

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **15.06.1999**
(32) Datum podání prioritní přihlášky: **15.06.1998**
(31) Číslo prioritní přihlášky: **1998/089365**
(33) Země priority: **US**
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **17.04.2002**
(Věstník č. 4/2002)
(86) PCT číslo: **PCT/US99/13279**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO99/65380**

(21) Číslo dokumentu:

2000 -4659

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

A 61 B 6/00

A 61 B 5/05

(71) Přihlašovatel:
MINRAD INC., Buffalo, NY, US;

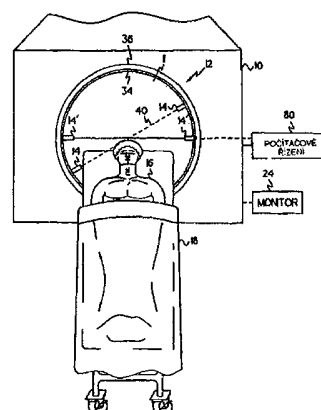
(72) Původce:
Landi Michael K., Kenmore, NY, US;
Grand Walter, Buffalo, NY, US;

(74) Zástupce:
PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1, Praha 4,
14000;

(54) Název přihlášky vynálezu:
Postup a přístroj pro stanovení přístupu k
podpovrchovému cíli

(57) Anotace:

Zařízení k zaměřování cílové oblasti vymezuje směr přístupu k podpovrchovému cíli pod vedením zobrazovacího zařízení (10), jako je výpočetní tomograf nebo přístroj pro zobrazování magnetickou rezonancí. Zařízení k zaměřování cílové oblasti je umístěno vzhledem k cíli takovým způsobem, že pomocí odkazu na obrazy znázorněné v zobrazovacím přístroji lze zvolit optimální směr přístupu, který se vyhýbá životně důležitým vnitřním orgánům. Zařízení promítá paprsek viditelného světla, např. laserový paprsek, označující vstupní bod a úhel přístupu k podpovrchovému cíli.



Postup a přístroj pro stanovení přístupu k podpovrchovému cíli

Přihlašovatelé tímto uplatňují nárok na prioritu prozatímní dříve podané patentové přihlášky pod pořadovým číslem 60/089365 ze dne 15. června 1998, která je zde zahrnuta v odkazech.

Oblast techniky

Vynález se obecně týká stanovení polohy a směru přístupu k cíli určenému zobrazovací technikou, jako je výpočetní tomografie (CT) nebo metoda magnetické rezonance. Konkrétněji řečeno se vynález týká zařízení a postupu pro stanovení optimální dráhy k podpovrchovému cíli porovnáním optimální dráhy k obrazu podpovrchového cíle vymezeného při zobrazování výpočetní tomografií nebo magnetickou rezonancí obrazem markerů* a směru paprsku viditelného světla zaměřeného na cíl.

Dosavadní stav techniky

Vodící systémy využívající viditelného světla k osvětlení směru přístupu k cíli umístěnému v těle pacienta byly známy již v minulosti. Když se vodící systém používal společně se zobrazovacím přístrojem, jako je výpočetní tomograf nebo přístroj pro magnetickou rezonanci, pak určoval polohu cílové oblasti vzhledem k zobrazovacímu přístroji pomocí jednoho nebo více markerů. Např. Vilsmeireův patent Spojených států č. 5769861 se zabývá postupem umístění nástroje, v němž se vnitřní markery implantované do pacientova těla a připevněné k pacientově lebce nebo kostře využívají ke stanovení vnitřního referenčního systému pro zobrazování výpočetním tomografem nebo magnetickou rezonancí. S vnitřními markery jsou pevně spojeny vnější markery sloužící jako vnější referenční rámec pro stanovení orientace vnějších markerů vzhledem k vnitřním

* Poznámka překl.: V oboru se takto označuje anatomické značení, vymezující díky svým fyzikálním vlastnostem (např. neprostupnosti pro záření) na těle pacienta při zobrazení příslušnost oblast.

referenční rámec pro stanovení orientace vnějších markerů vzhledem k vnitřním markerům v zobrazovacím přístroji. Aby bylo kromě toho možno nástroj umístit vzhledem k oběma rámcům vymezeným vnitřními nebo vnějšími markery, musí být nástroj vybaven alespoň dvěma markery ke stanovení naklonění. Je zřejmé, že by bylo třeba nalézt postup pro umístění nástroje do zobrazovacího přístroje bez nutnosti použít dvou sad indikačních rámců, z nichž jedna musí být implantována do těla pacienta.

Systém vodící světlo, který vytváří laserový paprsek pro použití se skenerem výpočetního tomografu, je popsán v článku „Laser Guidance System for CT-guided Procedures“ [Laserový vodící systém pro postupy řízené výpočetní tomografií], Radiology, leden 1995, ročník 194, č. 5, s. 282 - 284. V tomto článku byl na vodorovnou nebo svislou kolej připevněnou k vyšetřovacímu tunelu (gantry) CT přístroje namontován transportér podpírající laserový paprsek. Laserový paprsek se mohl otáčet kolem středu transportéru. Použití transportéru s laserovým paprskem k označení směru přístupu k cíli zahrnovalo následující kroky. Bylo nasnímáno několik tomografických obrazů (CT obrazů) cílové oblasti, přičemž na CT obrazu byl stanoven vstupní bod na kůži a cílový bod. Pak byl zvolen úhel dopadu na dráhu mezi cílovým a vstupním bodem. Tento vstupní bod byl označen umístěním markeru neprostupného pro záření na pacientovu kůži. Poté byl pacient přemístěn z roviny snímání a transportér byl nakloněn tak, aby odpovídal úhlu dopadu, a posouván po kolejnici, dokud laserový paprsek nezaměřil vstupní bod na kůži.

Systém a postup popsany ve výše uvedeném článku má značnou nevýhodu v tom, že umožňuje pouze přibližné vizuální stanovení vstupního bodu a přístupové dráhy k cíli na základě CT obrazu bez uvedení referenčního vztahu této dráhy ke směru laserového paprsku v okamžiku, kdy je CT obraz snímán. Když je na kůži pacienta umístěn marker neprostupný pro záření, je třeba provést další zobrazení k zajištění správného umístění markeru na vstupním bodu na kůži. Bylo by tedy výhodné nalézt systém a postup lokalizace cíle, který by umožňoval volit vstupní bod a úhel přístupu k cíli, označit tento bod na kůži pacienta a současně v okamžiku snímání obrazu identifikovat světelným paprskem směr přístupu k cíli. Ještě výhodnější by bylo mít během zobrazovacího procesu možnost stanovit různé přístupové dráhy k cíli bez nutnosti opakovat zobrazování k posouzení vhodnosti dalších cest.

Podstata vynálezu

Cílem vynálezu je proto poskytnout systém pro zobrazovací přístroje, kde se k nalezení vztahu mezi vstupním bodem a úhlem přístupu k podpovrchovému cíli v trojrozměrném prostoru pacienta a jejich protějšky na obrazu pacienta na monitoru zobrazovacího zařízení používají markery.

Dalším cílem vynálezu je poskytnout systém lokalizace cíle, který má tolik stupňů volnosti jako obrazová rovina zobrazovacího přístroje. Takový systém má výhodu v tom, že stanovuje optimální dráhu k obtížně lokalizovatelnému cíli na základě sledování pohybu obrazové roviny. Při použití systému nebude nutno k provedení dalšího zobrazení a stanovení dráhy k cíli pacienta přemísťovat.

Dalším cílem vynálezu je poskytnout systém, který umožňuje translační a rotační pohyb paprsku viditelného světla v systému zaměřování cílové oblasti za účelem zvýšení přesnosti lokalizace cíle a stanovení preferované polohy cíle vzhledem k systému a směru přístupu k cíli.

Dalším cílem vynálezu je poskytnout postup stanovení a identifikace dráhy k podpovrchovému cíli, přičemž ke stanovení dráhy s pomocí zobrazovacího přístroje a současně k vymezení přímky určující směr paprsku viditelného světla jako vodítka pro nástroj se používají markery.

Systém podle vynálezu obsahuje podpěrnou sestavu prostupnou pro záření, např. rámovou sestavu, umístěnou v poli skeneru výpočetního tomografu nebo jiného zobrazovacího přístroje. Vhodné pohonné zařízení, např. převodové soukolí, může otáčet rámovou sestavou kolem její osy otáčení. K rámové sestavě jsou proti sobě, tj. v úhlu 180°, připevněny dva markery. Markery používané pro zobrazování rentgenovým zářením, např. snímání výpočetním tomografem, jsou neprostupné pro záření. Markery vhodné pro zobrazování magnetickou rezonancí jsou neferomagnetické, tj. při zobrazování magnetickou rezonancí neinterferují s postupem shromažďování dat. Pro markery vhodné ke konkrétnímu typu zobrazování budeme používat pojem referenční značky (fiducials). Referenční značky mohou být např. látky neprostupné pro záření při snímání výpočetní tomografií nebo neferomagnetické markery, které lze zobrazit metodou magnetické rezonance. Je také zřejmé, že existují referenční značky, které jsou neprostupné pro záření a zároveň neferomagnetické, a jsou tedy vhodné pro výpočetní tomografii i pro zobrazování magnetickou rezonancí. Markery tohoto typu vyrábí např. společnost BRAIN LAB ze Spojených států. V popisu vynálezu se pojem referenční značky používá k označení některého z

typů markerů nebo markerů od společnosti BRAIN LAB, v závislosti na tom, který typ se lépe hodí pro konkrétní zobrazovací postup.

Zdroj viditelného světla, který je vzdálený, nebo připojený k rámu, vytváří světelný paprsek nasměrovaný zrcadlem prostupným pro záření nebo přímo světelným zdrojem na dráhu mezi dvěma referenčními značkami. Rámovou sestavu lze umístit pomocí translačních stupňů x, y, z tak, aby souřadnice jejího středu byly umístěny na podpovrchovém cíli. V takovéto konfiguraci směřuje paprsek viditelného světla vždy k cíli, protože rámová sestava otáčí zdrojem viditelného světla kolem pacienta.

Když je rámová sestava umístěna v obrazové rovině skeneru výpočetního tomografu a zobrazí se oblast těla pacienta, objeví se v obrazu oblasti těla na monitoru skeneru obrazy dvou referenčních značek. Přímka vytvořená počítačem mezi oběma obrazy referenčních značek bude ohraničovat konkrétní oblasti těla pacienta a zároveň bude odpovídat přímce, po níž se šíří světelný paprsek v rámové sestavě podle vynálezu. Operátor výpočetního tomografu může otáčet rámovou sestavou až o 360° tak, aby mohl umístit referenční značky kdekoli u pacienta, a umístit tedy i obrazy referenčních značek kdekoli na obrazu oblasti těla pacienta.

V této rámové sestavě je na pacienta nasměrován paprsek viditelného světla po přímce vymezené linií na monitoru skeneru. Světelný paprsek označuje vstupní bod na kůži pacienta a vymezuje úhel přístupu k cíli odpovídající vstupnímu bodu a úhlu danému oběma obrazy referenčních značek na monitoru skeneru. Změřením vzdálenosti mezi kůží a zamýšleným cílem na CT obrazu lze stanovit hloubku průniku nástroje.

Během zobrazovacího procesu je rámová sestava umístěna tak, že referenční značky leží v obrazové rovině zobrazovacího přístroje. Obraz cíle je viditelný na monitoru spolu s obrazy referenčních značek. Přímka mezi oběma obrazy referenčních značek vymezuje obraz cíle, čímž označuje vstupní bod a přístupovou osu k cíli v prostoru pacienta. Ke zvolení preferované dráhy k cíli může operátor zobrazovacího přístroje dálkovým způsobem přemístit referenční značky vzhledem k rámové sestavě nebo změnit přímo polohu rámové sestavy. Jakmile se zvolí preferovaná dráha k cíli, je možné zobrazovací přístroj vypnout. Paprsek viditelného světla osvětlující zvolenou preferovanou dráhu k podpovrchovému cíli povede lékaře, který provádí invazivní lékařský zákrok, aniž by byl lékař nebo pacient vystaven nadměrnému záření nebo magnetickému poli.

Tyto a další cíle a výhody vynálezu budou odborníkům v oboru zřejmější po uvedení odkazů na následující popis a doprovodné výkresy.

Popis obrázků na výkresech

Na obrázku 1 je schematické znázornění rámové sestavy podle vynálezu v tunelu skeneru výpočetního tomografu.

Na obrázku 2 je schematické znázornění prvků rámové sestavy podle vynálezu.

Na obrázku 3 je znázornění translačního pohybu rámové sestavy podle vynálezu po ose X, translačního pohybu po ose Y a rotačního pohybu po ose Z.

Na obrázku 4A je průřez vedený linií 4A - 4A na obrázku 3 a znázorňující referenční značku, zrcadlo prostupné pro záření a zdroj viditelného světla připevněný na sestavu.

Na obrázku 4B je průřez obdobný průřezu na obrázku 4A, znázorňující další provedení rámové sestavy.

Na obrázku 4C je průřez obdobný průřezu na obrázku 4A, znázorňující další provedení rámové sestavy.

Na obrázku 5 je schematické znázornění stupňů volnosti rámové sestavy podle vynálezu.

Obrázek 6 znázorňuje obrazy referenčních značek vymezující přímku ohraničující obraz oblasti těla pacienta.

Na obrázcích 7A a 7B jsou obdobné ilustrace jako na obrázku 6 se schematickým znázorněním oblasti těla pacienta v různých polohách vzhledem k referenčním značkám.

Na obrázku 8 je nárys oblouku jednoho z provedení vynálezu.

Na obrázku 9A je bokorys oblouku obdobného jako na obrázku 8, ale referenční značky jsou umístěny v obrazové rovině na stejné straně pacienta a zdroj viditelného světla je umístěn mimo obrazovou rovinu.

Na obrázku 9B je bokorys zakřiveného provedení obdobný jako na obrázku 8, přičemž světelný zdroj slouží jako referenční značka umístěná v obrazové rovině.

Obrázek 10 je schematické znázornění obrazu oblasti těla pacienta společně s obrazy referenčních značek.

Obrázek 11 znázorňuje směr přístupu k podpovrchovému cíli osvětlený světelným paprskem, který vede nástroj při invazivním zákroku.

Příklady provedení vynálezu

Na obrázku 1 je prezentovaný vynález, který obsahuje podpěrnou konstrukci ve formě rámové sestavy 12 prostupné pro záření, umístěnou v obrazové rovině zobrazovacího zařízení 10, např. skeneru výpočetního tomografu nebo přístroje pro zobrazování magnetickou rezonancí. Rámová sestava 12 obsahuje vnější podpěrný článek a vnitřní podpěrný článek, který je volně pohyblivý vzhledem k vnějšímu podpěrnému článku. V preferovaném provedení vynálezu, podrobně znázorněném na obrázcích 4A - 4C, jsou vnější a vnitřní podpěrné články ve tvaru prstenců 36 a 34, které jsou soustředné a koplanární. Vnější prstenec 36 vymezuje dráhu 35, po níž se otáčí vnitřní prstenec 34 pomocí motorového převodového zařízení s dálkovým ovládáním.

Vnější prstenec prostupný pro záření 36 má přednostně takový průměr, aby jej bylo možno umístit do obrazového pole skeneru výpočetního tomografu nebo přístroje pro zobrazování magnetickou rezonancí. Průměr vnitřního prstence 34 musí být současně dostatečně velký na to, aby obsáhl tělo pacienta 16 uvnitř rámové sestavy 12. Vnější prstenec 36 musí navíc umožňovat pohyb rámové sestavy 12 uvnitř skeneru nebo přístroje pro zobrazování magnetickou rezonancí, když se rámová sestava umístí tak, aby obklopovala určitou oblast těla pacienta.

Vnitřní prstenec 34 nese skupinu vzájemně oddělených referenčních značek. V preferovaném provedení vynálezu, znázorněném na obrázku 2, nese vnitřní prstenec dvě referenční značky 30 umístěné v protilehlých polohách průměru vnitřního prstence (tj. v úhlu 180°). Rámová sestava 12 navíc obsahuje zrcadlo prostupné pro záření 38 a alespoň jeden zdroj viditelného světla 14, který generuje paprsek viditelného světla 40, představovaný na obrázcích 1 až 3 přerušovanou čarou a směřující na zrcadlo. Zrcadlo je umístěno tak, aby odrazilo paprsek viditelného světla 40 ze světelného zdroje 14 a směřovalo odražený paprsek po přímce vymezené oběma referenčními značkami. Podle vynálezu může sestava 12 obsahovat dva nebo více zdrojů viditelného světla. Rámová sestava může např. obsahovat dva zdroje viditelného světla 14, umístěné proti sobě a sloužící současně jako referenční značky. Při takové konstrukci rámové sestavy vytváří jeden nebo oba zdroje viditelného světla paprsky šířící se proti sobě po přímce průměru vymezené oběma zdroji. Přímka bude osvětlena jakýmkoli paprskem kolimovaného světla, ovšem v preferovaném provedení podle vynálezu je paprsek viditelného světla laserový paprsek.

Rámová sestava 12 je vyrobena z materiálů, které neinterferují se zobrazovacími schopnostmi skeneru výpočetního tomografu nebo přístroje pro zobrazování magnetickou rezonancí, ani tyto schopnosti jinak nenarušují. Rámová sestava 12, určená pro použití se zobrazovacím přístrojem pro magnetickou rezonanci, by neměla obsahovat feromagnetické materiály, které mohou narušovat přesnost shromažďování dat pro zobrazování magnetickou rezonancí. Pro výrobu referenčních značek 30 lze použít jakýkoli materiál neprostupný při zobrazování výpočetním tomografem pro rentgenové paprsky, např. olovo nebo gadolinium. Materiály, z nichž je vyrobeno zrcadlo prostupné pro záření 38, propouštějí rentgenové paprsky. Zrcadlo lze např. vyrobit z plastu pokrytého Ag, aby odráželo paprsek viditelného světla. Zrcadlo s tenkou vrstvou Al bude též v rentgenovém záření neviditelné, ale pro viditelné světlo bude sloužit jako reflektor. K výrobě zrcadla lze podle požadavků konkrétní aplikace použít i jiné materiály s obdobným vlastnostmi.

Všechny další součásti rámové sestavy, které jsou umístěny v obrazové rovině zobrazovacího zařízení jsou průsvitné pro rentgenové paprsky, a jsou tedy ve výsledném obrazu oblasti těla pacienta neviditelné. Jak ukazují obrázky 4A až 4C, je na několika provedeních použita rámová sestava 12. Obrázek znázorňuje vzpěru 32, jejíž jeden konec je podepíráný vnitřním prstencem 34, otáčejícím se v dráze 35 vnějšího prstence 36. Referenční značka 30, která je připevněna k vnitřnímu prstenci 34, se otáčí společně s vnitřním prstencem. Ke stejnému konci vzpěry 32 je připevněno zrcadlo prostupné pro záření 38, na něž dopadá paprsek viditelného světla 40 ze zdroje viditelného světla 14, odrážející se po průměru vnitřního prstence 34. Na obrázku 4A je zdroj viditelného světla 14 umístěn na druhém konci vzpěry 32. V tomto provedení jsou vnější prstenec 36 a vnitřní prstenec 34 z materiálu, který je prostupný pro rentgenové paprsky, případně neinterferuje s tvorbou obrazu v přístroji pro magnetickou rezonanci, např. z umělé hmoty.

Jiné provedení rámové sestavy podle vynálezu je znázorněno na obrázku 4B, kde jsou vnější prstenec 36 a vnitřní prstenec 34 připevněny ke stejnému konci vzpěry 32 jako zdroj viditelného světla 14. Druhý konec vzpěry 32 nese referenční značku 30 a zrcadlo prostupné pro záření 38, přičemž oba prvky leží v obrazové rovině skeneru výpočetního tomografu. V tomto provedení se oba prstence 34, 36 z obrazové roviny odstraní, čímž se sníží riziko interference s vytvářením obrazu a snížení kvality obrazu.

V dalším provedení rámové sestavy 12 podle vynálezu, znázorněném na obrázku 4C, podpírá jeden konec vzpěry 32 zdroj viditelného světla 14, který

nese referenční značku 30. Druhý konec vzpěry 32 je umístěn na vnitřním prstenci 34, který otáčí vzpěrou v dráze 35 vnějšího prstence 36. V takovém provedení generuje zdroj viditelného světla 14 paprsek viditelného světla 40 a směřuje jej po průměru vnitřního prstence 34, a proto není třeba používat zrcadlo prostupné pro záření.

Aby se omezila možnost snížení kvality obrazu získaného výpočetní tomografií nebo magnetickou rezonancí v důsledku materiálů použitých k výrobě zdroje viditelného světla, zvažuje se ve vynálezu použití rámové sestavy se zdrojem umístěným mimo obrazovou rovinu. V tomto případě je paprsek viditelného světla vysílán do obrazové roviny přes optické vlákno nebo jiné vodiče světla.

Je-li obrazová rovina připevněna k zobrazovacímu přístroji, bude mít rámová sestava alespoň tři stupně volnosti: dva translační, tj. X_t a Y_t , a jeden rotační, Z_r . Translační stupně volnosti umožňují pohyb rámu ve směru X a Y v obrazové rovině, jak znázorňuje obrázek 5. Rotační stupeň volnosti umožňuje otáčení rámu kolem osy Z , která je kolmá na obrazovou rovinu. Navíc, jak ukazuje obrázek 3, zde existují dva vodorovné vodící útvary 52, které umožňují translační pohyb X_t rámové sestavy 12 po ose X . Svislý podpěrný sloupek 54 obsahuje ližinu 58, umožňující translační pohyb Y_t rámové sestavy po ose Y . Pohonná konstrukce pro pohyb po osách $X - Y$ 56 pohybuje rámovou sestavou 12 po ose X a Y . Převodové soukolí 50 otáčí vnitřním prstencem (není znázorněno) rámové sestavy 12 kolem osy Z .

Když má však obrazová rovina své vlastní stupně volnosti (řečeno jinými slovy, může se pohybovat vzhledem k zobrazovacímu zařízení), jak je tomu u některých typů těchto přístrojů, získá rámová sestava další stupně volnosti, které budou umožňovat pohyb rámu s obrazovou rovinou: translační pohyb po ose Z , rotační kolem osy X a rotační kolem osy Y . Jak znázorňuje obrázek 5, který znázorňuje maximální počet stupňů volnosti rámové sestavy, má rámová sestava 12 kromě stupňů volnosti Y_t , X_t a Z_t také translační stupeň Z_t a rotační stupeň Y_r a X_r .

Obsluhu rámové sestavy podle vynálezu lze vysvětlit na příkladu, který popisuje lokalizaci podpovrchového cíle v těle pacienta výpočetním tomografem pomocí CT obrazu. V procesu výpočetní tomografie se rámová sestava 12 vkládá do tunelu 11 skeneru výpočetního tomografu 10 znázorněného na obrázku 1, aby referenční značka ležela v obrazové rovině, ale převodové soukolí a zdroj viditelného světla budou umístěny mimo obrazovou rovinu. V preferovaném provedení vynálezu je rámová sestava 12 spojena se stolem 18,

na němž leží pacient, takže se rámová sestava může pohybovat směrem do a ze skeneru výpočetního tomografu 10 společně se stolem 18, aniž by došlo k narušení uspořádání prvků sestavy vzhledem pacientovi. Takovouto vazbu lze vytvořit např. v uspořádání podle obrázku 3.

Když skener výpočetního tomografu zobrazí oblast těla pacienta s referenčními značkami v obrazové rovině, budou obrazy 20 referenčních značek viditelné na CT obrazu 23 na monitoru 24 skeneru, což ilustruje obrázek 6. Cílovou přímkou 22 mezi obrazy 20 referenčních značek, ohraničující obraz těla 26 s podpovrchovým cílem a viditelnou na monitoru 24 skeneru podle obrázku 6, vytváří software skeneru výpočetního tomografu. Operátor skeneru výpočetního tomografu může pro otáčení vnitřního prstence 34 rámové sestavy 12 k umístění referenčních značek kamkoli po obvodu vnitřního prstence použít dálkového ovládání. Nová poloha referenčních značek 30, zrcadla 38 a zdroje viditelného světla 14 je znázorněna přerušovanou čarou na obrázku 2. Na obrázku 1 je znázorněna nová poloha dvou zdrojů viditelného světla 14. Opakování zobrazení výpočetním tomografem po otočení vnitřního prstence a změna polohy obrazů 20 referenčních značek na CT obrazu 23 v nové poloze vzhledem k pacientovi je znázorněno přerušovanými čarami na obrázcích 7A a 7B. Poloha referenční značky se mění tolikrát, kolikrát je třeba, dokud cílová přímka nebude ohraničovat požadovanou plochu oblasti těla pacienta v požadovaném bodě a směru. Vynález lze také realizovat s jednou referenční značkou připevněnou k rámové sestavě, a v tom případě bude zobrazovacímu přístroji znám a v referenčním systému obsažen druhý bod vymezující dráhu k cíli, např. střed kruhové nebo oválné rámové sestavy.

Správné umístění cílové přímky 22 vzhledem k obrazu oblasti těla 26 na CT obrazu 23, jak znázorňují obrázky 6 nebo 7A až 7B, odpovídá směru paprsku viditelného světla 40 v rámové sestavě 12 vymezeného dvěma referenčními značkami 30. Cílová přímka 22 na CT obrazu 23 odpovídá směru paprsku viditelného světla 40 mířícího na pacienta. Paprsek viditelného světla 40 proto označuje a jednoznačně definuje vstupní bod a úhel přístupu k podpovrchovému cíli v těle pacienta. Jak ukazuje obrázek 11, nástroj pro invazivní zákrok 70 obsahující jehlu nebo elektrodu 68 umístěnou kolineárně s paprskem viditelného světla a zavedený do těla pacienta bude vymezovat takové body a oblasti v těle pacienta, jaké ohraničuje cílová přímka 22 na CT obrazu 23. Po změření vzdálenosti od kůže 62 k podpovrchovému cíli 64 prostřednictvím CT obrazu 23 bude známa hloubka, do níž by měl být pacientovi zaveden nástroj pro invazivní zákrok 70 tak, aby dosáhl podpovrchového cíle.

Jakmile je vymezen a paprskem viditelného světla 40 osvětlen směr zavedení nástroje pro invazivní zákrok 60 do těla pacienta, je možno před zahájením invazivního zákroku vypnout skener výpočetního tomografu nebo přístroj pro zobrazování magnetickou rezonancí. Vypnutím zobrazovacího přístroje se minimalizuje vystavení pacienta a lékařského personálu rentgenovým paprskům a silným magnetickým polím bez snížení přesnosti invazivního zákroku vedeného paprskem viditelného světla v rámové sestavě podle vynálezu.

Může se stát, že určitý směr cílové přímky 22 ohraničující obraz oblasti těla na CT obrazu 23 bude nežádoucí, protože nástroj pro invazivní zákrok 60 zaváděný tímto směrem by mohl poškodit životně důležité orgány nebo cévy mezi kůží 62 pacienta a podpovrchovým cílem 64. Aby bylo možno nalézt vhodný směr cílové přímky 22, jímž se vyhnout životně důležitým orgánům, vnitřní prstenec 34 se bude otáčet a přemísťovat cílovou přímku 22, a tím i přímku vymezenou dvěma referenčními značkami v rámové sestavě 12. Pokud není obraz oblasti těla 26 umístěn ve středu 28 cílové přímky 22, otočením vnitřního prstence 34 se cílová přímka 22 přemístí tak, aby již neohraničovala obraz oblasti těla 26. To ukazuje obrázek 7A. Postup podle vynálezu umožňuje řešit tento problém tak, že se obraz oblasti těla 26 umístí do středu 28 cílové přímky 22 na CT obrazu 23, a poté se vnitřní prstenec 34 bude otáčet kolem středu 28, dokud nebude stanoven vhodný vstupní bod a úhel přístupu do obrazu oblasti těla 26, jak ukazuje obrázek 7B. K umístění obrazu oblasti těla 26 do středu 28 cílové přímky 22 umožňuje pohonná konstrukce pro pohyb po osách X - Y 56 na obrázku 4 posunovat rámovou sestavou ve směrech X a Y, dokud střed vnitřního prstence 34 nebude odpovídat souřadnicím podpovrchového cíle. Když je toto splněno, bude střed 28 cílové přímky 22 ležet na CT obrazu 23 v obrazu oblasti těla 26, jak znázorňuje obrázek 7B. Velikost potřebného přemístění po ose X a Y se měří podle CT obrazu 23 na monitoru 24 v počítači, který pak počítá požadované přemístění.

Jiné provedení rámové sestavy podle vynálezu je znázorněno na obrázcích 8 až 9. V tomto provedení je rámová sestava omezena obloukem 60 obsahujícím referenční značky, které jsou umístěny v obrazové rovině zobrazovacího přístroje. V závislosti na konkrétním zobrazovacím přístroji může být použití oblouku 60 v porovnání s kruhovou nebo oválnou rámovou sestavou výhodnější. Jak ukazují obrázky 8 až 9, vymezují referenční značky přímku, po níž je paprsek viditelného světla 40 nasměrován zrcadlem prostupným pro záření 38. Paprsek viditelného světla 40 je generován zdrojem viditelného světla 14. Obrazy 20 referenčních značek 30 vymezují přímku ohraničující cílový obraz 26

na monitoru 24 zobrazovacího přístroje, jak ukazuje obrázek 10. Oblouk 60 má různé stupně volnosti umožňující rotační nebo translační pohyb, díky čemuž lze zvolit optimální dráhu k podpovrchovému cíli. Zdroj viditelného světla 14 lze umístit odděleně od obrazové roviny, jak je znázorněno na obrázku 9A, nebo do obrazové roviny, jak ukazuje obrázek 9B. Je-li světelný zdroj 14 umístěn v obrazové rovině, může sloužit jako jedna z referenčních značek, a pak není třeba používat druhou samostatnou referenční značku.

Odborníkovi by mělo být okamžitě zřejmé, že různé kroky podle vynálezu lze vykonávat, ovládat a optimalizovat na základě volby vhodných nastavení a parametrů a jejich zadání do programu nebo souboru programů ovládaných počítačovým řízením 80 vynálezu, jak znázorňují obrázky 1 a 3. Proto je zřejmé, že vynález splňuje předpokládané cíle. Podrobné popisy provedení vynálezu neslouží k omezení rozsahu, ale k ilustrativním účelům.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Přístroj pro vymezení směru přístupu k podpovrchovému cíli po předem stanovené dráze pro použití se zobrazovacím přístrojem, **vyznačující se tím, že obsahuje:**
 podpěrnou sestavu nesoucí skupinu referenčních značek vymezujících předem stanovenou dráhu vzhledem k podpěrné sestavě a
 zdroj viditelného světla generující paprsek viditelného světla šířící se po předem stanovené dráze a označující směr přístupu k podpovrchovému cíli.
2. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava je prostupná pro záření.
3. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** dále obsahuje reflektor prostupný pro záření k nasměrování paprsku viditelného světla na předem stanovenou dráhu.
4. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava je v podstatě kruhová.
5. Přístroj podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava je v podstatě kruhová.
6. Přístroj podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** předem stanovená dráha je vymezena průměrem podpěrné sestavy.
7. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** zdroj viditelného světla slouží jako jedna z referenčních značek.
8. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** zdroj viditelného světla je namontován na podpěrné sestavě.
9. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** paprsek viditelného světla se šíří ze zdroje viditelného světla na předem stanovenou dráhu přes vodič světla.

10. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava obsahuje dvě protilehlé referenční značky.
11. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** přemístěním referenčních značek vzhledem k podpovrchovému cíli se mění předem stanovená dráha k podpovrchovému cíli.
12. Přístroj podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** přemístěním podpěrné sestavy vzhledem k podpovrchovému cíli se podpovrchový cíl dostane do středu průměru podpěrné sestavy.
13. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** paprsek viditelného světla je laserový paprsek.
14. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** referenční značky jsou neprostupné pro záření.
15. Přístroj podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** referenční značky jsou neferomagnetické.
16. Systém pro vymezení směru přístupu k podpovrchovému cíli osvětlením předem stanovené dráhy paprskem viditelného světla, **vyznačující se tím, že** obsahuje:
 - zobrazovací přístroj mající obrazovou rovinu, přičemž obrazová rovina má několik stupňů volnosti;
 - podpěrnou sestavu mající alespoň jeden rotační a alespoň jeden translační stupeň volnosti;
 - alespoň dvě referenční značky namontované na podpěrné sestavě a umístěné v obrazové rovině;
 - zdroj viditelného světla generující paprsek viditelného světla šířící se po předem stanovené dráze a osvětlující dráhu jako směr přístupu k podpovrchovému cíli.
17. Systém podle nároku 16, **vyznačující se tím, že** zobrazovací přístroj je výpočetní tomograf nebo přístroj pro zobrazování magnetickou rezonancí.

18. Systém podle nároku 16, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava má tolik stupňů volnosti jako obrazová rovina zobrazovacího přístroje.
19. Systém podle nároku 16, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava je v podstatě kruhová.
20. Systém podle nároku 16, **vyznačující se tím, že** dále obsahuje reflektor prostupný pro záření spojený s podpěrnou sestavou k nasměrování paprsku viditelného světla na předem stanovenou dráhu.
21. Systém podle nároku 16, **vyznačující se tím, že** paprsek viditelného světla je laserový paprsek.
22. Systém podle nároku 16, **vyznačující se tím, že** paprsek viditelného světla se řídí ze zdroje viditelného světla na dráhu přes vodič světla.
23. Systém podle nároku 19, **vyznačující se tím, že** dráha je vymezena průměrem podpěrné sestavy.
24. Systém podle nároku 16, **vyznačující se tím, že** referenční značky jsou neprostupné pro záření.
25. Systém podle nároku 16, **vyznačující se tím, že** referenční značky jsou neferomagnetické.
26. Systém pro vymezení směru přístupu k podpovrchovému cíli osvětlením předem stanovené dráhy paprskem viditelného světla v zobrazovacím přístroji, **vyznačující se tím, že** obsahuje:
 - podpěrnou sestavu mající skupinu referenčních značek vymezujících předem stanovenou dráhu vzhledem k podpěrné sestavě;
 - zdroj viditelného světla generující paprsek viditelného světla šířící se po předem stanovené dráze a osvětlující dráhu jako přístupu k podpovrchovému cíli ;
 - počítačový systém pro provádění řady postupů sloužících k volbě předem stanovené dráhy stanovením optimální dráhy k podpovrchovému cíli.

27. Systém podle nároku 26, **vyznačující se tím, že** dále obsahuje reflektor prostupný pro záření spojený s podpěrnou sestavou k nasměrování paprsku viditelného světla pod dráze.
28. Systém podle nároku 12, **vyznačující se tím, že** zobrazovací přístroj je výpočetní tomograf nebo přístroj pro zobrazování magnetickou rezonancí.
29. Systém podle nároku 26, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava obsahuje dvě protilehlé referenční značky.
30. Systém podle nároku 26, **vyznačující se tím, že** dále obsahuje zařízení pro přemísťování referenčních značek vzhledem k podpovrchovému cíli ke změně dráhy k podpovrchovému cíli, přičemž přemístění je počítáno počítačovým systémem.
31. Systém podle nároku 26, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava je v podstatě kruhová.
32. Systém podle nároku 31, **vyznačující se tím, že** dále obsahuje zařízení pro přemísťování podpěrné sestavy vzhledem k podpovrchovému cíli k umístění podpovrchového cíle do středu průměru podpěrné sestavy, přičemž přemístění je počítáno počítačovým systémem.
33. Systém podle nároku 26, **vyznačující se tím, že** paprsek viditelného světla je laserový paprsek.
34. Systém podle nároku 26, **vyznačující se tím, že** referenční značky jsou neprostupné pro záření.
35. Systém podle nároku 26, **vyznačující se tím, že** referenční značky jsou neferomagnetické.
36. Postup stanovení dráhy k podpovrchovému cíli pro použití se zobrazovacím zařízením majícím obrazovou rovinu a výstupní zařízení, **vyznačující se tím, že** zahrnuje kroky:
vytvoření podpěry skupiny referenčních značek umístěných v obrazové rovině;

sledování polohy obrazů skupiny referenčních značek ve výstupním zařízení a

využití poloh obrazů skupiny referenčních značek ke stanovení dráhy k podpovrchovému cíli.

37. Postup podle nároku 36, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje změnu umístění skupiny referenčních značek vzhledem k podpovrchovému cíli, takže nové polohy obrazu skupiny referenčních značek lze využít k identifikaci jiné dráhy k podpovrchovému cíli.
38. Postup podle nároku 36, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje vytvoření paprsku viditelného světla zdrojem, přičemž paprsek viditelného světla se šíří po dráze a osvětluje dráhu jako směr přístupu k podpovrchovému cíli.
39. Postup podle nároku 38, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje inaktivaci zobrazovacího přístroje s využitím paprsku viditelného světla k přístupu k podpovrchovému cíli.
40. Postup podle nároku 38, **vyznačující se tím, že** paprsek viditelného světla je laserový paprsek.
41. Postup podle nároku 38, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje nasměrování paprsku viditelného světla po dráze prostřednictvím reflektoru prostupného pro záření.
42. Postup podle nároku 38, **vyznačující se tím, že** paprsek viditelného světla se šíří ze zdroje na dráhu přes vodič světla.
43. Postup podle nároku 36, **vyznačující se tím, že** "dvě protilehlé referenční značky jsou umístěny v obrazové rovině.
44. Postup podle nároku 36, **vyznačující se tím, že** referenční značky jsou neprostupné pro záření.
45. Postup podle nároku 36, **vyznačující se tím, že** referenční značky jsou neferomagnetické.

46. Postup volby požadovaného umístění podpovrchového cíle v zobrazovacím přístroji s výstupním zařízením pro použití s přístrojem obsahujícím skupinu referenčních značek nesených podpěrnou sestavou, **vyznačující se tím, že zahrnuje:**

umístění podpovrchového cíle vzhledem k zařízení v zobrazovacím přístroji tak, že obraz podpovrchového cíle a obrazy skupiny referenčních značek lze sledovat ve výstupním zařízení a lze určit umístění obrazu podpovrchového cíle vzhledem k obrazům referenčních značek a

přemístění skupiny referenčních značek tak, že nové umístění obrazu podpovrchového cíle vzhledem k obrazům skupiny referenčních značek bude požadovaným umístěním.

47. Postup podle nároku 46, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava je v podstatě kruhová.

48. Postup podle nároku 46, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava obsahuje dvě protilehlé referenční značky.

49. Postup podle nároku 48, **vyznačující se tím, že** požadované umístění obrazu podpovrchového cíle je přibližně ve středu přímky mezi referenčními značkami.

50. Postup podle nároku 46, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje provedení řady postupů v počítačovém systému pro počítačové ovládání umístění podpovrchového cíle vzhledem k přístroji a přemístění skupiny referenčních značek.

51. Postup pro umístění přístroje ke stanovení směru přístupu k podpovrchovému cíli v zobrazovacím přístroji, kde zobrazovací přístroj obsahuje obrazovou rovinu mající několik stupňů volnosti, přičemž postup **se vyznačuje tím, že zahrnuje kroky:**

poskytnutí podpěrné sestavy mající alespoň jeden rotační a alespoň dva translační stupně volnosti;

poskytnutí alespoň dvou referenčních značek nesených podpěrnou sestavou a

umístění referenčních značek v obrazové rovině zobrazovacího přístroje na základě pohybu podpěrné sestavy alespoň po jednom ze stupňů volnosti.

52. Postup podle nároku 51, **vyznačující se tím, že** podpěrná sestava má tolik stupňů volnosti jako obrazová rovina.
53. Postup podle nároku 51, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje provedení řady postupů v počítačovém systému pro počítačové ovládání realizace podpěrné sestavy, alespoň dvou referenčních značek a umístění referenčních značek v obrazové rovině.

1/10

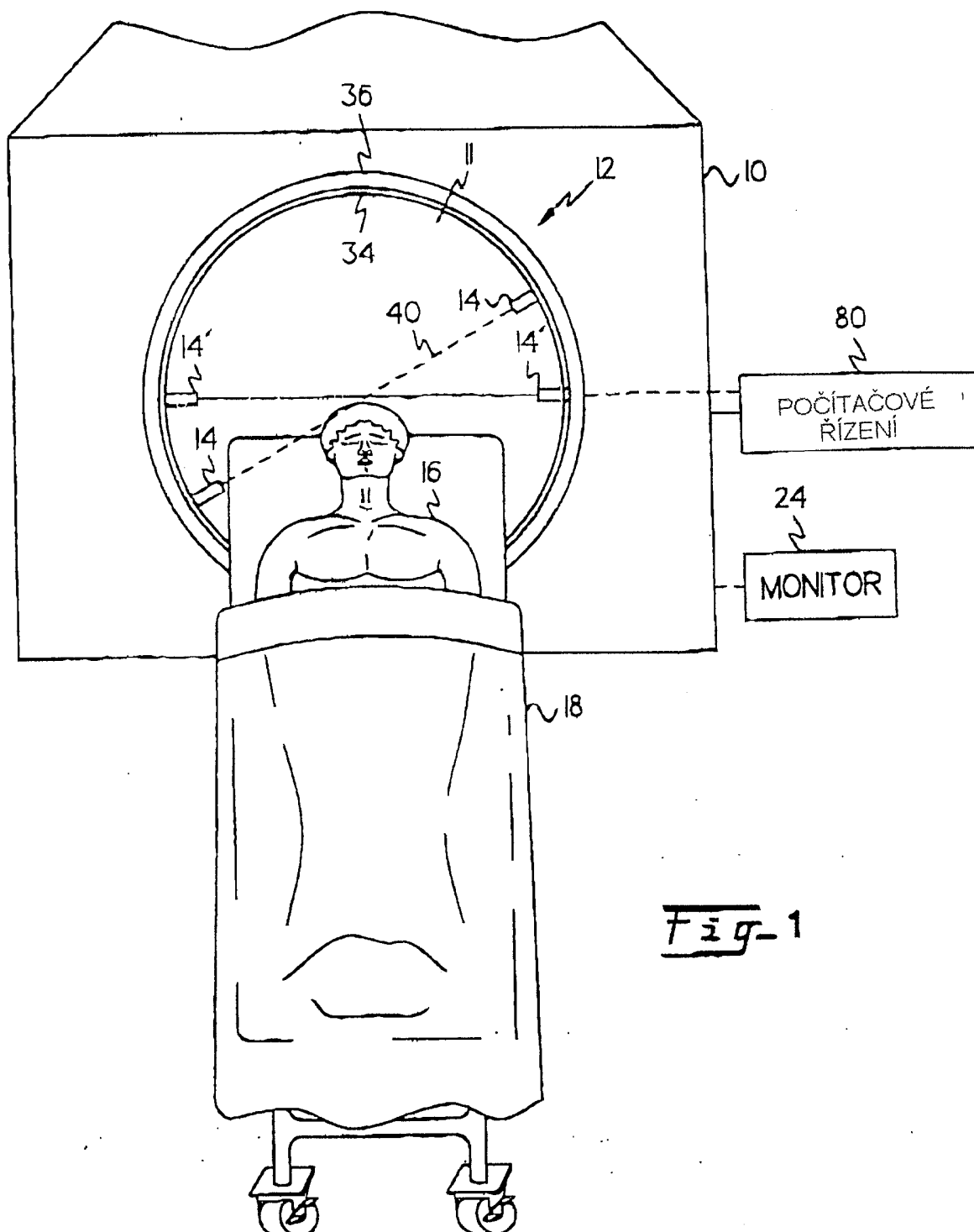


Fig-1

05.03.01

2/10

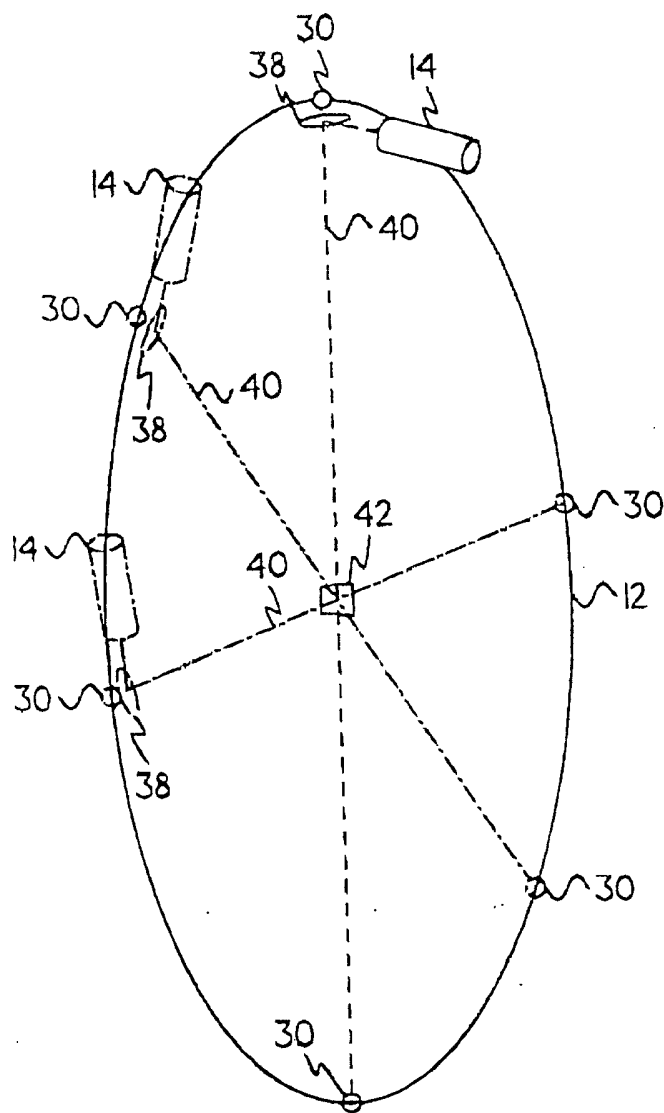
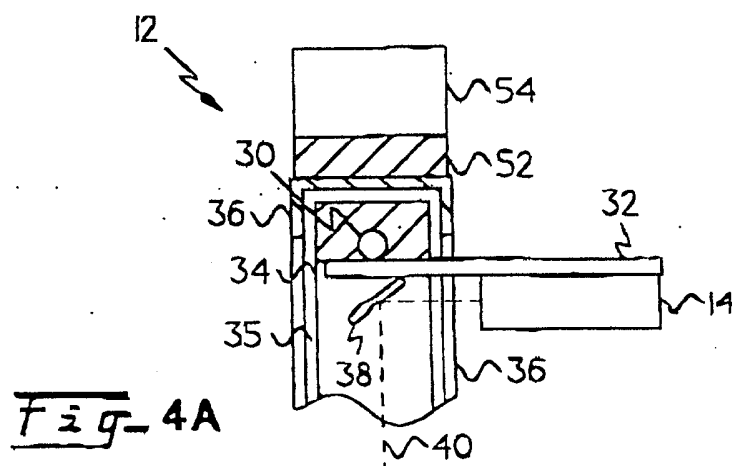
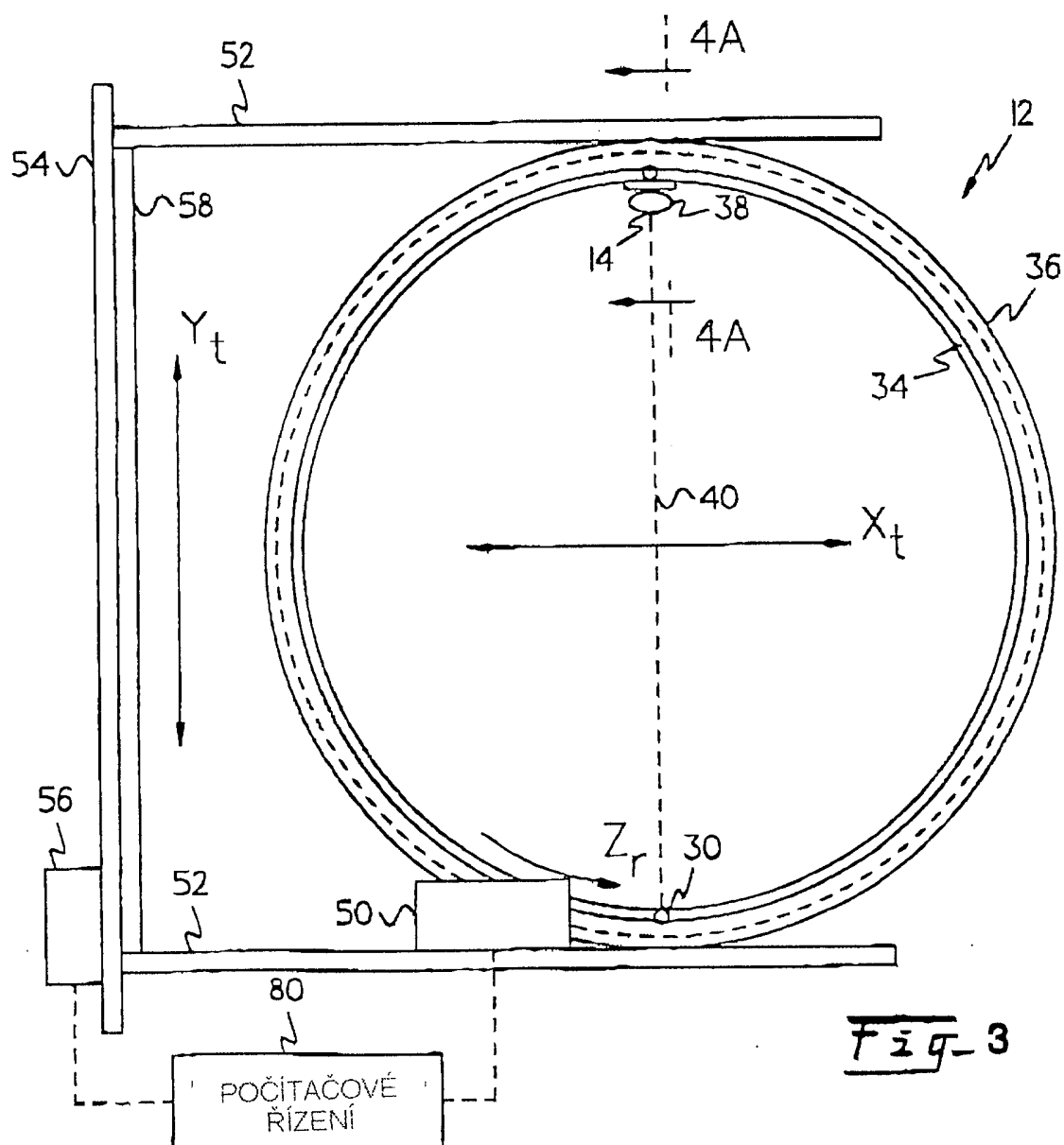


Fig-2

3/10



05.03.01

4/10

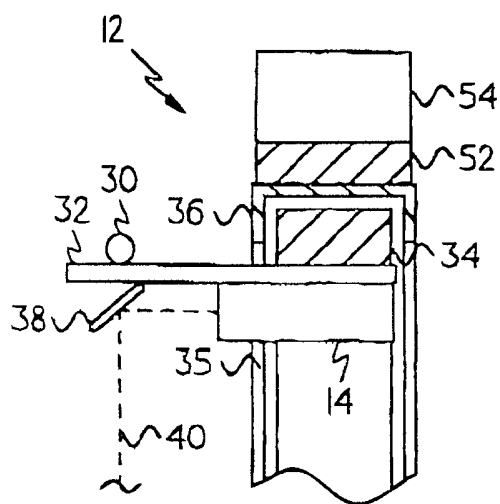


Fig. 4B

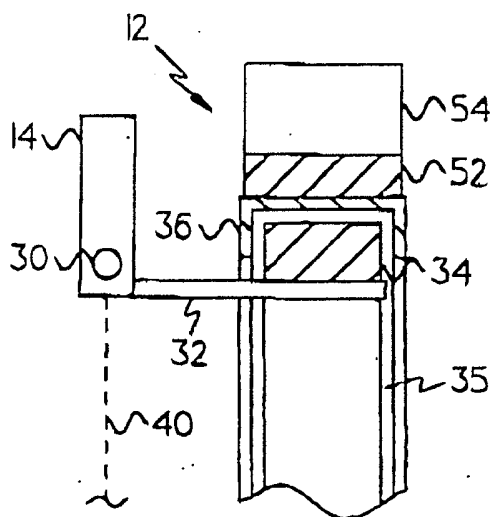


Fig. 4C

5/10

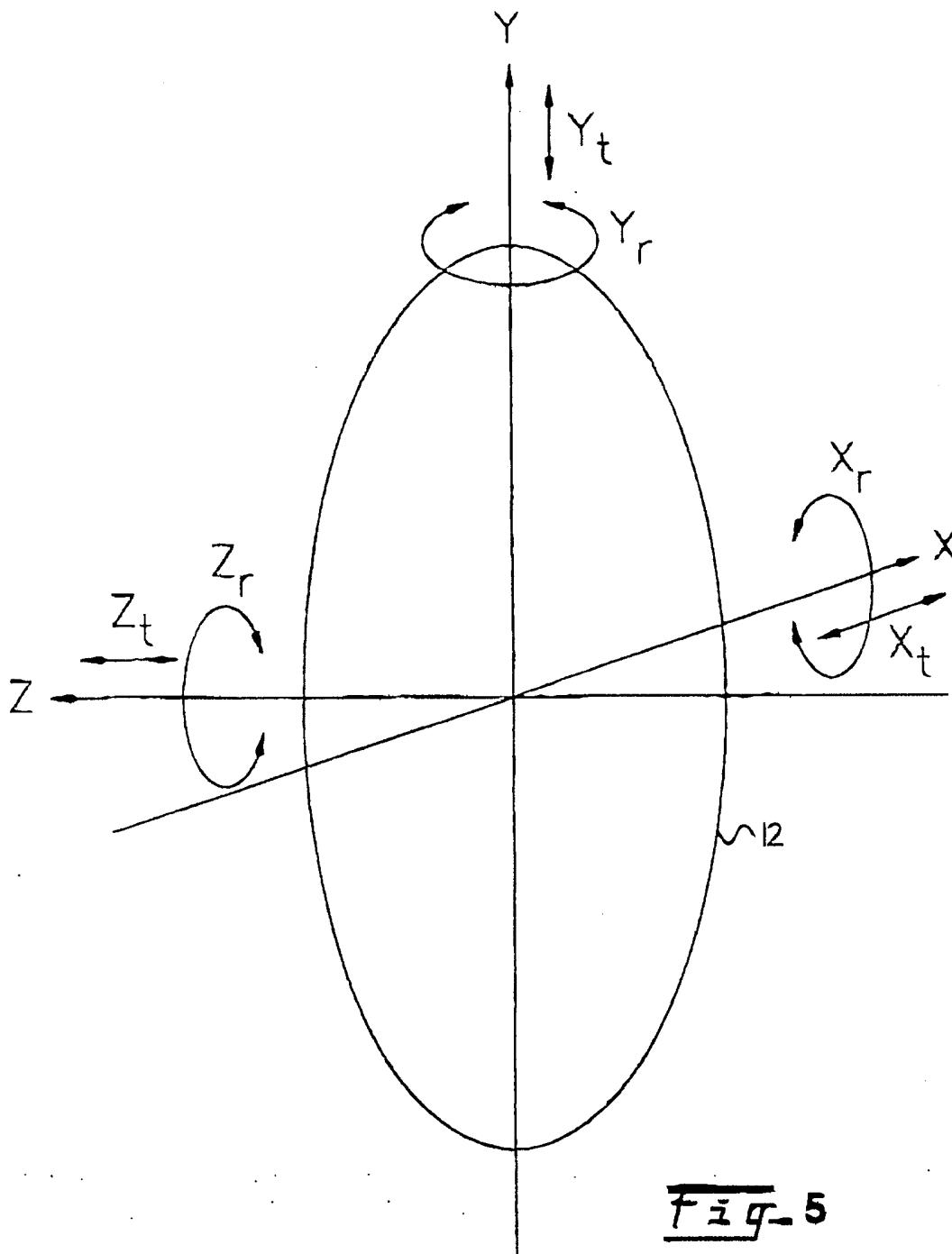


Fig-5

6/10

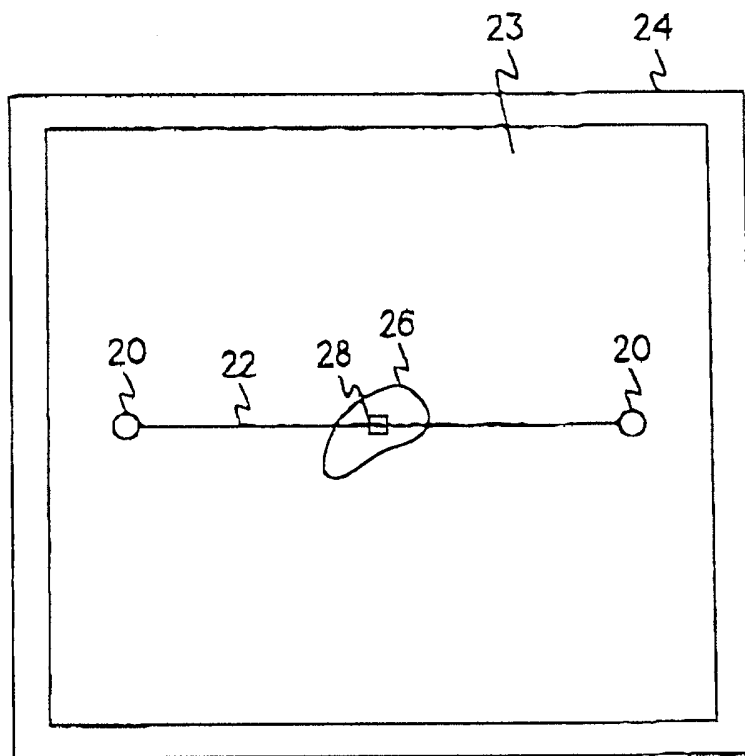


Fig- 6

7/10

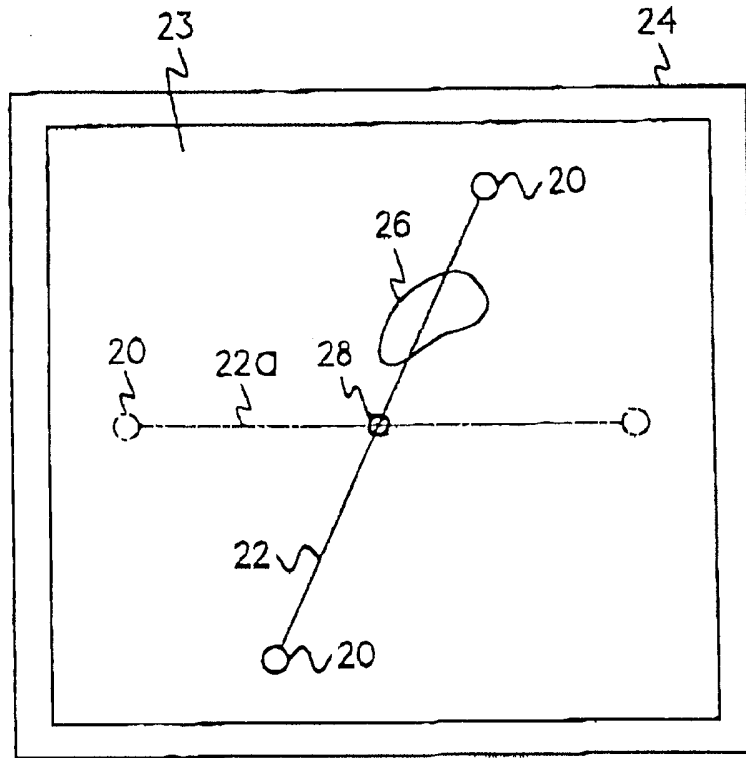


Fig-7A

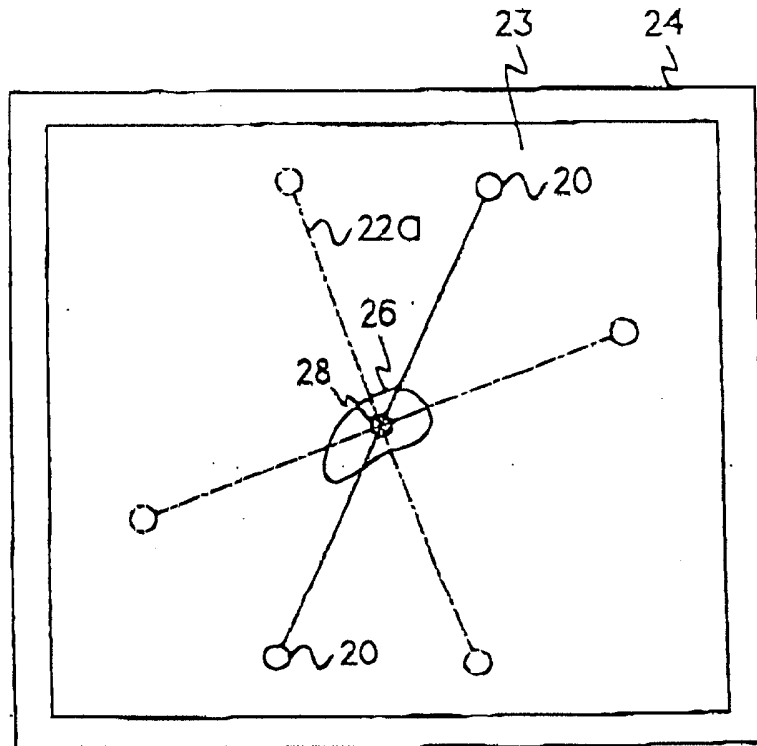


Fig-7B

8/10

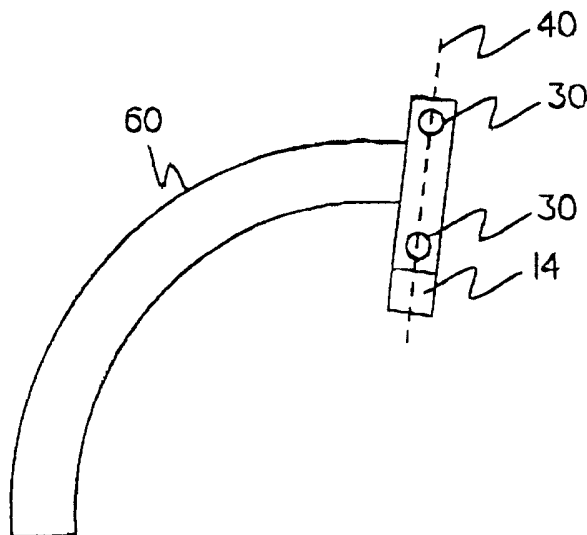


Fig- 8

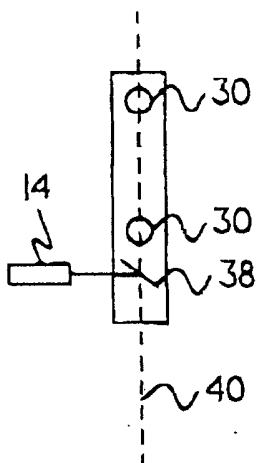


Fig- 9A

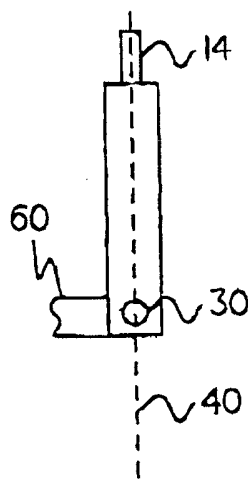


Fig- 9B

9/10

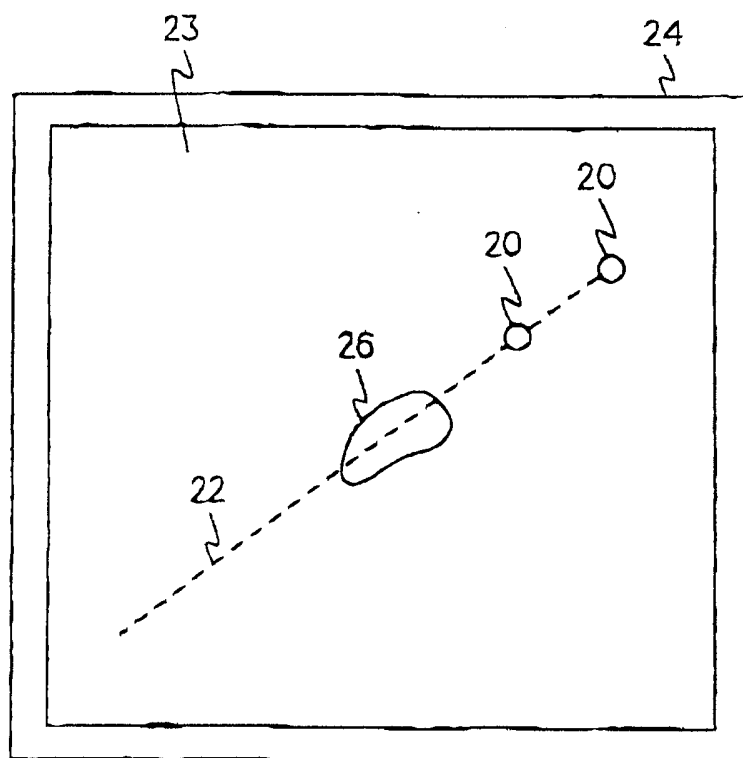


Fig- 10

10/10

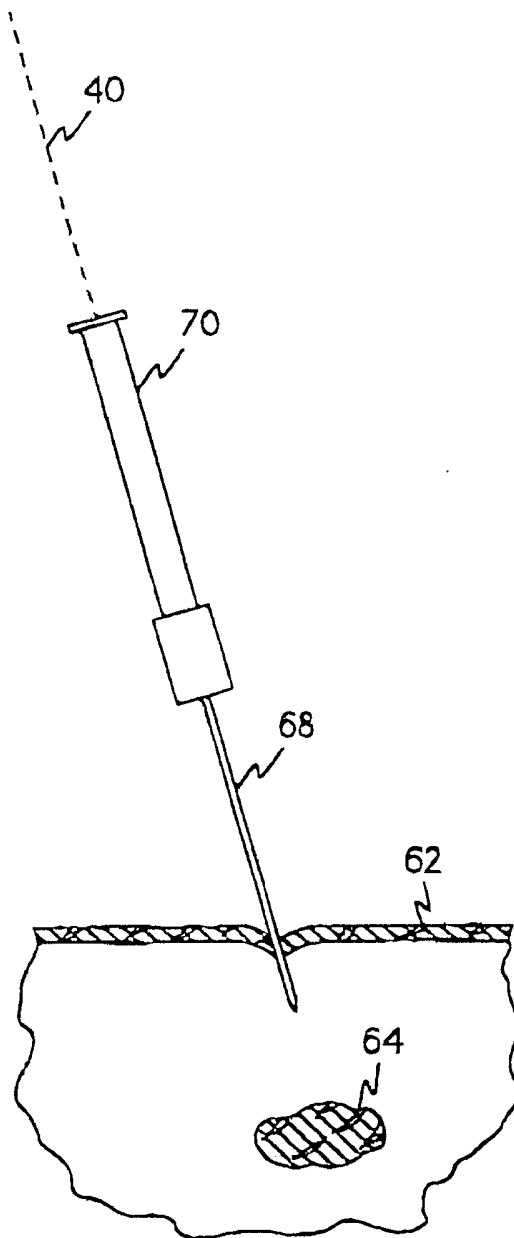


Fig- 11