

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

306 136

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G09B 23/32 (2006.01)

A62B 27/00 (2006.01)

A61M 16/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2015-337**
(22) Přihlášeno: **20.05.2015**
(40) Zveřejněno: **17.08.2016**
(Věstník č. 33/2016)
(47) Uděleno: **07.07.2016**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **17.08.2016**
(Věstník č. 33/2016)

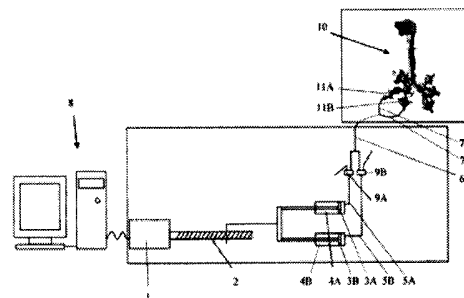
(56) Relevantní dokumenty:

CN 201223392; US 5975748; US 4448192; US 4167070; US 2010313898; CZ 304036; CZ 302640.

(73) Majitel patentu:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ

(72) Původce:
doc. Ing. Jan Jedelský, Ph.D., Bílovice nad
Svitavou, CZ
Ing. Miloslav Bělka, Chropyně, CZ
prof. Ing. Miroslav Jícha, CSc., Brno, CZ
Ing. František Lízal, Ph.D., Zlobice, CZ

(74) Zástupce:
KANIA SEDLÁK SMOLA Patentová kancelář,
Ing. Veronika Zemanová, Mendlovo nám. 1a,
603 00 Brno



(54) Název vynálezu:

Simulátor dýchání

(57) Anotace:

Simulátor dýchání zahrnuje alespoň jednu sestavu zahrnující:

- elektrický motor (1),
- zařízení (2) pro přeměnu rotačního pohybu na translační, připojené k elektrickému motoru (1),
- dvojici pneumatických válců (4A, 4B),
- dvojici pístů (3A, 3B), které jsou uloženy suvně v pneumatických válcích (4A, 4B) a které jsou společně ovladatelné pomocí uvedeného zařízení (2) pro přeměnu rotačního pohybu na translační, a
- dvojici propojovacích potrubí (5A, 5B), z nichž každé je jedním svým koncem propojené s pracovním prostorem jednoho z pneumatických válců (4A, 4B) a opatřené ventilem (9A, 9B).

CZ 306136 B6

Simulátor dýchání

Oblast techniky

5

Vynález se týká simulátoru dýchání a zařízení pro zkoumání transportu a depozice částic v dýchacím traktu, které zahrnuje dutý model části dýchacího traktu a výše uvedený simulátor dýchání.

10

Dosavadní stav techniky

Dýchací trakt člověka je složitým orgánem, jehož činnost z biomechanického hlediska není zcela objasněna. V současné době je předmětem zkoumání především problematika transportu a usazování aerosolu (malých kapalných nebo pevných kulových i nekulových částic a vláken v plynném médiu) v respiračním systému. Toto téma přitahuje stále více pozornosti s ohledem na znečištění ovzduší a také vzhledem k vývoji metod cílené dodávky terapeutických aerosolů k léčbě celého spektra nemocí, nejenom plicních.

Vývoj léčby některých nemocí se ubírá stále více směrem používání inhalovaných terapeutických aerosolů. Tak, jak se postupně daří objasňovat tento způsob dodávky léků, roste počet druhů léků, které se stávají vhodnými „kandidáty“ pro aerosolovou formu léků, včetně antimikrobiálních prostředků (např. antituberkulózních), vakcín, proteinů (např. inzulin pro terapii cukrovky), oligonukleotidů (např. pro genovou terapii cystické fibrózy) a dalších nemocí. Výhoda terapie pomocí inhalace je zřejmá při plicních onemocněních (např. aplikace léku do oblasti nádoru v dýchacích cestách či při léčbě tzv. chronické obstrukční plicní nemoci). Používání inhalovaných aerosolů je umožněno zejména díky velkému povrchu alveol a zvýšené pravděpodobnosti absorpce tímto povrchem. Avšak aby byl tento způsob medikace účinný, je nutné, aby byly aerosoly dopraveny do periferních dýchacích cest a neskončily v ústní dutině či v hrdle. V některých případech je požadováno, aby došlo k aplikaci na specifických místech, např. v oblasti cariny (častý výskyt novotvarů). Objasnění možností tzv. cílené dodávky terapeutických aerosolů je tedy podmínkou k léčbě různých nemocí.

Léčba pomocí inhalovaných aerosolů má velmi rychlý nástup účinku, snižuje nepřátelskou reakci organismu a k léčbě je třeba menší množství léku než při perorální léčbě. Oproti léčbě pomocí injekcí nevyžaduje léčba pomocí inhalovaných aerosolů zaučený zdravotní personál a je pro pacienta velmi pohodlná. Výsledky mohou být využity v nemocnicích, mohou být využity následně výrobci aerosolových lékových forem, či výrobci nebulizérů.

Jednou z možností, jak získat nové poznatky o transportu a depozici částic v dýchacím traktu člověka, je experimentální výzkum založený na fyzickém modelu dýchacího traktu s použitím metod známých z oblasti mechaniky tekutin.

Z českého patentu CZ 304 036 je znám model části dýchacích cest člověka pro zkoumání transportu aerosolu pomocí optických měřicích metod a vizualizaci proudění vzduchu v tomto modelu, který zahrnuje vnitřní dutinu se vstupním otvorem pro vstup aerosolu a se soustavou výstupních otvorů pro výstup aerosolu, jehož vnitřní dutina je prostorově větvená a stěny modelu sestávají z průhledného silikonového materiálu o tloušťce 0,5 až 1 mm, zesílených v oblasti vstupního otvoru na tloušťku v rozmezí 2 až 3 mm.

50

Z českého patentu CZ 302 640 je znám model části dýchacího traktu člověka a způsob jeho výroby pro zkoumání depozice aerosolu na vnitřních stěnách tohoto modelu, který zahrnuje větvenou vnitřní dutinu se vstupním otvorem pro vstup aerosolu a se soustavou výstupních otvorů pro výstup aerosolu.

55

Z US 5 975 748 a US 4 167 070 jsou známy simulátory plic, které ale neumožňují samostatně vyhodnocovat množství aerosolu usazeného v modelu plic při nádechu a při výdechu.

- Úkolem vynálezu je vytvořit simulátor dýchání, který by v kombinaci s modelem dýchacích cest člověka umožňoval zkoumání transportu a/nebo depozice aerosolu v modelu tak, aby proudění vzduchu a aerosolu v modelu odpovídalo proudům v dýchacích cestách při dýchání.

Podstata vynálezu

- Výše uvedený úkol je vyřešen simulátorem dýchání, který zahrnuje alespoň jednu sestavu zahrnující:

- elektrický motor,
- zařízení pro přeměnu rotačního pohybu na translační, připojené k elektrickému motoru,
- dvojici pneumatických válců,
- dvojici pístů, které jsou uloženy suvně v pneumatických válcích a které jsou společně ovladatelné pomocí uvedeného zařízení pro přeměnu rotačního pohybu na translační, a
- dvojici propojovacích potrubí, z nichž každé je jedním svým koncem propojené s pracovním prostorem jednoho z pneumatických válců, a opatřené ventilem.

- Pro možnost automatického řízení pohybu pístů simulátor s výhodou dále zahrnuje výpočetní a řídicí jednotku pro řízení činnosti elektrického motoru, která ve zvlášť výhodném provedení umožňuje také ovládání ventilů.

- Pro možnost samostatného zkoumání transportu a depozice aerosolu při simulaci nádechu nebo při simulaci výdechu sestava s výhodou dále zahrnuje sružené potrubí, do jehož jednoho konce jsou zaústěna obě propojovací potrubí a jehož druhý konec se rozděluje na dvojici větví.

- Ve zvlášť výhodném provedení simulátor dýchání zahrnuje alespoň pět uvedených sestav, které jsou navzájem nezávisle ovladatelné pomocí výpočetní a řídicí jednotky.

- Výše uvedený úkol je rovněž vyřešen zařízením pro zkoumání transportu a depozice částic v dýchacím traktu, které zahrnuje dutý model části dýchacího traktu a výše definovaný simulátor dýchání, přičemž jednotlivá propojovací potrubí jsou propojená s jednotlivými koncovkami modelu části dýchacího traktu.

Objasnění výkresů

- Vynález bude dále podrobněji popsán pomocí příkladných provedení znázorněných na výkresech, kde na obr. 1 je schéma příkladného provedení o simulátoru dýchání a na obr. 2 je příkladné provedení modelu části dýchacího traktu.

Příklady uskutečnění vynálezu

- Příkladné provedení simulátoru dýchání podle vynálezu znázorněné schematicky na obr. 1 zahrnuje elektrický motor 1, který je přes zařízení 2 pro převod rotačního pohybu na translační propojený s dvojicí pístů 3A, 3B, z nichž každý je suvně uložený v pneumatickém válci 4A, 4B. Na svém konci přivráceném k pracovní části pístu 3A, 3B je každý z pneumatických válců opa-

třený propojovacím potrubím 5A, 5B. Obě propojovací potrubí 5A, 5B jsou zaústěná do sdruženého potrubí 6, které se následně dělí na dvě větve 7A, 7B. Každá z větví 7A, 7B je pak připojena k jedné koncovce 11A, 11B modelu 10 části dýchacích cest člověka.

- 5 Elektrický motor 1 je propojený s výpočetní a řídicí jednotkou 8, tedy počítačem, který obsahuje procesor, paměť, displej a klávesnici.

Model 10 části dýchacích cest člověka je s výhodou model popsáný v českém patentu CZ 304 036 nebo v patentu CZ 302 640, ale může se jednat i o jakýkoli jiný vhodný tvarově dostatečně realistický model. Znázorněný model 10 obsahuje vnitřní dutinu, která odpovídá vnitřní dutině dýchacích cest člověka od dutiny ústní až po sedmou generaci větvení v plicních lalocích. Lidské plice jsou rozděleny na 5 laloků (3 laloky pro pravou plíci a 2 laloky pro levou plíci). Model 10 zahrnuje pro každý plicní lalok dvojici koncovek 11A, 11B, které jsou propojitelné s dvojicí větví 7A, 7B simulátoru dýchání.

15 V tomto příkladném provedení tedy simulátor dýchání zahrnuje pět elektromotorů 1, každý se zařízením 2 pro přeměnu rotačního pohybu na translační, pět dvojic pístů 3A, 3B v pneumatických válcích 4A, 4B, pět dvojic navazujících propojovacích potrubí 5A, 5B a pět sdružených potrubí 6, z nichž každé se dělí do větví 7A, 7B pro připojení ke koncovkám 11A, 11B modelu 10 části dýchacích cest.

V propojovacích potrubích jsou uspořádány elektricky ovladatelné ventily 9A, 9B, přičemž jeden z ventilů 9A, 9B (například ventil 9B) je propojitelný se zdrojem aerosolu, zatímco druhý (například ventil 9A) je propojitelný s filtrem pro filtraci vstupujícího/vystupujícího vzduchu.

25 Každý vstup/výstup vzduchu do/z části modelu představující plicní lalok je tak tvořen motorově ovládanou dvojicí válců s písty, které jsou samostatně říditelné a slouží k simulaci nádechů a výdechů, ale také k dávkování aerosolu.

30 Simulátor dýchání tedy umožňuje oddělené simulování pouze nádechové nebo výdechové fáze. Dále je schopen nasávat a předávat do modelu plic aerosolové částice z vnějšího zdroje.

Simulátor dýchání podle vynálezu rovněž umožňuje simulování libovolného dechového cyklu, který se zadá v podobě předpisu trajektorie pohybu pístů 3A, 3B. Trajektorie je realizována pomocí elektronické vačky v řídicí jednotce elektrického motoru 1. Přitom je možné nastavit pro jednotlivé elektrické motory 1 různé časové průběhy poloh pístů 3A, 3B.

Simulátor dýchání podle vynálezu je inovativní v několika oblastech:

40 a) Umožňuje v pěti částech modelu (v pěti lalocích) navzájem nezávisle nastavovat dechové objemy i fáze a tak věrohodně simulovat distribuci vzduchu do jednotlivých částí plic.

b) Umožňuje simulovat libovolný tvar, objem a periodu dechového cyklu v každé z pěti částí a tak simulovat různé režimy dýchání (dechové zátěže, nádech při inhalaci), různé jedince (stáří, pohlaví) i zdravotní stavy (CHOPN, obstrukce dýchacích cest).

c) Umožňuje zvláště vyhodnotit množství aerosolu usazeného při nádechu a při výdechu.

V některých případech studia transportu a depozice aerosolu je totiž požadováno, aby systém umožnil přívod aerosolu během výdechové fáze. Průběh dechového cyklu simulátoru dýchání je pak následující:

1. fáze – nádech probíhá do prvního pneumatického válce 4A, přičemž druhý pneumatický válec 4B současně nasává aerosol z generátoru.

2. fáze – výdech z prvního pneumatického válce 4A je veden přes filtr mimo model a současně druhý pneumatický válec 4B vytlačuje aerosol do modelu 10.

d) Umožňuje rozšíření o další válce s písty. Vynález je popsán v souvislosti s modelem 10 dýchacích cest, který má deset výstupů (dva pro každý plicní lalok), ale pokud dojde k rozšíření/prodloužení modelu 10 o další větvení, je možno tomu přizpůsobit simulátor dýchání podle vynálezu přidáním dalších sestav elektromotoru 1, zařízení 2 pro přeměnu rotačního pohybu na translační, pístů 3A, 3B, pneumatických válců 4A, 4B, propojovacích potrubí 5A, 5B a případně sdružených potrubí 6, případně s větvemi 7A, 7B. Dále je možnost přidat za fyzický model plic kaskádový
 10 impaktor nebo jiné zařízení pro simulaci dolních cest dýchacích a simulovat tak kompletní model plic.

Pomocí kaskádového impaktoru nebo jiného zařízení lze nasimulovat zbytek plic, a tím vznikne zcela kompletní model plic s realistickou horní částí. Takto lze simulovat individuální depozici
 15 u konkrétního člověka, protože plíce se u jednotlivých lidí liší zejména v horní části, spodní část už nevykazuje velké rozdíly mezi individui. Pokud se tedy vytvoří model 10 dle patentu CZ 304 036 nebo patentu CZ 302 640 s geometrií získanou od konkrétního člověka, a doplní se kaskádovým impaktorem nebo jiným zařízením, získá se velmi přesný model pro zkoumání depozice pro tohoto konkrétního člověka. Přesnost simulace se pak ještě zvýší, pokud se do simu-
 20 látoru zadá průběh dýchání daného člověka získaný ze spirometrického měření.

Při používání sestavy simulátorů dýchání podle vynálezu a modelu části dýchacích cest lze pak měřit rychlosti proudění vzduchu a/nebo částic v modelu a usazování částic v jednotlivých částech modelu.

25

PATENTOVÉ NÁROKY

30

1. Simulátor dýchání, zahrnuje alespoň jednu sestavu zahrnující:

35

- elektrický motor (1); a
- zařízení (2) pro přeměnu rotačního pohybu na translační, připojené k elektrickému motoru (1), **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje
- dvojici pneumatických válců (4A, 4B);
- dvojici pístů (3A, 3B), které jsou uloženy suvně v pneumatických válcích (4A, 4B) a které jsou společně ovladatelné pomocí uvedeného zařízení (2) pro přeměnu rotačního pohybu na translační; a
- dvojici propojovacích potrubí (5A, 5B), z nichž každé je jedním svým koncem propojené s pracovním prostorem jednoho z pneumatických válců (4A, 4B), a opatřené ventilem (9A, 9B).

40

45

2. Simulátor dýchání podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje výpočetní a řídicí jednotku (8) pro řízení činnosti elektrického motoru (1).

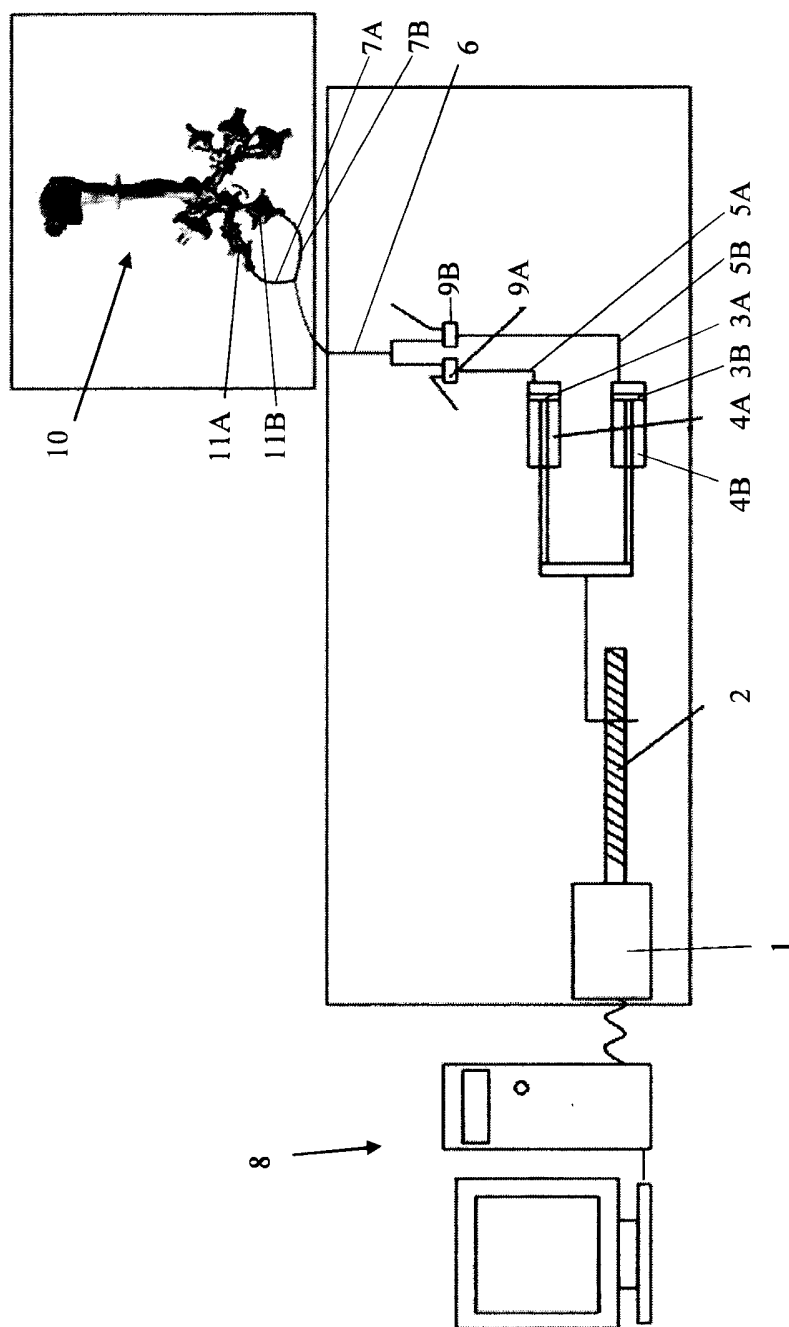
50

3. Simulátor dýchání podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že ventily (9A, 9B) jsou ovladatelné výpočetní a řídicí jednotkou (8).

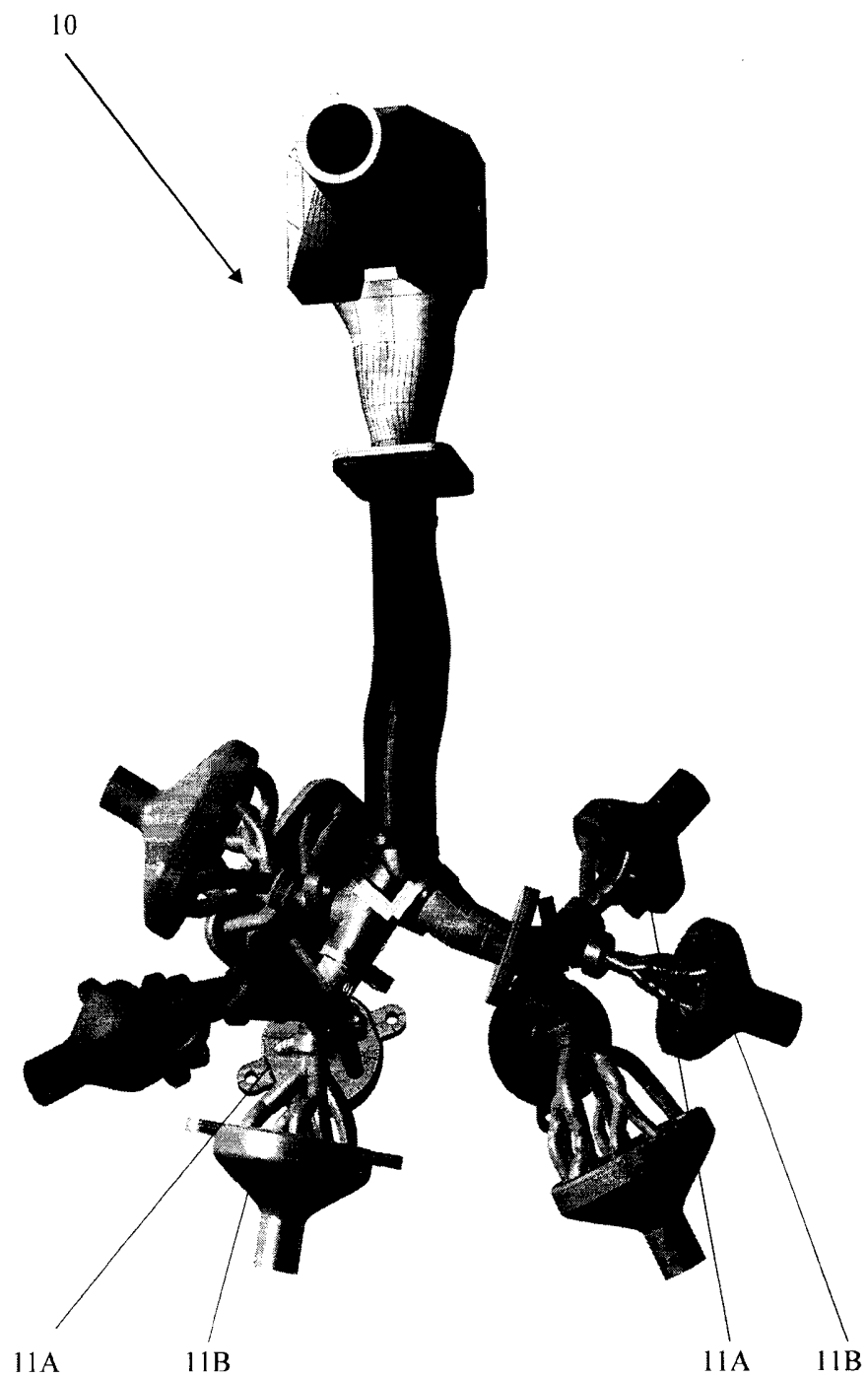
4. Simulátor dýchání podle kteréhokoli z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že sestava dále zahrnuje sdružené potrubí (6), do jehož jednoho konce jsou zaústěná obě propojovací potrubí (5A, 5B) a jehož druhý konec se rozděluje na dvojici větví (7A, 7B).
- 5 5. Simulátor dýchání podle kteréhokoli z nároků 2 až 4, **vyznačující se tím**, že zahrnuje alespoň pět uvedených sestav, které jsou navzájem nezávisle ovladatelné pomocí výpočetní a řídicí jednotky (8).
- 10 6. Zařízení pro zkoumání transportu a depozice částic v dýchacím traktu, které zahrnuje dutý model (10) části dýchacího traktu, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje simulátor dýchání podle nároku 5, přičemž jednotlivá propojovací potrubí (5A, 5B) jsou propojená s jednotlivými koncovkami (11A, 11B) modelu (10) části dýchacího traktu.

15

2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2

Konec dokumentu