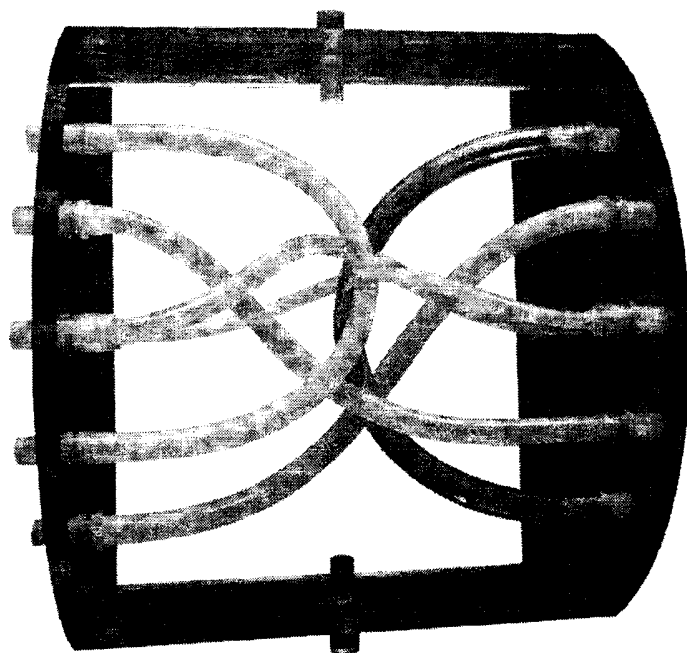


Hmota napodobující játra

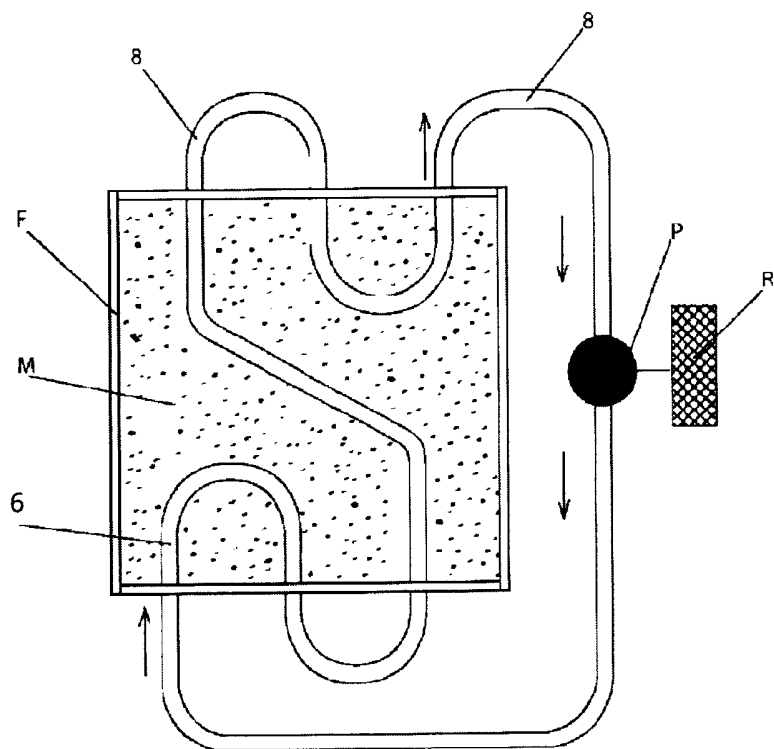


Tuhá struktura - kost

Obr. 5



Obr. 6



Konec dokumentu