

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2017-39

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

A61B 6/00 (2006.01)

G01T 1/161 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **25.01.2017**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **07.03.2018**
(Věstník č. 10/2018)

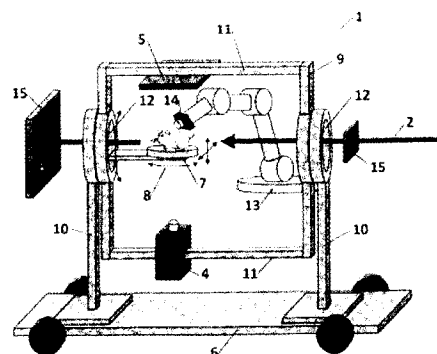
(71) Přihlašovatel:
Radalytica s.r.o., Praha 3 - Žižkov, CZ

(72) Původce:
Ing. Josef Uher, Ph.D., Rožnov pod Radhoštěm, CZ
Frank J W Verhaegen, Riemst, BE

(74) Zástupce:
PatentCentrum Sedlák & Partners s.r.o., Husova 5,
370 01 České Budějovice

(54) Název přihlášky vynálezu:
**Jednotka a zařízení pro radioterapeutické
preklinické studie**

(57) Anotace:
Jednotka (1) podle vynálezu je určena pro ozařování objektu terapeutickým svazkem (2) částic z externího zdroje (3) a současné CT skenování objektu pomocí alespoň jednoho skenovacího páru sestávajícího ze zdroje (4) skenovacího ionizujícího záření a z protilehle uspořádaného zobrazovacího detektoru (5) ionizujícího záření. Jednotka je určena zejména pro radioterapeutické preklinické studie se zvířaty uvnitř stávajících ozařovacích bunkrů. Jednotka je sestavena z mobilní platformy (6) opatřené polohovatelným stolem (7) pro nesení ozařovaného objektu a dále alespoň jedním nosným prostředkem nesoucím alespoň jeden skenovací pár, který je uložený pohyblivě vůči polohovatelnému stolu (7), přičemž nosný prostředek, skenovací pár a polohovatelný stůl (7) ohraničují volný pracovní prostor (8) pro nestíněný průchod terapeutického svazku (2) částic skrz jednotku (1).



Jednotka a zařízení pro radioterapeutické preklinické studie

PV 2017-39

Oblast techniky

Vynález se týká jednotky a zařízení pro kombinované ozařování terapeutickým svazkem částic a současné ozařování ionizujícím zářením v rámci CT skenování pro radioterapeutické preklinické studie se zvířaty uvnitř stávajícího ozařovacího bunkru pro klinickou radioterapii terapeutickým svazkem částic.

Dosavadní stav techniky

V současné době se především pro léčbu onkologických onemocnění používá tzv. radioterapie. Jedná se o způsob léčby, při kterém je ničena nežádoucí tkáň pomocí cíleného ozařování terapeutickým svazkem ionizujícího záření. Dopadající svazek terapeutického ionizujícího záření uvolňuje do ozařované tkáně energii, která způsobí nezvratné poškození buněk tkáně vedoucí k jejich zničení. Mezi známé druhy terapeutického ionizujícího záření patří zejména fotonové záření, např. rentgenové záření, a terapeutický svazek částic, např. protony, nebo neutrony.

Dalším využitím ionizujícího záření je získání trojrozměrného modelu vnitřní struktury ozařovaného objektu výpočetní tomografií. Detekováním terapeutického svazku ionizujícího záření procházejícího skrz ozařovaný objekt v různých směrech a analýzou změny v tomto svazku vlivem průchodu skrz objekt, a dále třeba pomocí detekce např. fluorescenčního ionizujícího záření, nebo rozptýleného ionizujícího záření, nebo odraženého ionizujícího záření, je možné získat trojrozměrný model vnitřní struktury ozařovaného objektu, nebo alespoň jeho části. Výše uvedenou metodu využívající výpočetní tomografii lze rovněž nazývat jako CT skenování.

V rámci radioterapie jsou zpravidla využívány oba výše uvedené způsoby. Pomocí výpočetní tomografie je lokalizována tkáň určená k nasazení terapeutického ionizujícího záření, která je následně radioterapeuticky ošetřena. Je výhodné, pokud jsou oba kroky prováděny současně.

Ukázkou takového řešení je například vynález prezentovaný v dokumentu WO 2007/060242 A1. Vynález se zabývá zařízením pro provádění radioterapie pomocí

terapeutického svazku částic a současného zobrazování pomocí rentgenového záření a výpočetní tomografie. Dalším obdobným řešením je například vynález uveřejněný v přihlášce vynálezu DE 10 2006 000 837 A1. Oba výše uvedené vynálezy prezentují kombinované ozařování pro terapeutické účely a pro výpočetní tomografii.

Nevýhoda fotonového záření spočívá v tom, že působí i na zdravou tkáň, která leží v dráze jeho šíření. Tuto nevýhodu částečně překonávají terapeutické svazky částic, které dokáží předat většinu své energie až na konci své dráhy šíření, tzv. Braggův vrchol. Na druhou stranu nevýhoda terapeutických svazků částic spočívá v tom, že v současné době není dostatek klinicky ověřených informací o účinnosti terapeutických svazků částic určitých typů na určité druhy nežádoucích tkání. Ačkoliv výzkum intenzivně probíhá, je cesta vpřed omezena počtem laboratoří a jiných pracovišť umožňujících provádění radioterapeutických preklinických studií se zvířaty.

V současné době existuje velmi omezený počet pracovišť umožňujících radioterapeutické preklinické studie pomocí terapeutických svazků částic, a to zejména proto, že pro získání terapeutického svazku částic jsou potřeba urychlovače částic, jejichž pořizovací a provozní náklady jsou velmi vysoké. Ve většině případů jsou budována klinická pracoviště mající ozařovací bunkry pro klinickou radioterapii, která vydělávají prostředky na splacení provozních a pořizovacích nákladů léčbou pacientů. Je proto přirozeně v zájmu těchto klinických pracovišť vyhradit většinu provozního času ozařovacích bunkrů klinické léčbě, a na radioterapeutické preklinické studie ponechat minimum provozního času.

Preklinické studie jsou zpravidla prováděny na laboratorních zvířatech, například na krysách a myších, které vyžadují vybavení vhodné pro studijní pokusy na malých ozařovaných objektech. Avšak stávající prostory a vybavení ozařovacích bunkrů klinických pracovišť jsou uzpůsobeny pro léčbu lidí, které lze považovat za velké ozařované objekty, tudíž je potřeba pro preklinické studie upravit přítomné vybavení a prostor ozařovacího bunkru klinického pracoviště. Tyto úpravy by však snížily kapacitu pro klinickou léčbu a jsou nežádoucí, čímž je opět aktuální problém nedostatku pracovišť pro provádění radioterapeutických preklinických studií.

Úkolem vynálezu je vytvoření jednotky a zařízení pro kombinované ozařování pro radioterapeutické preklinické studie, které by bylo použitelné v rámci ozařovacích bunkrů

stávajících klinických pracovišť, aniž by vyžadovalo zásadní úpravu ozařovacího bunkru klinického pracoviště, nebo změnu přítomného klinického vybavení.

Podstata vynálezu

Vytčený úkol je vyřešen vytvořením jednotky pro provádění radioterapeutických preklinických studií se zvířaty podle následujícího vynálezu.

Jednotka je určena pro ozařování objektu terapeutickým svazkem částic z externího zdroje a současné CT skenování objektu pomocí alespoň jednoho skenovacího páru zejména pro radioterapeutické preklinické studie se zvířaty. Skenovací pár je složen ze zdroje skenovacího ionizujícího záření a z protilehle uspořádaného zobrazovacího detektoru ionizujícího záření.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že se jednotka sestává z mobilní platformy opatřené polohovatelným stolem pro nesení ozařovaného objektu. Mobilní platforma je dále opatřena alespoň jedním nosným prostředkem nesoucím alespoň jeden skenovací pár, který je uložený pohyblivě vůči polohovatelnému stolu. Současně nosný prostředek, skenovací pár a polohovatelný stolek ohraničují volný pracovní prostor pro nestíněný průchod terapeutického svazku částic skrz jednotku.

Mobilní platforma umožňuje snadný transport jednotky na místo určení a naopak snadný úklid jednotky pro návrat místa určení do původního stavu. Na mobilní platformě je uloženo nezbytné vybavení pro provádění radioterapeutických preklinických studií se zvířaty, a to polohovatelný stolek pro umístění ozařovaného objektu do dráhy terapeutického svazku částic, nosný prostředek pro nesení skenovacího páru, který je pohyblivý vůči polohovatelnému stolu pro provádění skenování ozařovaného objektu z více směrů v rámci CT skenování. Současně je ohraničen volný pracovní prostor, kterým terapeutický svazek částic nestíněně prochází směrem z výstupu externího zdroje terapeutického svazku částic, přičemž prochází ozařovaným objektem umístěným na polohovatelném stolu. To je výhodné proto, že není potřeba nijak zásadně externí zdroj upravovat, veškeré další potřebné vybavení pro radioterapeutické preklinické studie je přivezeno na místo v rámci jednotky, případně je z místa sklizeno, aniž by došlo k omezení funkce externího zdroje.

Ve výhodném provedení jednotky podle vynálezu je nosný prostředek tvořen otočným nosným rámem upevněným pomocí axiálních ložisek mezi dva sloupky vystupující z mobilní platformy. Otočný nosný rám zajišťuje pohyblivost skenovacího páru vůči polohovatelnému stolku, přičemž otočný nosný rám má alespoň dvě ramena pro nesení skenovacího páru, která zajišťují protilehlé uspořádání prvků skenovacího páru. Současně sloupky a ramena otočného nosného rámu ohraničují volný pracovní prostor a vnitřní kroužky axiálních ložisek jsou uspořádány na vstupu terapeutického svazku částic do ohraničeného volného pracovního prostoru a na výstupu terapeutického svazku částic z volného pracovního prostoru, aby nestínili terapeutickému svazku částic procházejícímu skrz nosný prostředek jednotky.

Ve výhodném provedení jednotky podle vynálezu je skenovací pár na ramenech otočného nosného rámu polohovatelný. Skenovací pár lze díky polohování adaptovat pro různé typy ozařovaných objektů umístěných na polohovatelném stolku.

V jiném výhodném provedení jednotky podle vynálezu je nosný prostředek tvořen alespoň jedním robotickým ramenem. Robotické rameno je velice dobře ovladatelné a současně při pohybech velice přesné pomocí naprogramování. Robotická ramena mohou pracovat v prostředí s působením ionizujícího záření.

Ve výhodném provedení jednotky podle vynálezu je mobilní platforma opatřena alespoň jedním polohovatelným zdrojem terapeutického ionizujícího záření. Přidáním zdroje terapeutického ionizujícího záření je umožněno provádění kombinovaného ozařování současně zahrnujícího dva typy terapeutického ozařování a jeden typ skenovacího ozařování. Je výhodné, pokud je zdroj terapeutického ionizujícího záření upevněn k vlastnímu robotickému rameni pro jeho zaměřování vůči ozařované tkáni.

Ve výhodném provedení jednotky podle vynálezu je jednotka opatřena alespoň jedním zobrazovacím detektorem terapeutického svazku částic, přičemž je výhodné, pokud je opatřena dvěma zobrazovacími detektory terapeutického svazku částic, kde první zobrazovací detektor je uspořádán na vstupu terapeutického svazku částic do ohraničeného volného pracovního prostoru a druhý zobrazovací detektor je uspořádán na výstupu terapeutického svazku částic z volného pracovního prostoru. Monitorováním tvaru a vlastností terapeutického svazku částic před vstupem do ozařované tkáně a následným monitorováním změn a důsledků po ozáření ozařované tkáně lze získat data pro lepší pochopení působení terapeutického

svazku částic na ozařovanou tkáň. Je výhodné, pokud je zobrazovací detektor uspořádán k otočnému nosnému rámu, nebo ke sloupku, nebo k vlastnímu robotickému rameni.

Součástí vynálezu je rovněž zařízení pro provádění radioterapeutických preklinických studií se zvířaty uvnitř ozařovacích bunkrů pro klinické radioterapeutické ozařování.

Zařízení zahrnuje ozařovací bunkry, které mají do vnitřního prostoru zaveden výstup externího zdroje terapeutického svazku částic.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že je zařízení tvořeno jednotkou vytvořenou podle některého z patentových nároků. Jednotka je umístěna ve vnitřním prostoru ozařovacího bunkru a je v zařízení orientována pro nestíněný průchod terapeutického svazku částic z výstupu terapeutického svazku částic externího zdroje skrz volný pracovní prostor vymezený jednotkou.

Zařízení umožňuje provádění radioterapeutických preklinických studií se zvířaty s použitím stávajících ozařovacích bunkrů pro klinickou radioterapii pacientů. Díky zařízení je možné provádět preklinické studie bez zásahů do vybavení ozařovacích bunkrů v časech, kdy neprobíhá léčba pacientů, s tím, že je možné vrátit ozařovací bunkr do původního provozu ve velice krátkém čase pro pokračování v léčbě pacientů.

Mezi výhody vynálezu patří možnost provádět preklinické studie v plošném měřítku, aniž by musely být budovány nové ozařovací bunkry pro preklinické studie, které vyžadují nemalé finanční prostředky. Používání stávajících ozařovacích bunkrů pro léčbu pacientů je dočasné a nezasahuje do funkčnosti pro léčbu pacientů. Pořizovací náklady na vynález jsou mnohonásobně nižší, než náklady na stavbu laboratoří vybavených vlastními ozařovacími bunkry pro radioterapeutické preklinické studie.

Objasnění výkresů

Uvedený vynález bude blíže objasněn na následujících vyobrazeních, kde:

obr. 1 znázorňuje jednotku s nosným prostředkem tvořeným otočným nosným rámem,

obr. 2 znázorňuje jednotku s nosným prostředkem tvořeným robotickými rameny,

obr. 3 znázorňuje zjednodušené vyobrazení zařízení pro radioterapeutické preklinické studie.

Příklad uskutečnění vynálezu

Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní případy uskutečnění vynálezu jsou představovány pro ilustraci, nikoliv jako omezení vynálezu na uvedené příklady. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zajistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním vynálezu, která jsou zde popsána. I tyto ekvivalenty budou zahrnuty v rozsahu následujících patentových nároků.

Na obr. 1 je vyobrazena jednotka **1** pro ozařování objektu terapeutickým svazkem **2** částic z nevyobrazeného externího zdroje **3** a současné CT skenování objektu pomocí alespoň jednoho skenovacího páru sestávajícího ze zdroje **4** skenovacího ionizujícího záření a z protilehle uspořádaného zobrazovacího detektoru **5** ionizujícího záření. Terapeutickým svazkem **2** částic může být například svazek protonů, které byly urychleny v urychlovači částic tvořícím nevyobrazený externí zdroj **3**. Odborník pracující v oblasti radioterapeutického ozařování je schopen popsat celou skupinu terapeutických svazků **2**, včetně skupiny externích zdrojů **3** pro jejich tvorbu. Zdroj **4** skenovacího ionizujícího záření je tvořen elektricky napájenou rentgenkou pro emisi skenovacího rentgenového záření, zobrazovací detektor **5** je např. polovodičový hybridní detektor. Stejně jako v případě terapeutického svazku **2** částic je odborník pracující v oblasti CT skenování schopen rutinní prací vytvořit další varianty provedení skenovacího páru, funkčně ekvivalentní k popisu uvedenému v přihlášce vynálezu. Objektem pro ozařování je zejména laboratorní zvíře.

Jednotka **1** je tvořena mobilní platformou **6** pro její jednoduchý transport do ozařovacího bunkru **16** a vně. Mobilní platforma **6** je tvořena nosnou konstrukcí vybavenou pojezdovými koly s brzdou pro fixaci jednotky **1** na místě. Mobilní platforma **6** nese polohovatelný stolek **7**, který umožňuje polohování objektu v šesti stupních volnosti. Dále mobilní platforma **6** zahrnuje nosný prostředek, který je na obr. 1 tvořen otočným nosným rámem **9**. Pohon otočného rámu **9** je realizován nevyobrazeným elektromotorem. Nosný prostředek, skenovací pár a polohovatelný stolek **7** ohraničují volný pracovní prostor **8** pro nestíněný průchod terapeutického svazku **2** částic. Otočný nosný rám **9** je upevněn pomocí axiálních ložisek mezi dva sloupky **10** vystupující z mobilní platformy **6**. Axiální ložiska mají široký vnitřní kroužek **12** pro nestíněný průchod terapeutického svazku **2** částic do pracovního prostoru **8** směrem k objektu a dále. Otočný nosný rám **9** má ve vyobrazeném příkladu

uskutečnění dvě ramena 11, kde na jednom rameni 11 je uspořádán polohovatelně zdroj 4 skenovacího ionizujícího záření a na druhém rameni 11 je uspořádán polohovatelně zobrazovací detektor 5. Otočný nosný rám 9 umožňuje CT skenování skenovacímu páru. Na obr. 1 je dále vyobrazeno robotické rameno 13, které je opatřeno zdrojem 14 terapeutického ionizujícího záření. Robotické rameno 13 je možné polohovat tak, aby mohlo docházet k terapeutickému ozařování objektu ze dvou zdrojů 3, 14 terapeutického záření současně, včetně CT skenování, při kterém otočný nosný rám 9 opisuje pouze část své oběžné dráhy. Na obr. 1 je vyobrazené zjednodušené schéma, avšak robotické rameno 13 je rovněž nesené mobilní platformou 6. Mobilní platforma 6 dále nese zobrazovací detektory 15, které jsou uspořádány v trajektorii terapeutického svazku 2 částic na vstupu a výstupu terapeutického svazku 2 do volného pracovního prostoru 8.

Na obr. 2 je vyobrazeno provedení jednotky 1, která má mobilní platformu 6 opatřenou nosnými prostředky realizovanými pouze robotickými rameny 13. Vyobrazená robotická ramena 13 nesou skenovací pár. Jednotka 1 v nevyobrazeném uskutečnění vynálezu může na robotických ramenech 13 mít zdroj 14 terapeutického ionizujícího záření, polohovatelný stolek 7, a dále třeba zobrazovací detektory 15. Robotická ramena 13 umožňují přesné polohování v prostoru.

Na obr. 3 je vyobrazeno schéma ozařovacího bunkru 16 a umístění jednotky 1 uvnitř ozařovacího bunkru 16. Do ozařovacího bunkru 16 je přiveden terapeutický svazek 2 částic z externího zdroje 3. Interiér ozařovacího bunkru 16, např. stůl 17 pro pacienty, se nemusí z ozařovacího bunkru 16 odebrat.

Průmyslová využitelnost

Jednotka a zařízení pro radioterapeutické preklinické studie podle vynálezu naleznou uplatnění ve vědeckém výzkumu a v medicíně při provádění radioterapeutických preklinických studií se zvířaty.

Přehled vztahových značek

- 1 jednotka pro ozařování
- 2 terapeutický svazek částic
- 3 externí zdroj
- 4 zdroj skenovacího ionizujícího záření
- 5 zobrazovací detektor
- 6 mobilní platforma
- 7 polohovatelný stolek
- 8 volný pracovní prostor
- 9 otočný nosný rám
- 10 svislý sloupek
- 11 rameno otočného nosného rámu
- 12 vnitřní kroužek axiálního ložiska
- 13 robotické rameno
- 14 zdroj terapeutického ionizujícího záření
- 15 zobrazovací detektor
- 16 ozařovací bunkr
- 17 stůl pro pacienty

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Jednotka (1) pro ozařování objektu terapeutickým svazkem (2) částic z externího zdroje (3) a současné CT skenování objektu pomocí alespoň jednoho skenovacího páru sestávajícího ze zdroje (4) skenovacího ionizujícího záření a z protilehle uspořádaného zobrazovacího detektoru (5) ionizujícího záření, zejména pro radioterapeutické preklinické studie se zvířaty, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že sestává z mobilní platformy (6) opatřené polohovatelným stolem (7) pro nesení ozařovaného objektu a dále opatřené alespoň jedním nosným prostředkem nesoucím alespoň jeden skenovací pár, který je uložený pohyblivě vůči polohovatelnému stolem (7), přičemž nosný prostředek, skenovací pár a polohovatelný stůl (7) ohraničují volný pracovní prostor (8) pro nestíněný průchod terapeutického svazku (2) částic skrz jednotku (1).
2. Jednotka podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že nosný prostředek je tvořen otočným nosným rámem (9) upevněným pomocí axiálních ložisek mezi dva sloupky (10) vystupující z mobilní platformy (6), že otočný nosný rám (9) má alespoň dvě ramena (11) pro nesení skenovacího páru, že sloupky (10) a ramena (11) otočného nosného rámu (9) ohraničují volný pracovní prostor (8), přičemž jsou vnitřní kroužky (12) axiálních ložisek uspořádány na vstupu terapeutického svazku (2) částic do ohraničeného volného pracovního prostoru (8) a na výstupu terapeutického svazku (2) částic z volného pracovního prostoru (8) pro nestíněný průchod terapeutického svazku (2) částic nosným prostředkem.
3. Jednotka podle nároku 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že skenovací pár je na ramenech (11) otočného nosného rámu (9) polohovatelný.
4. Jednotka podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že nosný prostředek je tvořen alespoň jedním robotickým ramenem (13).
5. Jednotka podle některého z nároků 1 až 5, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že mobilní platforma (6) je opatřena alespoň jedním polohovatelným zdrojem (14) terapeutického ionizujícího záření.

6. Jednotka podle nároku 5, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zdroj (14) terapeutického ionizujícího záření je uspořádán k vlastnímu robotickému rameni (13).
7. Jednotka podle některého z nároků 1 až 6, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že je opatřena alespoň jedním zobrazovacím detektorem (15) terapeutického svazku (2) částic.
8. Jednotka podle nároku 7, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že je opatřena dvěma zobrazovacími detektory (15) terapeutického svazku (2) částic, přičemž první zobrazovací detektor (15) je uspořádán na vstupu terapeutického svazku (2) částic do ohraničeného volného pracovního prostoru (8) a druhý zobrazovací detektor (15) je uspořádán na výstupu terapeutického svazku (2) částic z volného pracovního prostoru (8).
9. Jednotka podle nároku 7 nebo 8, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zobrazovací detektor (15) je uspořádán k otočnému nosnému rámu (9), nebo ke sloupku (10), nebo k vlastnímu robotickému rameni (13).
10. Zařízení pro provádění radioterapeutických preklinických studií se zvířaty uvnitř ozařovacích buněk (16) pro klinické radioterapeutické ozařování pacientů, které mají do vnitřního prostoru zaveden výstup externího zdroje (3) terapeutického svazku (2) částic, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že je tvořeno jednotkou (1) vytvořenou podle některého z nároků 1 až 10, která je umístěna ve vnitřním prostoru ozařovacího bunkru (16), přičemž je uspořádána vůči výstupu externího zdroje (3) pro nestíněný průchod terapeutického svazku (2) částic skrz volný pracovní prostor (8) vymezený jednotkou (1).

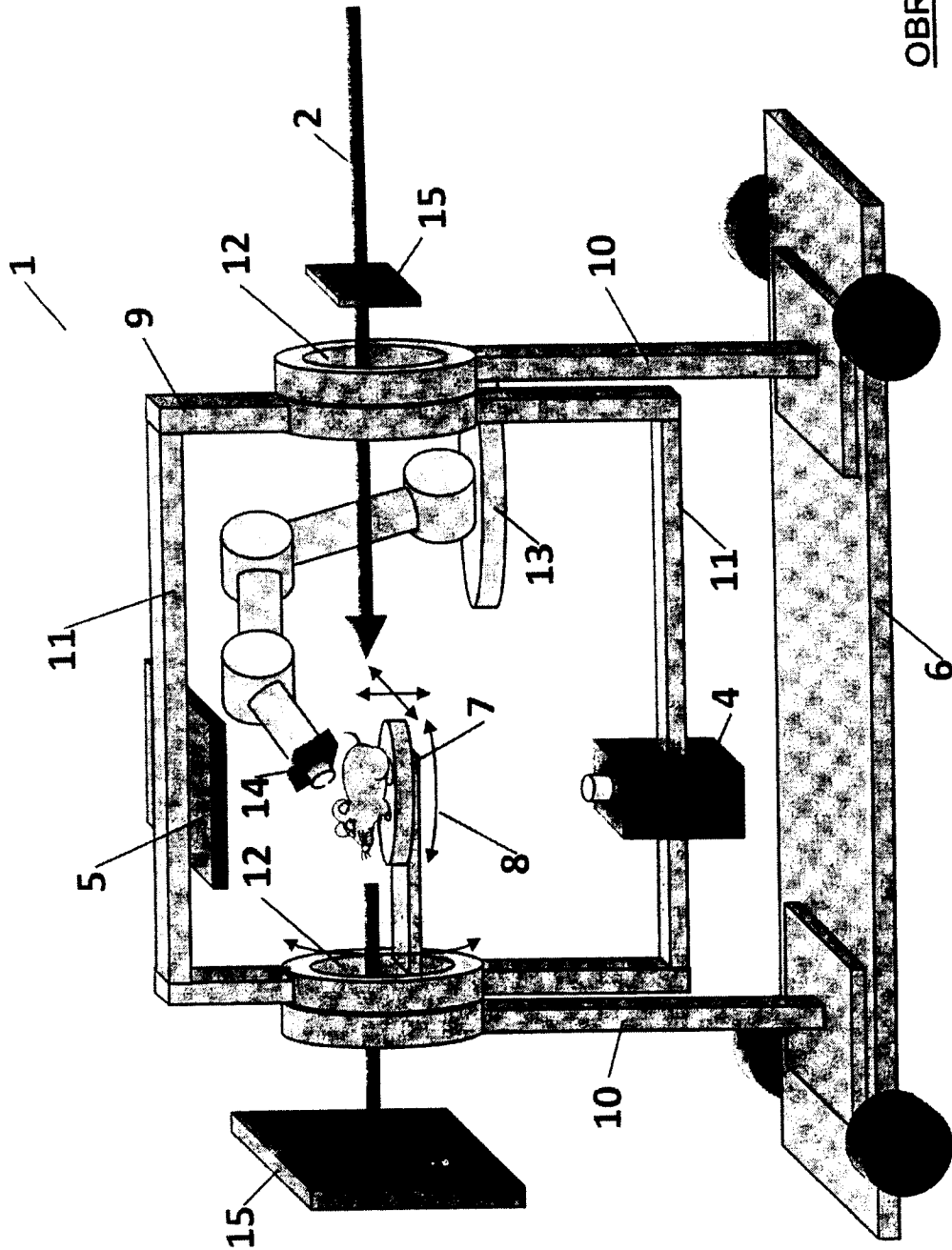
1/13

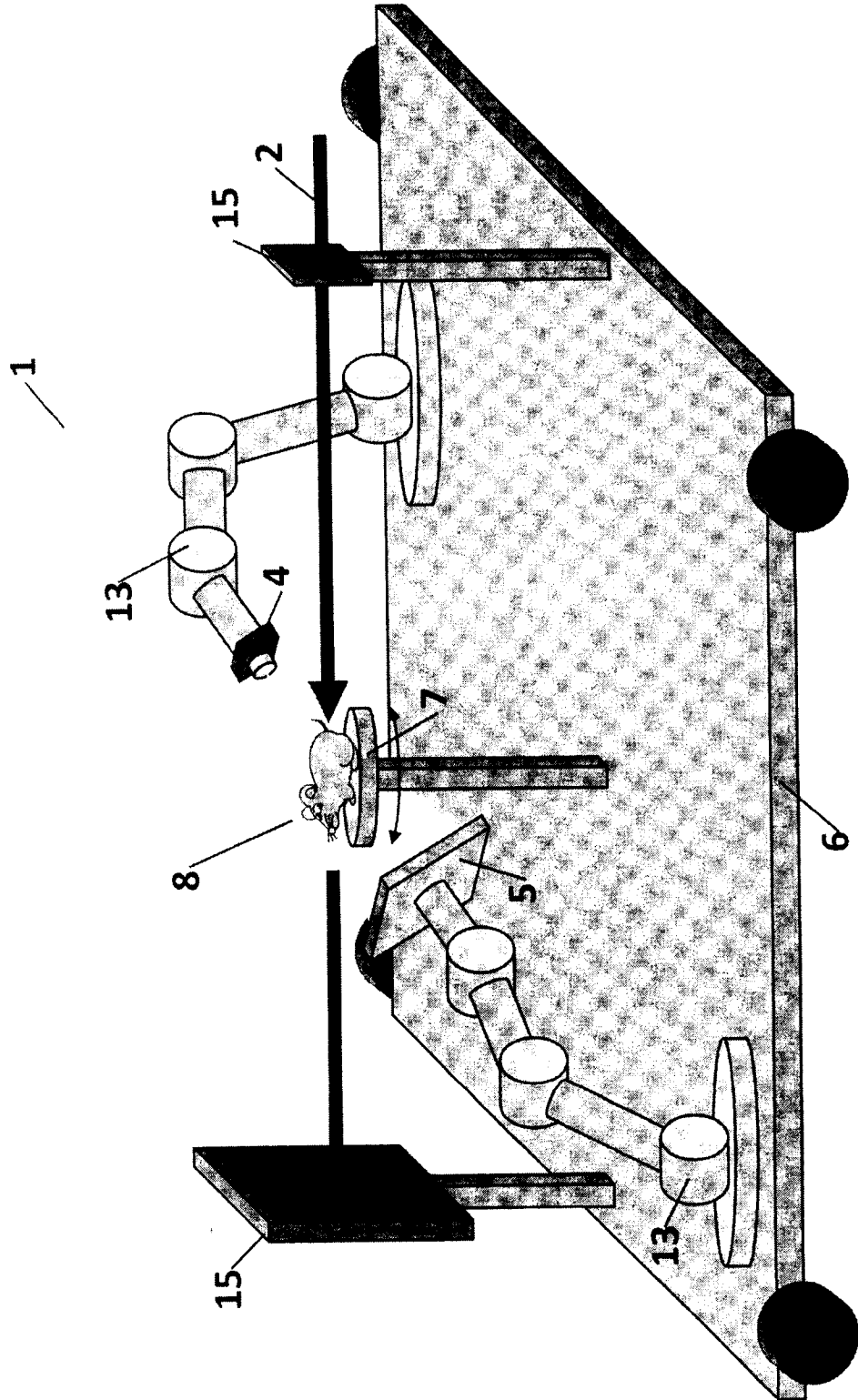
25.01.17

РВ 7017/139

PV 39 - 2017

OBR.1

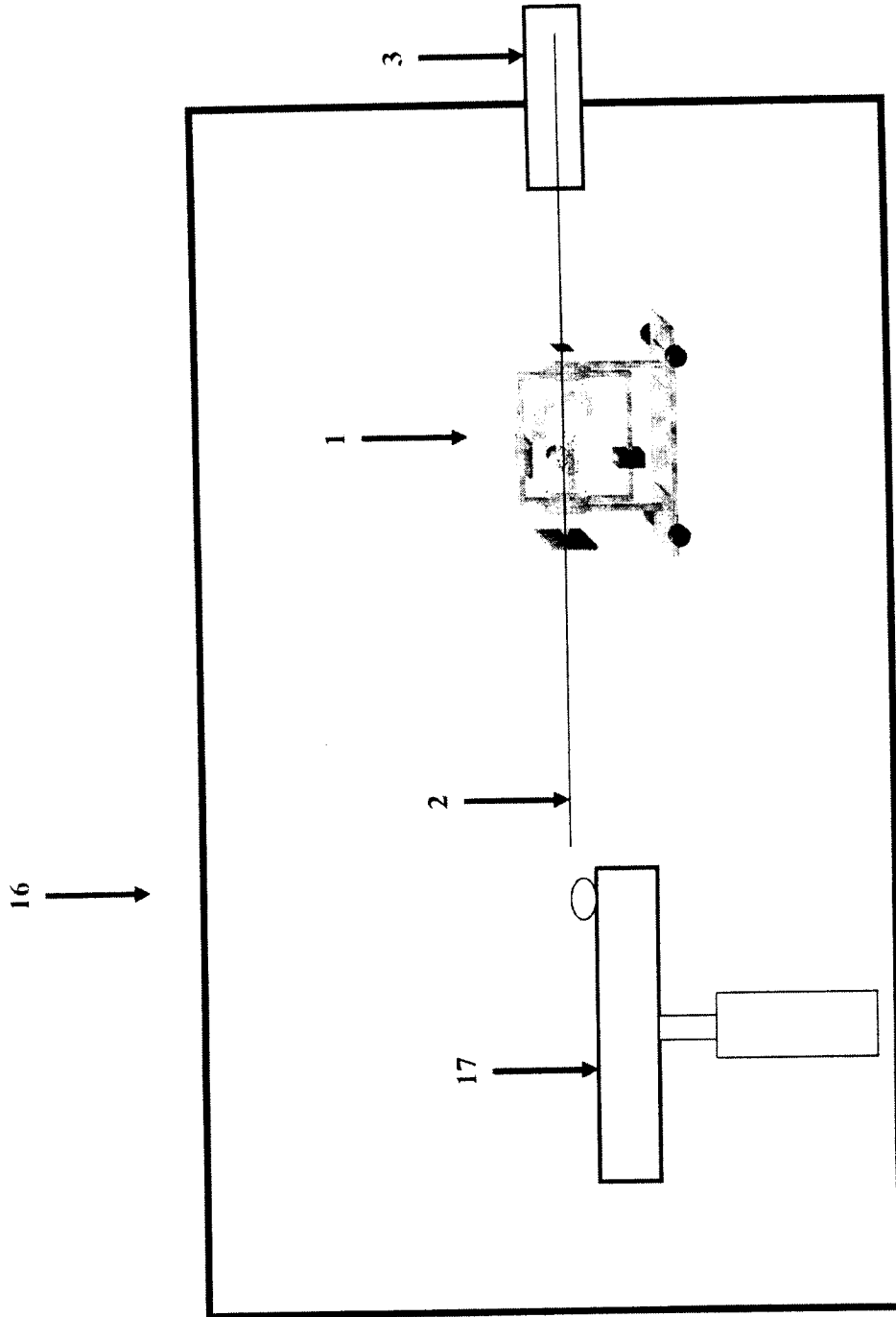




OBR.2

3/3

2001-17



OBR.3