

A61F 2/50 (2006.01)
G06F 30/20 (2020.01)
A61F 2/76 (2006.01)
B33Y 50/00 (2015.01)
G06F 30/17 (2020.01)

(19)
 ČESKÁ
 REPUBLIKA



ÚŘAD
 PRŮMYSLOVÉHO
 VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2020-225**
 (22) Přihlášeno: **20.08.2019**
 (40) Zveřejněno: **03.03.2021**
 (**Věstník č. 9/2021**)
 (47) Uděleno: **06.09.2022**
 (24) Oznámení o udělení ve věstníku: **12.10.2022**
 (**Věstník č. 41/2022**)

(56) Relevantní dokumenty:
 US 20180235779 A1; WO 2017123729 A1; US 20150142150 A1.

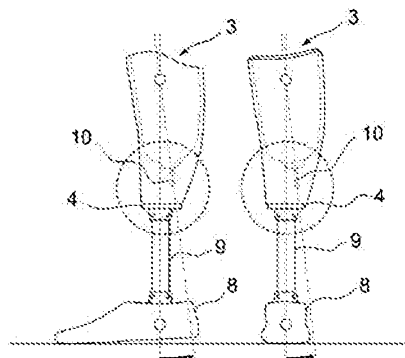
(73) Majitel patentu:
 Invent Medical Group, s.r.o., Ostrava, Pustkovec,
 CZ

(72) Původce:
 Ing. Jiří Rosický, CSc., Frýdlant nad Ostravicí,
 Frýdlant, CZ
 Bc. Tomáš Bouma, Rychvald, CZ
 MgA. Aleš Grygar, Kopřivnice, CZ

(74) Zástupce:
 PatentEnter s.r.o., Koliště 1965/13a, 602 00 Brno,
 Černá Pole

(54) Název vynálezu:
Proces návrhu a výroby protetického lůžka

(57) Anotace:
 Předmětem vynálezu je postup návrhu a výroby 3D tištěného protetického lůžka (3) zahrnující krok získání fyzických údajů pacienta s amputačním pahýlem, krok získání nebo vytvoření digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu, krok vytvoření konstrukčního návrhu 3D tištěného protetického lůžka (3) krok odeslání dat konstrukčního návrhu protetického lůžka (3) do 3D tiskárny a krok zhotovení protetického lůžka (3) 3D tiskem. Krok vytvoření konstrukčního návrhu 3D tištěného protetického lůžka (3) zahrnuje krok určení hustoty 3D tištěných vyztužujících struktur v objemu 3D tištěného protetického lůžka (3) mezi tvarovanou plochou pro umístění připojovacího dílu (10) lineru a distální plochou pro upevnění připojovacího adaptéru (4) lůžka přímo úměrně závisející alespoň na jednom z údajů z množiny obsahující alespoň hmotnost, stupeň aktivity pacienta, délku amputačního pahýlu, délku protézy (6), velikost protetického chodidla (8) a úhel mezi osou pahýlu a osou protézy (6).



Proces návrhu a výroby protetického lůžka

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu návrhu a výroby 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka na míru pro amputační pahýl.

10

Dosavadní stav techniky

Kvalitní a dobře padnoucí protetická lůžka jsou základem pro pohodlný život pacienta s amputačním pahýlem. Vzhledem k individuálním parametrům každého amputačního pahýlu je nutné zhotovovat protetická lůžka vždy na míru konkrétnímu pacientovi. Funkce protetického lůžka je jednak nosná, přičemž je přenášena váha z amputačního pahýlu na samotnou protézu, a jednak fixační, přičemž je nutné zajistit dostatečnou přilnavost lůžka k pahýlu, ale zároveň nesmí být lůžko pro pacienta nepohodlné. Protetická lůžka se zhotovují s ohledem na fyzickou aktivitu pacienta a jeho váhu. Jelikož se mohou tyto parametry během pacientova života v kratších, či delších intervalech měnit, je vhodné, aby byla výroba protetického lůžka co nejjednodušší a tím i méně nákladná.

V současném stavu techniky je způsob výroby protetického lůžka založen na dvou základních krocích. První krok zahrnuje získání tvaru amputačního pahýlu a druhý krok zahrnuje zhotovení samotného protetického lůžka.

25

Jeden z takovýchto způsobů výroby je popsán v dokumentu WO 2017136405, kde způsob získání tvaru amputačního pahýlu spočívá v jeho naskenování pomocí 3D skeneru. Následně je pomocí softwaru vytvořen modifikovaný model, jehož tvar a rozměr vychází z naskenovaného amputačního pahýlu. Tento model lze dále upravovat a na základě jeho finálního podoby je z databáze vybráno odpovídající protetické lůžko, jehož konstrukční data jsou odeslána do 3D tiskárny. Výroba samotného protetického lůžka probíhá od distálního konce, přičemž při vytvoření prostoru pro spojovací adaptér je tisk pozastaven, spojovací adaptér je manuálně vložen do tohoto prostoru a následně je tisk obnoven. Následné prostorové uspořádání protetického lůžka a protetických dílů probíhá zcela manuálně. Nevýhodou tohoto řešení je přerušovaný tisk protetického lůžka, kdy může dojít k zeslabení spojů. Další nevýhodou je následné manuální prostorové uspořádání protetického lůžka a protetických dílů.

V patentovém dokumentu US 9480581 je popsán způsob výroby protetického lůžka, kde způsob získání tvaru amputačního pahýlu spočívá v jeho naskenování pomocí 3D skeneru. Následně je pomocí softwaru vytvořen modifikovaný model, jehož tvar a rozměr vychází z naskenovaného amputačního pahýlu. Tento model lze dále upravovat a na základě jeho finální podoby je zhotoveno testovací plastové protetické lůžko. Následně je manuálně vytvořeno prostorové uspořádání testovacího protetického lůžka a protetických dílů. Toto finální prostorové uspořádání je pomocí 3D skeneru naskenováno a převedeno do digitální podoby. Na základě modifikovaného modelu a finálního prostorového uspořádání je vytištěno pomocí 3D tiskárny finální protetické lůžko. Nevýhodou je nákladnější výroba a využití nadměrného množství materiálu při výrobě. Další nevýhodou toho řešení je manuální prostorové uspořádání protetického lůžka a protetických dílů.

Dalším možným řešením, které je popsáno v dokumentu WO 2017151577, je způsob získání tvaru amputačního pahýlu pomocí 3D skeneru. Naskenovaná data jsou pomocí softwaru převedena na modifikovaný model, jehož tvar a rozměr vychází z naskenovaného amputačního pahýlu. Tento model lze dále upravovat a na základě jeho finální podoby je pomocí 3D tiskárny vytištěno vnitřní a vnější protetické lůžko. Nevýhodou toho řešení je manuální prostorové uspořádání protetického lůžka a protetických dílů.

55

Dalším možným řešením, které je popsáno v dokumentu US 9636238, je způsob získání tvaru amputačního pahýlu pomocí skenovacích zařízení jako je například laser. Následně je pomocí softwaru vytvořen modifikovaný model, který se svým tvarem a rozměrem shoduje s naskenovaným amputačním pahýlem. Na základě modifikovaného modelu je stanoven požadovaný tvar lůžka. Model lůžka je dále vyroben na CNC stroji. Poté je naskenován vnitřek vyrobeného protetického lůžka a pomocí softwaru je vytvořen povrchový model. Na modifikovaném modelu a povrchovém modelu jsou zvoleny referenční body, mezi kterými se následně počítají možné odchylky. Pokud se tyto odchylky liší o více než je zvolený práh, tvar a velikost finálního protetického lůžka se změní. Nevýhodou tohoto řešení je nutnost přepočtu odchylek mezi referenčními body. Další nevýhodou toho řešení je manuální prostorové uspořádání protetického lůžka a protetických dílů.

Z výše uvedených důvodů by bylo tedy vhodné přijít s řešením, které by umožňovalo virtuální prostorové uspořádání protetického lůžka a protetických dílů. Výhoda by byla především v úspoře času a efektivním využití materiálu.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky do jisté míry odstraňuje postup návrhu a výroby 3D tištěného protetického lůžka zahrnující pět dílčích kroků. Prvním krokem je získání fyzických údajů pacienta s amputačním pahýlem zahrnujících alespoň jeden fyzický údaj z množiny obsahující alespoň hmotnost, stupeň aktivity, geometrie osy amputačního pahýlu, rozměrové parametry amputačního pahýlu a rozměrové parametry druhé končetiny. Druhým krokem je získání nebo vytvoření digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu. Třetím krokem je vytvoření konstrukčního návrhu 3D tištěného protetického lůžka na základě získaných fyzických údajů o pacientovi a/nebo na základě digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu. Čtvrtým krokem je odeslání dat konstrukčního návrhu protetického lůžka do 3D tiskárny. Pátým krokem je zhotovení protetického lůžka 3D tiskem. Vytvoření konstrukčního návrhu 3D tištěného protetického lůžka zahrnuje krok určení hustoty 3D tištěných vyztužujících struktur v objemu 3D tištěného protetického lůžka mezi tvarovanou plochou pro umístění připojovacího dílu lineru a distální plochou pro upevnění připojovacího adaptéru lůžka přímo úměrně závisující alespoň na jednom z údajů z množiny obsahující alespoň hmotnost, stupeň aktivity pacienta, délku amputačního pahýlu, délku protézy, velikost protetického chodidla a úhel mezi osou pahýlu a osou protézy. Jelikož část 3D tištěného protetického lůžka mezi tvarovanou plochou pro umístění připojovacího dílu lineru a distální plochou pro upevnění připojovacího adaptéru lůžka tvoří značnou část objemu lůžka, dojde optimalizací odlehčené konstrukce ke snížení hmotnosti celého lůžka a tím ke zvýšení komfortu pacienta s amputačním pahýlem a úspoře materiálu.

Ve výhodném provedení získání fyzických údajů pacienta s amputačním pahýlem zahrnuje krok měření obvodu amputačního pahýlu alespoň ve dvou nesouhlasných rovinách kolmých na osu pahýlu a jejich vzájemné vzdálenosti a jejich vzdálenosti od referenčního anatomického bodu amputačního pahýlu.

Ve výhodném provedení krok získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje krok zhotovení fyzického modelu amputačního pahýlu, krok modifikace vnější plochy fyzického modelu amputačního pahýlu a krok digitalizace vnější plochy modifikovaného fyzického modelu amputačního pahýlu.

Ve výhodném provedení krok získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje krok digitalizace vnitřní plochy existujícího protetického lůžka nebo krok zhotovení fyzického modelu amputačního pahýlu z existujícího protetického lůžka a krok digitalizace vnější plochy modifikovaného fyzického modelu amputačního pahýlu.

Ve výhodném provedení krok získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje krok úpravy plochy skenu amputačního pahýlu, nebo plochy jeho přesného odlitku, v počítači pomocí softwaru.

- 5 Ve výhodném provedení krok získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje krok úpravy počítačového modelu amputačního pahýlu, navrženého pomocí získaných měř, v počítači pomocí softwaru.

- 10 Ve výhodném provedení krok získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje transformaci získaných údajů na polygonální síť definičních bodů o hustotě alespoň 10 bodů na cm².

- 15 Ve výhodném provedení konstrukční návrh protetického lůžka zahrnuje krok získání digitální reprezentace plochy zdravé končetiny a krok prostorového uspořádání digitální reprezentace plochy zdravé končetiny vůči digitální reprezentaci modifikované plochy amputačního pahýlu v závislosti na ose pahýlu a ose protézy.

Objasnění výkresů

- 20 Podstata vynálezu je dále objasněna na příkladech jeho uskutečnění, které jsou popsány s využitím připojených výkresů, kde na:

- 25 obr. 1 je zobrazen vývojový diagram procesu návrhu a výroby 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka s 3D tištěným distálním koncem podle vynálezu,

- obr. 2 jsou znázorněna vstupní data potřebná pro návrh 3D tištěného protetického lůžka nebo standardního protetického lůžka s 3D tištěným distálním koncem,

- 30 obr. 3 je znázorněn digitální povrch amputačního pahýlu,

- obr. 4 je znázorněno zarovnání digitálního povrchu amputačního pahýlu,

- obr. 5 je znázorněna úprava referenčních bodů,

- 35 obr. 6 je znázorněna automatická modifikace,

- obr. 7 je znázorněna manuální modifikace,

- 40 obr. 8 je znázorněn výběr typu protetického lůžka,

- obr. 9 je znázorněn výběr protetických dílů,

- 45 obr. 10 je znázorněno zarovnání amputačního pahýlu,

- obr. 11 je znázorněno umístění vybraných protetických dílů,

- obr. 12 je znázorněno automaticky navržené protetické lůžko,

- 50 obr. 13 je znázorněna modifikace vybraných zón 3D tištěného lůžka,

- obr. 14 je znázorněno manuální zarovnání protetického lůžka s umístěnými protetickými díly

- 55 obr. 15 je znázorněn výběr typu chodidla,

- obr. 16 je znázorněno manuální zarovnání protetického chodidla,
- obr. 17 je znázorněn výběr protetických dílů,
- 5 obr. 18 je znázorněno manuální zarovnání protetického lůžka, protetických dílů a chodidla,
- obr. 19 je znázorněna modifikace protetického lůžka,
- obr. 20 je znázorněn výběr krytu protetického lůžka,
- 10 obr. 21 je znázorněn finální návrh transtibiální protézy,
- obr. 22 je znázorněn návrh transfemorální protézy
- 15 obr. 23 je znázorněn výsledný souhrn informací o návrhu protézy.

Příklady uskutečnění vynálezu

- 20 Uvedená uskutečnění popisují pouze příkladné varianty provedení vynálezu a vynález definovaný v patentových nárocích tak lze realizovat množstvím jiných konkrétních provedení, které nejsou níže popsány.

Způsob výroby 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem podle předkládaného vynálezu je realizován pomocí systému komunikačně vzájemně propojeného skeneru, počítačového zařízení a 3D tiskárny. Počítačové zařízení obsahuje ve své paměti softwarovou aplikaci, která zahrnuje databázi protetických dílů a interaktivní konfigurátor, který zahrnuje modul sběru dat o pacientovi, modul určení virtuálního prostorového uspořádání protézy 6, modul zobrazení vzájemné polohy protetického lůžka 3 a protetického chodidla 8, modul pro výběr odpovídajících protetických dílů a modul pro export dat. V alternativním provedení interaktivní konfigurátor dále zahrnuje databázi základních vzorků protetického lůžka 3. V dalším provedení interaktivní konfigurátor dále zahrnuje systém pro návrh protetického lůžka 3. V jiném příkladném provedení počítačové zařízení neobsahuje databázi základních vzorků protetického lůžka 3, ale systém pro návrh konstrukce protetického lůžka 3 na základě modifikované plochy amputačního pahýlu v počítači manuálně nebo pomocí automatického nebo poloautomatického algoritmu. V jiném příkladném provedení počítačové zařízení obsahuje webový prohlížeč umožňující připojení k webové či cloudové aplikaci, která zahrnuje databázi protetických dílů, databázi základních vzorků protetického lůžka 3 a dále interaktivní konfigurátor, který zahrnuje modul sběru dat o pacientovi, modul určení virtuálního prostorového uspořádání protézy 6 a modul pro export dat. V jiném příkladném provedení počítačové zařízení obsahuje webový prohlížeč umožňující připojení k webové či cloudové aplikaci, která neobsahuje databázi základních vzorků protetického lůžka 3 ale systém pro návrh konstrukce protetického lůžka 3 na základě modifikované plochy amputačního pahýlu v počítači manuálně nebo pomocí automatického nebo poloautomatického algoritmu.

45 Ovládacím zařízením, na kterém je nainstalována tato aplikace může být jakýkoliv vhodný hardware. To zahrnuje například PC, MAC, virtuální realitu (VR), rozšířenou realitu (AR), notebooky, tablety a další mobilní zařízení, která jsou v dnešní době běžně využívána. Tato zařízení pracují na různých operačních systémech, pro které je vždy daná aplikace upravena, aby ji bylo možné na daném zařízení ovládat a využívat veškeré uživatelské vstupy, které zařízení umožňuje. Komunikační spojení jednotlivých zařízení výše popsaného systému je realizováno drátově, například pomocí ethernetu, USB, thunderboltu, nebo jiným vhodným komunikačním prostředkem nebo je komunikační spojení alternativně realizováno bezdrátově, například pomocí WiFi, Bluetooth, GSM, LTE a dalších vhodných bezdrátových spojení.

55

Způsob výroby 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem podle vývojového diagramu na obr. 1 zahrnuje získání digitálního povrchu 7 amputačního pahýlu a informací o pacientovi, možnou úpravu digitálního povrchu 7 amputačního pahýlu, vytvoření skořepiny protetického lůžka 3 zahrnující upravený digitální povrch amputačního lůžka, virtuální prostorové uspořádání protetického lůžka 3 a protetických dílů, výsledný souhrn informací o návrhu a odeslání výrobních dat. Protetické díly zahrnují připojovací adaptér lůžka 4; spojovací adaptéry; trubkové adaptéry 9; protetické chodidlo 8, a to standardní, dynamické, bionické; protetický kloub hlezna; protetický kolenní kloub 11; připojovací díly 10, a to zámek, ventil, lanko.

Krok získání digitálního povrchu 7 amputačního pahýlu, který je zobrazen na obr. 3, je v prvním příkladném provedení realizován pomocí 3D skeneru, který převede povrch pahýlu na geometrický model polygonální sítě, přičemž hustota bodů sítě je alespoň deset bodů na cm². K získání těchto bodů se využívá mnoho různých technologií, a to optické skenery, kamery, rentgeny, magnetické tomografie, lasery, dotykové snímače. Od použitých technologií se pak i nazývají jednotlivé metody skenování tzn. například rentgenové, ultrazvukové, laserové, optické či mechanické 3D skenery. Alternativně lze získat digitální povrch 7 amputačního pahýlu měřením obvodů amputačního pahýlu alespoň ve dvou nesouhlasných rovinách kolmých na osu pahýlu a jejich vzájemné vzdálenosti a vzdálenosti referenčního anatomického bodu 1 amputačního pahýlu. S výhodou lze digitální povrch 7 amputačního pahýlu získat měřením obvodů amputačního pahýlu alespoň ve dvou nesouhlasných rovinách kolmých na osu pahýlu a jejich vzájemné vzdálenosti a vzdálenosti referenčního anatomického bodu 1 amputačního pahýlu, a současně 2D fotografií pahýlu z čelní a boční strany pro určení prostorové orientace amputačního pahýlu. V jiném příkladném provedení lze získat prostorovou orientaci amputačního pahýlu přímým měřením osy pahýlu pomocí goniometru. V jiném příkladném provedení lze získat digitální povrch 7 amputačního pahýlu pomocí MRI nebo CT. Skenovaný či měřený amputační pahýl zahrnuje liner. Liner je návlak na amputační pahýl, který odděluje pokožku od tvrdého pahýlového lůžka, chrání amputační pahýl před odřením a zároveň zahrnuje připojovací díl 10. Alternativně lze skenovat či měřit amputační pahýl i bez lineru. Digitální povrch 7 amputačního pahýlu je dále převeden do softwarové aplikace počítačového zařízení, přičemž je z něj získán digitální povrch 7 reprezentující povrch amputačního pahýlu. Digitální povrch 7 amputačního pahýlu zachovává tvar a objem amputačního pahýlu a po modifikaci digitálního povrchu 7 je základním tvarem protetického lůžka 3, který je v dalších krocích pomocí softwarové aplikace upravován. V jiném příkladném provedení získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje krok zhotovení fyzického modelu amputačního pahýlu, krok modifikace vnější plochy fyzického modelu amputačního pahýlu manuálně a krok digitalizace vnější plochy modifikovaného fyzického modelu amputačního pahýlu pomocí výše uvedených metod skenování. Takto získaný modifikovaný model se již dále softwarovou aplikací neupravuje a je základním tvarem protetického lůžka 3. V tomto kroku také dochází k získání digitální reprezentace plochy zdravé končetiny. V jiném příkladném provedení získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje krok digitalizace vnitřní plochy existujícího protetického lůžka 3 nebo krok vytvoření fyzického modelu jehož tvar odpovídá vnitřní ploše existujícího protetického lůžka 3 a krok digitalizace fyzického modelu pomocí výše uvedených metod skenování. Takto získaný modifikovaný model se již dále softwarovou aplikací neupravuje a je základním tvarem protetického lůžka 3.

Krok získání fyzických údajů o pacientovi s amputací pod kolenem zahrnuje získání vstupních dat, tj. strana amputace, a to levá, pravá; hmotnost; stupeň aktivity, a to nízká, střední, vysoká, velmi vysoká; velikost nohy; typ obuvi, a to dámská, pánská, dětská; a dále rozměrové parametry amputačního pahýlu, a to délka, flexe, abdukce nebo addukce, vnější a vnitřní rotace; typ pahýlu, a to svalnatý, normální, atrofovaný, kostnatý; vzdálenost středu patelárního vazy (MPT) od země. Krok získání fyzických údajů o pacientovi s amputací nad kolenem zahrnuje získání vstupních dat, tj. strana amputace, a to levá, pravá; hmotnost; stupeň aktivity, a to nízká, střední, vysoká, velmi vysoká; velikost nohy; typ obuvi, a to dámská, pánská, dětská; a dále rozměrové parametry amputačního pahýlu, a to délka, flexe, abdukce nebo addukce, vnější a vnitřní rotace; typ pahýlu,

a to svalnatý, normální, atrofovaný, kostnatý; vzdálenost hrbolu sedací kosti od země; vzdálenost středu kolenního kloubu neamputované končetiny od země. Uživatelské rozhraní aplikace pro zadání všech vstupních dat potřebná pro návrh 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem jsou zobrazena na obr. 2.

5 Krok úpravy digitálního povrchu 7 zobrazeného pomocí počítačového zařízení zahrnuje jednak vyhlazení digitálního povrchu 7 amputačního pahýlu, dále zkrácení či prodloužení délky digitálního povrchu 7 amputačního pahýlu a také změnu jeho angulace, což je zobrazeno na obr. 4. Jak je zřejmé z obr. 5, v rámci úpravy digitálního povrchu 7 amputačního pahýlu se dále
10 automaticky nebo manuálně vyberou referenční body 1, které označují polohu měkkých tkání a kostí v rámci amputačního pahýlu. Tyto referenční body 1 se u amputace pod kolenem nacházejí například na středu patelárního vazy, hlavičce fibuly, konci tibie a fibuly, proximální hraně kondylů či zadní ořezové hraně. Tyto referenční body 1 se u amputace nad kolenem nacházejí například na hrbolu sedací kosti, konci femuru, trochanteru, Scarpa trojúhelníku, pod gluteální
15 rýhou. Na základě těchto referenčních bodů 1 se vytvoří zóny 2 o různých velikostech a volí se měřicí roviny. V příkladném provedení jsou roviny kolmé na osu pahýlu a dále se vztahují u amputace pod kolenem k distálnímu konci pahýlu nebo ke středu patelárního vazy, u amputace nad kolenem k distálnímu konci pahýlu nebo k hrbolu sedací kosti. Po zvolení vhodné roviny dochází k vytvoření tabulky měr. Tato tabulka obsahuje velikost obvodů v dané rovině a dále rozteče
20 v rovině sagitální a frontální, popřípadě diagonální rozteče. Na základě referenčních bodů 1 a vytvořených zón 2 je dále provedena automatická modifikace, která je zobrazena na obr. 6, nebo manuální modifikace, která je zobrazena na obr. 7. Obě tyto modifikace zahrnují volbu typu protetického lůžka 3 z databáze, což je zobrazeno na obr. 8. V příkladném provedení může být u amputace pod kolenem zvoleno TSB protetické lůžko 3, kde označení TSB protetického lůžka 3 je
25 zkratkou popisného označení Total Surface Bearing (přenos zátěže přes celou plochu protetického lůžka 3). U TSB protetického lůžka 3 je zatížení rozloženo na celý povrch amputačního pahýlu. Konstrukce vychází z předpokladu, že i oblasti citlivé na tlak mohou snést určité zatížení. Podmínkou zhotovení TSB protetického lůžka 3 je použití vnitřního viskoelastického pahýlového lůžka, které pomáhá rozložit síly působící na citlivé oblasti pahýlu a dále řeší zavěšení protézy 6
30 ve švihové fázi. TSB protetické lůžko 3 má tvar a objem velmi podobný amputačnímu pahýlu. Odlehčení citlivých oblastí je realizováno pomocí viskoelastického protetického lůžka 3 nebo viskoelastických pelot integrovaných do nosného protetického lůžka 3 protézy 6. V jiném příkladném provedení lze zvolit PTB protetické lůžko 3, kde označení PTB protetického lůžka 3 je zkratkou popisného označení Patellar Tendon Bearing (přenos zátěže přes patelární vaz). Při
35 použití PTB protetického lůžka 3 jsou zatěžovány zejména oblasti dobře snášející vyšší tlak. Zatížitelné části pahýlu se využívají pro přenos zátěže, kontrolu rotace pahýlu v lůžku (trojúhelníkový průřez lůžka), pro antero-posteriorní a medio-laterální stabilitu pahýlu. Naopak jsou odlehčeny citlivé oblasti transtibiálního pahýlu. Zavěšení PTB protetického lůžka 3 je řešeno suprapatelárním řemínkem. V alternativním provedení může být zvoleno KBM protetické lůžko 3, kde označení KBM protetického lůžka 3 je zkratkou německého označení Kondylen Bettung
40 Münster (podle anatomického tvaru a místa vzniku). KBM protetické lůžko 3 je modifikací PTB protetického lůžka 3. Tvar je změněn na proximálním konci. Protetické lůžko 3 kopíruje mediálně a laterálně tvar kondylů a toto skeletární zavěšení přes kondyly femuru je s výhodou využito ve švihové fázi. KBM protetické lůžko 3 se také někdy označuje jako PTB-SC (supracondylar)
45 protetické lůžko 3. V příkladném provedení může být u amputace nad kolenem zvoleno pahýlové lůžko s oporou o hrbol kosti sedací (přenos zatížení především přes skelet pánve) nebo protetické lůžko 3 se zanořeným hrbolem kosti sedací (přenos zatížení především přes měkké tkáně pahýlu). Protetické lůžko 3 se zanořeným hrbolem se označuje jako IC protetické lůžko 3, podle anglického názvu Ischial Containment. Tento krok dále umožňuje buď automatickou, nebo interaktivní
50 modifikaci plochy pahýlu pro výše zvolený typ protetického lůžka 3. V příkladném provedení automatické modifikace dochází k automatické úpravě vytvořených zón 2 dle defaultních hodnot. V alternativním provedení interaktivní modifikace má uživatel možnost zóny 2 upravit samostatně. Úprava zón 2 umožňuje objemovou nebo obvodovou redukci zóny 2, změnu umístění zóny 2. U amputace pod kolenem úprava zón 2 představuje snížení oblasti ve středu patelárního vazy
55 gradientně směrem dovnitř modelu amputačního pahýlu, snížení oblasti mediálně nebo laterálně

od tibie gradientně směrem dovnitř modelu amputačního pahýlu, snížení oblasti posteriorně nebo suprakondylárně gradientně směrem dovnitř modelu amputačního pahýlu, zvýšení oblasti hlavičky fibuly gradientně směrem ven od modelu amputačního pahýlu, zvýšení oblasti tibie gradientně směrem ven od modelu amputačního pahýlu a zvýšení posteriorní oblasti nad hranou protetického lůžka 3 gradientně směrem ven od modelu amputačního pahýlu. U amputace nad kolenem úprava zón 2 představuje snížení oblasti podélně kolem femuru plošně směrem dovnitř modelu amputačního pahýlu, snížení oblasti poloobloukovitě nad trochanterem gradientně směrem dovnitř modelu amputačního pahýlu, zvýšení oblasti vnitřních přitahovačů gradientně směrem ven od modelu amputačního pahýlu, snížení oblasti poloobloukovitě za trochanterem gradientně směrem dovnitř modelu amputačního pahýlu. Pro zvolený typ modifikace, jak je zobrazeno na obr. 6, jsou určeny defaultní zóny 2 a jejich velikost, tj. křivka na povrchu pahýlu 7, která ohraničuje zónu 2. Dále defaultní hodnoty obsahují velikost gradientní změny zóny 2 směrem dovnitř nebo ven od modelu amputačního pahýlu. Defaultní hodnoty polohy zóny 2 vychází z anatomických bodů 1. V příkladném provedení u amputace pod kolenem má zóna 2 pro odlehčení hlavičky fibuly kruhový tvar, její střed se nachází v referenčním anatomickém bodu 1 hlavičky fibuly a modifikace je gradientní směrem ven od modelu amputačního pahýlu. U amputačního pahýlu s normálními měkkými tkáněmi je průměr zóny 2 3 až 5 cm a vrchol modifikované plochy od modelu amputačního pahýlu je vzdálen 3 až 5 mm. Tyto defaultní hodnoty jsou zachyceny v tabulce, a to v závislosti na rozměrech pahýlu a stavu měkkých tkání pahýlu. Uživatel si může defaultní hodnoty změnit sám podle individuálních potřeb pacienta. Po automatické nebo interaktivní modifikaci vznikne modifikovaný digitální povrch 7 amputačního pahýlu. Softwarová aplikace dále na základě modifikovaného digitálního povrchu 7 amputačního pahýlu, informací o pacientovi, rozměrových parametřů amputačního pahýlu a prostorového umístění modulárních dílů protetického lůžka 3 vytvoří konstrukční návrh 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem. V jednom z příkladných provedení je v softwarové aplikaci vybrán typ protetického lůžka 3 TSB a na základě modifikované plochy lůžka a připojovacího adaptéru lůžka 4 se vytvoří skořepina protetického lůžka 3, přičemž tloušťka stěny protetického lůžka 3 je generována v závislosti na hmotnosti, aktivitě, délce pahýlu, protézy 6 a protetického chodidla 8 a může nabývat hodnot v rozsahu cca 1 až 10 mm. Pružné oblasti v lůžku 3 pro odlehčení amputačního pahýlu jsou ve skořepině umístěny v závislosti na poloze referenčních bodů 1 a jejich velikost je dána rozměry pahýlu. Podle zvoleného připojovacího dílu 10 je ve skořepině generováno prostorové zhloubení pro umístění připojovacího dílu 10. Horní křivka protetického lůžka 3 prochází mediálně a laterálně v horní polovině kondylů femuru, anteriorně je ve výši 1 až 3 cm od středu patelárního vazů, posteriorně pod úpony mediálního a laterálního hamstringu.

Krok vytvoření skořepiny protetického lůžka 3 zahrnuje vytvoření konstrukčního návrhu 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem na základě modifikovaného digitálního povrchu 7 amputačního pahýlu, informací o pacientovi, rozměrových parametřů amputačního pahýlu a prostorového umístění modulárních dílů protetického lůžka 3. Tento krok také zahrnuje automatické určení objemové hustoty struktury distálního konce 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem, která přímo úměrně závisí alespoň na jednom z údajů z množiny obsahující alespoň hmotnost, stupeň aktivity pacienta, délka amputačního pahýlu, délka protézy 6, velikost protetického chodidla 8, a úhel mezi osou pahýlu a osou protézy 6. V jednom z příkladných provedení existuje databáze struktur distálního konce s rozdílnou objemovou hustotou. Po zadání vstupních parametřů, které jsou definovány například takto: hmotnost 88 kg, stupeň aktivity 2, délka transtibiální protézy 6 51 cm, velikost chodidla 8 28 cm, délka pahýlu 25 cm, flexe pahýlu 5 stupňů, addukce pahýlu 5 stupňů, se na základě kombinace vybraných parametřů zvolí z databáze struktura s objemovou hustotou, která nejlépe vyhovuje zadaným parametřům. Struktury pro distální konec s rozdílnou objemovou hustotou jsou do databáze přidány pro zvolené kombinace vstupních parametřů, přičemž konstrukční uspořádání těchto struktur je optimalizováno pomocí metody konečných prvků. Tato tzv. topologická optimalizace zajišťuje nejvhodnější uspořádání a hustotu výztuží, resp. celé konstrukce protetického lůžka 3 tak, aby distální konec splňoval pevnostní požadavky a zároveň bylo spotřebováno co nejméně materiálu, tj. aby byla co nejmenší objemová hustota a tím i co nejnižší hmotnost celého distálního konce. Výpočtový algoritmus pro určení objemové hustoty

struktury distálního konce 3D tištěného nebo standardního protetikého lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem protézy 6 je založeno na geometrickém modelu protézy 6, materiálových vlastnostech použitých materiálů a zatížení protézy 6. Základní geometrické parametry protézy 6 určují prostorové podmínky pro výpočtový algoritmus, který se řídí podle mezinárodní normy ČSN EN ISO 10328 (844004). Protéza 6 je při chůzi zatěžována cyklickým kombinovaným zatížením, tj. ohyb, tlak, krut. Zkoušky popsané v této mezinárodní normě zahrnují statické a cyklické zkoušky, přičemž výpočtový algoritmus vychází ze dvou kritických zátěžných podmínek, tj. zatížení paty při chůzi a zatížení špice chodidla 8 při chůzi. Norma stanovuje okrajové geometrické i zátěžné síly pro provedení testů. Ve výhodném provedení se distální konec protetikého lůžka 3 skládá z distální rovinné plochy, na které jsou umístěny otvory pro upevnění adaptérů 4 a proximálně z tvarované plochy pro umístění připojovacího dílu 10. Vnější tvar distálního konce je tvořený prostorově zakřivenými plochami, které vycházejí z běžně používaného tvaru protetikého lůžka 3. Tvarově složitou geometrii distálního konce protetikého lůžka 3 je nutné diskretizovat pomocí řízené generace například čtyřstěnných konečných prvků či výztužných žebek, které zajistí vyšší přesnost provedení distálního konce. Profil, tvar a tloušťka čtyřstěnných konečných prvků či výztužných žebek se mění na základě zvolených parametrů, tj. při vyšší hmotnosti, popřípadě vyšším stupni aktivity dochází k ztluštění jejich průměru, zvyšuje se hustota jejich zastoupení nebo dochází k jejich kombinaci. Alternativně lze vnitřní strukturu distálního konce generovat z jakýchkoliv vícestěnných prvků nebo jednostěnných prvků, a to kruhového nebo elipsovitého průřezu.

V dalším příkladném provedení kroku vytvoření skořepiny protetikého lůžka 3 je zahrnut krok automatického určení objemové hustoty konstrukce celého 3D tištěného protetikého lůžka 3, která přímo úměrně závisí alespoň na jednom z údajů z množiny obsahující hmotnost, stupeň aktivity pacienta, délku amputačního pahýlu, délku protézy 6, velikost protetikého chodidla 8, a úhel mezi osou pahýlu a osou protézy 6. Při automatickém určení objemové hustoty se volí tloušťka stěn, objemová hustota výztuži apod. V tomto kroku dále dochází k výběru typu protetikého lůžka 3, a to u amputace pod kolenem typu PTB, TSB, KBM, hybridní a u amputace nad kolenem typu protetikého lůžka 3 s oporou o hrbol sedací kosti nebo typu protetikého lůžka 3 se zanořeným hrbolem sedací kosti podle provedené modifikace plochy pahýlu. Ve výhodném provedení tento krok také zahrnuje určení tvaru 3D tištěného distálního konce protetikého lůžka 3, který je následně použit při výrobě standardního lůžka pro zachycení osově polohy protetikého lůžka 3 a osově umístění připojovacího adaptéru lůžka 4. Ve výhodném provedení, jak je zobrazeno na obr. 9, tento krok dále zahrnuje výběr typu zavěšení, a to zámek, ventil, lanko; a jeho umístění na konstrukčním návrhu 3D tištěného protetikého lůžka 3. Tento krok také zahrnuje umístění připojovacího dílu lineru 10, umístění připojovacího adaptéru lůžka 4 a modifikaci konstrukčního návrhu 3D tištěného protetikého lůžka 3, a to určení polohy flexibilní oblasti, změna tvaru oblasti, prvků a jejich hustoty. Konstrukční návrh 3D tištěného protetikého lůžka 3 dále zahrnuje krok prostorového uspořádání digitální reprezentace plochy zdravé končetiny vůči digitální reprezentaci modifikované plochy amputačního pahýlu v závislosti na ose pahýlu a ose protézy 6.

Krok virtuálního prostorového uspořádání protetikého lůžka 3 a protetikých dílů, které je zobrazeno na obr. 10 až 22, zahrnuje vzájemné prostorové uspořádání modelu modifikovaného amputačního pahýlu nebo na základě plochy modifikovaného amputačního pahýlu vytvořené skořepiny protetikého lůžka 3 a modelů protetikých dílů. Protetické díly zahrnují připojovací adaptér lůžka 4; trubkové adaptéry 9; protetické chodidlo 8, a to standardní, dynamické, bionické; protetické klouby 11; připojovací díly 10, a to zámek, ventil, lanko; kolenní kloub 11. Výběr protetikých dílů probíhá na základě informací o pacientovi a rozměrových parametrů amputačního pahýlu. V jiném příkladném provedení systém nabízí pouze protetické díly kompatibilní s předchozí volbou parametrů a dílů. V tomto kroku dále dochází k prostorovému uspořádání skořepiny pro optimální přenos zatížení z osy pahýlu na osu protézy 6. Optimální přenos zatížení z osy pahýlu na osu protézy 6 je získán virtuálním translačním či rotačním pohybem vybraných protetikých dílů a protetikého lůžka 3. V prvním příkladném provedení virtuálního osově nastavení protézy 6 pro konstrukční návrh 3D tištěného nebo standardního protetikého lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem je úprava realizována jak automatickým vzájemným prostorovým

uspořádáním protézy 6, tak úpravou vzájemného výchozího prostorového uspořádání protézy 6 uživatelem. V jiném příkladném provedení virtuálního osového nastavení protézy 6 pro konstrukční návrh 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem je úprava realizována pouze automatickým vzájemným prostorovým uspořádáním protézy 6.

5 V příkladném provedení, ve kterém je vzájemné prostorové uspořádání transtibiální protézy 6 automatické, se protetické lůžko 3 protézy 6 nastaví do požadované výšky podle zadané polohy středu patelárního vazy například 51 cm. Poloha středu patelárního vazy je zvolena podle výšky zdravé končetiny, aby byla zajištěna symetrie zdravé končetiny s protézou 6. Osa protetického lůžka 3 se nastaví do požadované hodnoty flexe například pět stupňů v sagitální rovině a do požadované hodnoty addukce například pět stupňů ve frontální rovině. Hodnota flexe a addukce osy protetického lůžka 3 se volí vzhledem k svislici, která je definována pomocí zátěžného bodu protetického lůžka 3, na níž leží v sagitální rovině referenční bod 1 protetického chodidla 8, který je určen výrobcem protetického chodidla 8 například 1/3 délky od paty a ve frontální rovině prochází svislice středem paty. Protetické chodidlo 8 je ustaveno v požadované výšce podpatku například 1 cm. Adaptér 9 a další adaptéry mezi protetickým lůžkem 3 a protetickým chodidlem 8 se poté automaticky umístí do spojnice připojovacích adaptérů lůžka 4 a protetického chodidla 8 na základě zátěžných podmínek uvedených výše. V příkladném provedení, ve kterém je vzájemné prostorové uspořádání transfemorální protézy 6 automatické, se protetické lůžko 3 protézy 6 nastaví do požadované výšky podle zadané polohy hrbolu sedací kosti například 83 cm. Poloha hrbolu sedací kosti je zvolena podle výšky zdravé končetiny, aby byla zajištěna symetrie zdravé končetiny s protézou 6. Osa protetického lůžka 3 se nastaví do požadované hodnoty flexe například pět stupňů v sagitální rovině a do požadované hodnoty addukce například pět stupňů ve frontální rovině. Hodnota flexe a addukce osy protetického lůžka 3 se volí vzhledem k svislici, která je definována pomocí zátěžného bodu protetického lůžka 3. Na této svislici leží v sagitální rovině referenční bod 1 protetického chodidla 8, který je určen výrobcem protetického chodidla 8 například 1/3 délky od paty a ve frontální rovině prochází svislice středem paty. Protetické chodidlo 8 je ustaveno v požadované výšce podpatku například 1 cm. Na této svislici leží v sagitální rovině referenční bod 1 protetického kolenního kloubu 11, který je určen výrobcem protetického kolenního kloubu 11 například 0 až 5 mm za svislici a ve frontální rovině prochází svislice středem protetického kolenního kloubu 11. Adaptér 9 a další adaptéry mezi protetickým kolenním kloubem 11 a protetickým chodidlem 8 se poté automaticky umístí do spojnice protetického kolenního kloubu 11 a protetického chodidla 8 na základě zátěžných podmínek uvedených výše. Alternativně je virtuální výchozí osový nastavení protézy 6 pro konstrukční návrh 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem realizováno pouze pomocí uživatele. Krok dále zahrnuje úpravu vnějšího povrchu protetického lůžka 3 tak, aby povrch protetického lůžka 3 opticky korespondoval s amputovanou končetinou. Alternativně je úprava vnějšího povrchu protetického lůžka 3 provedena tak, že povrch protetického lůžka 3 reprezentuje korespondující oblast zdravé párové končetiny. Ve výhodném provedení zahrnuje tento krok také kosmetickou úpravu vnějšího povrchu protetického lůžka 3, přičemž kosmetickou úpravou je úprava barvy vnějšího povrchu protetického lůžka 3 a perforace povrchu otvory vybraného tvaru. Tento krok dále může zahrnovat vytvoření krytu 5 protetického lůžka 3, který je umístěn mezi distálním koncem protetického lůžka 3 a chodidlem 8. V příkladném provedení může být kryt 5 typu PUR, což je pěnový kryt vyžadující vybroušení do požadovaného tvaru ručně, popřípadě pomocí CNC obrábění. V alternativním provedení může být kryt 5 typu 3DP, což je kryt navržený v programu CAD nebo v interaktivním konfiguratoru a následně vytištěný na 3D tiskárně.

Krok výsledného souhrnu informací o návrhu zahrnuje přehled zadaných parametrů včetně amputačního pahýlu, dále informace o typu, zavěšení a provedení protetického lůžka 3. Krok dále zahrnuje seznam vybraných protetických dílů a seznam kosmetických úprav. Ve výhodném provedení tento krok dále zahrnuje report obsahující technické parametry, konfigurace a materiál protézy 6. Výsledný souhrn informací o návrhu protézy 6 je zobrazen na obr. 23.

V prvním příkladném provedení zahrnuje schválení návrhu 3D tištěného nebo standardního protetického lůžka 3 s 3D tištěným distálním koncem nebo krytu 5 odeslání jak tiskových dat do 3D tiskárny, tak zároveň vytvoření objednávkového formuláře se seznamem vybraných

komponent. V jiném příkladném provedení zahrnuje schválení návrhu protetického lůžka 3 nebo krytu 5 odeslání tiskových dat, popř. dat pro CNC obrábění, a vytvoření objednávkového formuláře se seznamem vybraných komponent. V alternativním provedení interaktivní konfigurátor umožňuje přenos určitých parametrů z konfigurace do výpočtového algoritmu, která provede 5 detailní výpočet výrobních dat a poté je odešle do výrobního zařízení. Výhodou tohoto provedení je ochrana uživatele a také ochrana výpočtového know-how. Alternativně data nemusí být přímo napojena na 3D tiskárnu, ale mohou se odeslat smluvnímu výrobcí, který si zajistí individuální zpracování dat pro svou 3D tiskárnu.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Postup návrhu a výroby 3D tištěného protetického lůžka (3) zahrnující kroky:

5 a) získání fyzických údajů pacienta s amputačním pahýlem zahrnujících alespoň jeden fyzický údaj z množiny obsahující alespoň hmotnost, stupeň aktivity, geometrie osy amputačního pahýlu, rozměrové parametry amputačního pahýlu a rozměrové parametry druhé končetiny,

b) získání nebo vytvoření digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu,

10 c) vytvoření konstrukčního návrhu 3D tištěného protetického lůžka (3) na základě získaných fyzických údajů o pacientovi a/nebo na základě digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu,

d) odeslání dat konstrukčního návrhu protetického lůžka (3) do 3D tiskárny,

e) zhotovení protetického lůžka (3) 3D tiskem,

15 **vyznačující se tím**, že krok vytvoření konstrukčního návrhu 3D tištěného protetického lůžka (3) zahrnuje krok určení hustoty 3D tištěných vyztužujících struktur v objemu 3D tištěného protetického lůžka (3) mezi tvarovanou plochou pro umístění připojovacího dílu (10) lineru a distální plochou pro upevnění připojovacího adaptéru (4) lůžka přímo úměrně závisející alespoň na jednom z údajů z množiny obsahující hmotnost, stupeň aktivity pacienta, délku amputačního pahýlu, délku protézy (6), velikost protetického chodidla (8) a úhel mezi osou pahýlu a osou protézy (6).

20 2. Postup návrhu a výroby protetického lůžka (3) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že získání fyzických údajů pacienta s amputačním pahýlem zahrnuje krok měření obvodu amputačního pahýlu alespoň ve dvou nesouhlasných rovinách kolmých na osu pahýlu a jejich vzájemné vzdálenosti a jejich vzdálenosti od referenčního anatomického bodu (1) amputačního pahýlu.

25 3. Postup návrhu a výroby protetického lůžka (3) podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že krok získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje krok měření obvodu amputačního pahýlu alespoň ve dvou nesouhlasných rovinách kolmých na osu pahýlu a jejich vzájemné vzdálenosti a jejich vzdálenosti od referenčního anatomického bodu (1) amputačního pahýlu a krok digitalizace vnější plochy amputačního pahýlu na základě naměřených dat.

30 4. Postup návrhu a výroby protetického lůžka (3) podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že krok získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje krok zhotovení fyzického modelu amputačního pahýlu, krok modifikace vnější plochy fyzického modelu amputačního pahýlu a krok digitalizace vnější plochy modifikovaného fyzického modelu amputačního pahýlu.

35 5. Postup návrhu a výroby protetického lůžka (3) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že krok získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje krok digitalizace vnitřní plochy existujícího protetického lůžka (3) nebo zhotovení fyzického modelu amputačního pahýlu z existujícího protetického lůžka (3) a krok digitalizace vnější plochy modifikovaného fyzického modelu amputačního pahýlu.

40 6. Postup návrhu a výroby protetického lůžka (3) podle nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že krok získání digitální reprezentace modifikované plochy amputačního pahýlu zahrnuje transformaci získaných údajů na polygonální síť definičních bodů o hustotě alespoň 10 bodů na cm².

7. Postup návrhu a výroby protetického lůžka (3) podle nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že konstrukční návrh protetického lůžka (3) zahrnuje krok získání digitální reprezentace plochy zdravé

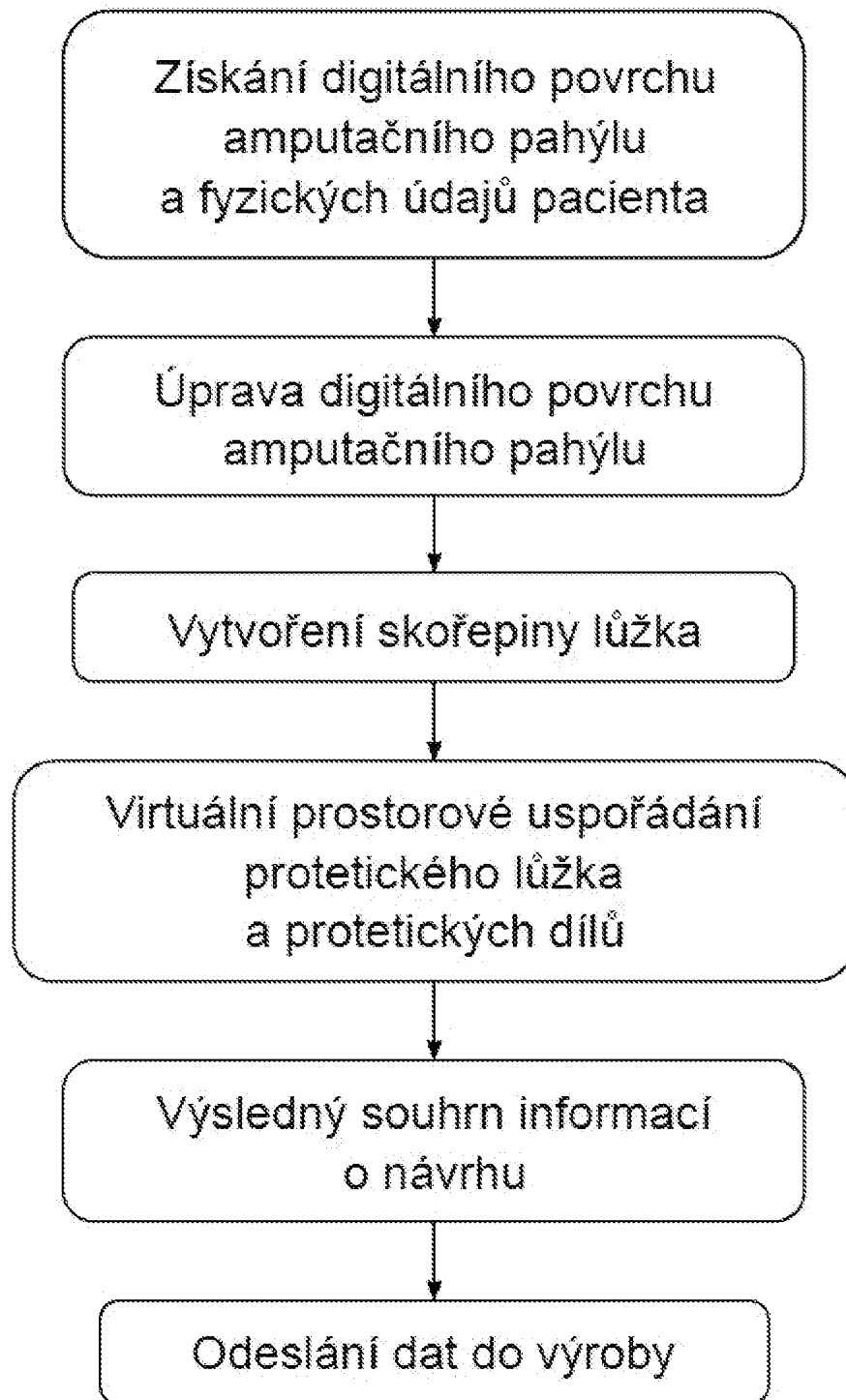
končetiny a krok prostorového uspořádání digitální reprezentace plochy zdravé končetiny vůči digitální reprezentaci modifikované plochy amputačního pahýlu v závislosti na ose pahýlu a ose protézy (6).

5

23 výkresů

Seznam vztahových značek:

- 1 - Referenční bod
- 2 - Zóna
- 3 - Protetické lůžko
- 4 - Připojovací adaptér lůžka
- 5 - Kryt
- 6 - Protéza
- 7 - Digitální povrch amputačního pahýlu
- 8 - Protetické chodidlo
- 9 - Trubkový adaptér
- 10 - Připojovací díl lineru
- 11 - Protetický kolenní kloub



Obr. 1

Jednoznačná identifikace:

Vstupní data

Nahrát:

3D sken

CAD model

Měření

Údaje pacienta

Strana amputace:

Levá

Pravá

Úroveň amputace:

TT

TF

Jiná

Váha: kg

Stupeň aktivity:

1

2

3

4

Vzdálenost MPT od země: cm

Velikost nohy: cm

Obuv:

Pánská

Dámská

Dětská

Výška podpatku: cm

Pahýl

Délka: cm

Flexe: °

Abdukce:

Addukce:

°

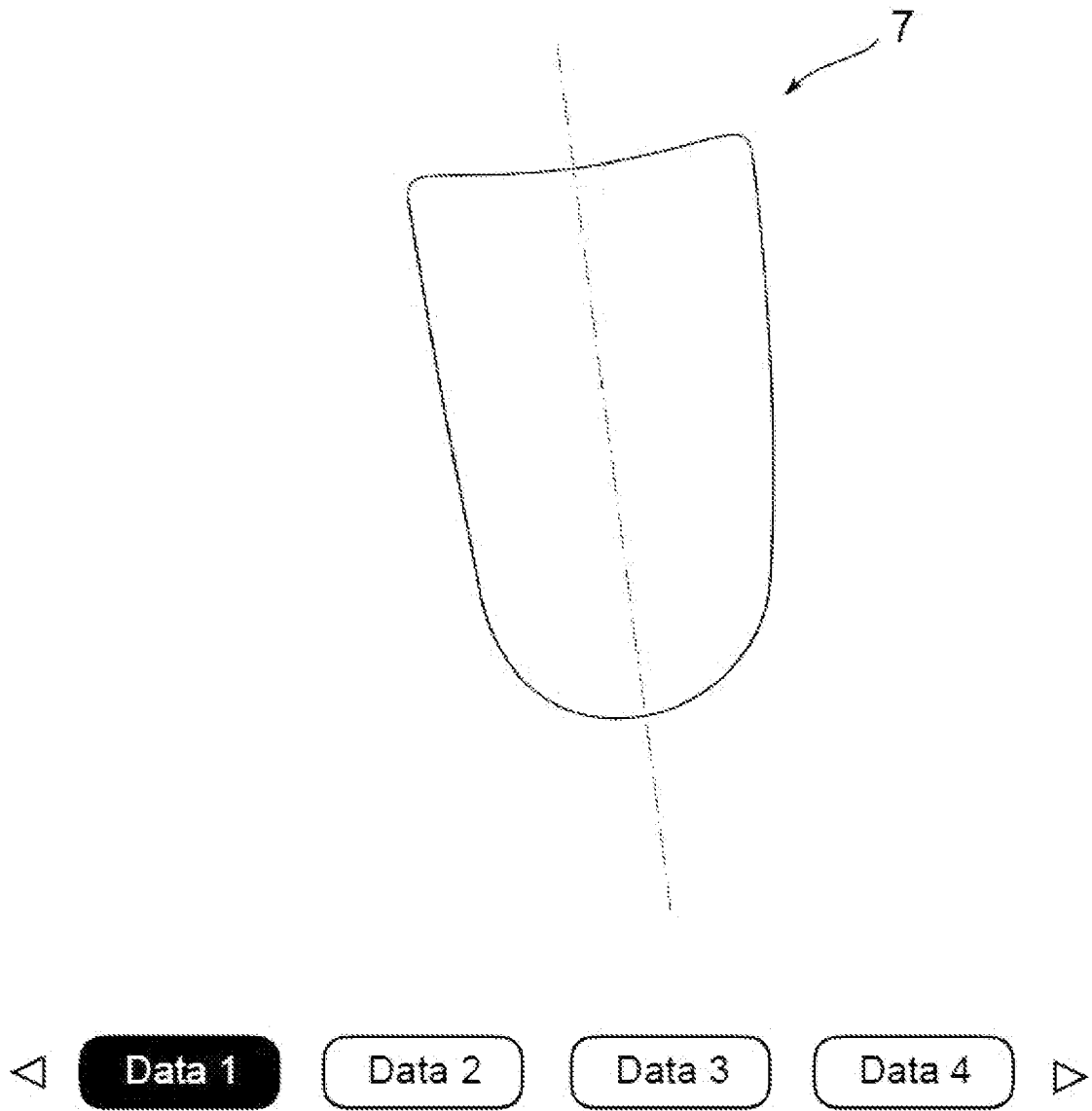
Měkké tkáně končetiny:

Normální

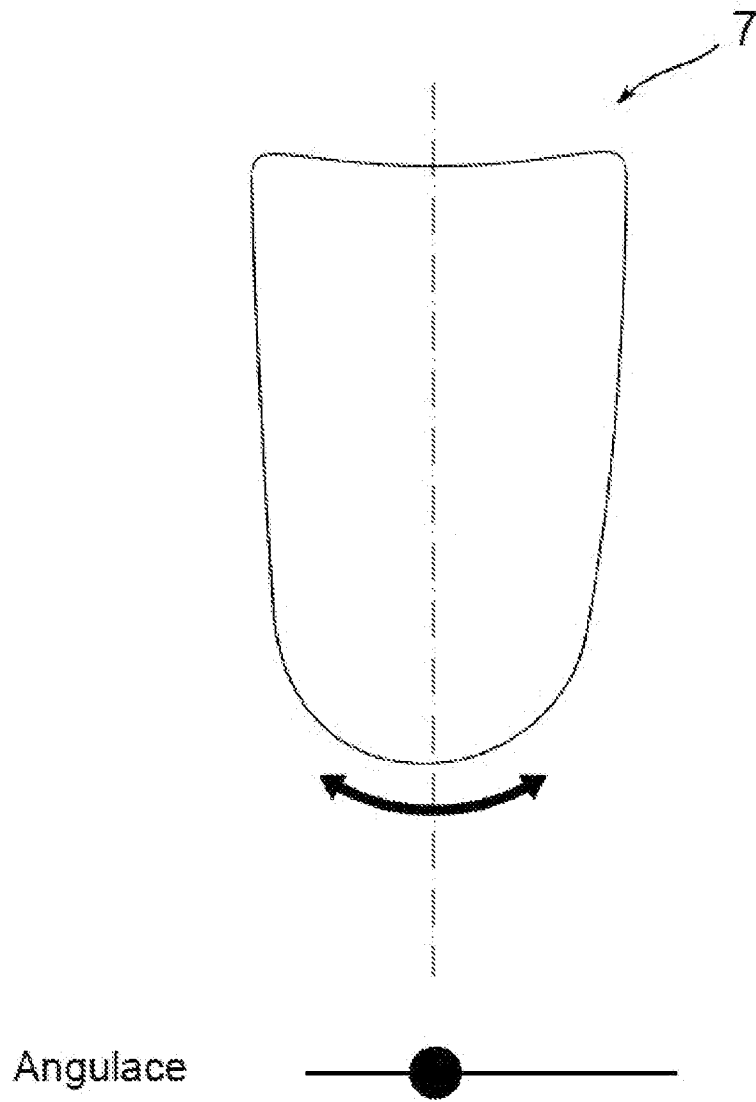
Atrofie

Kostnaté

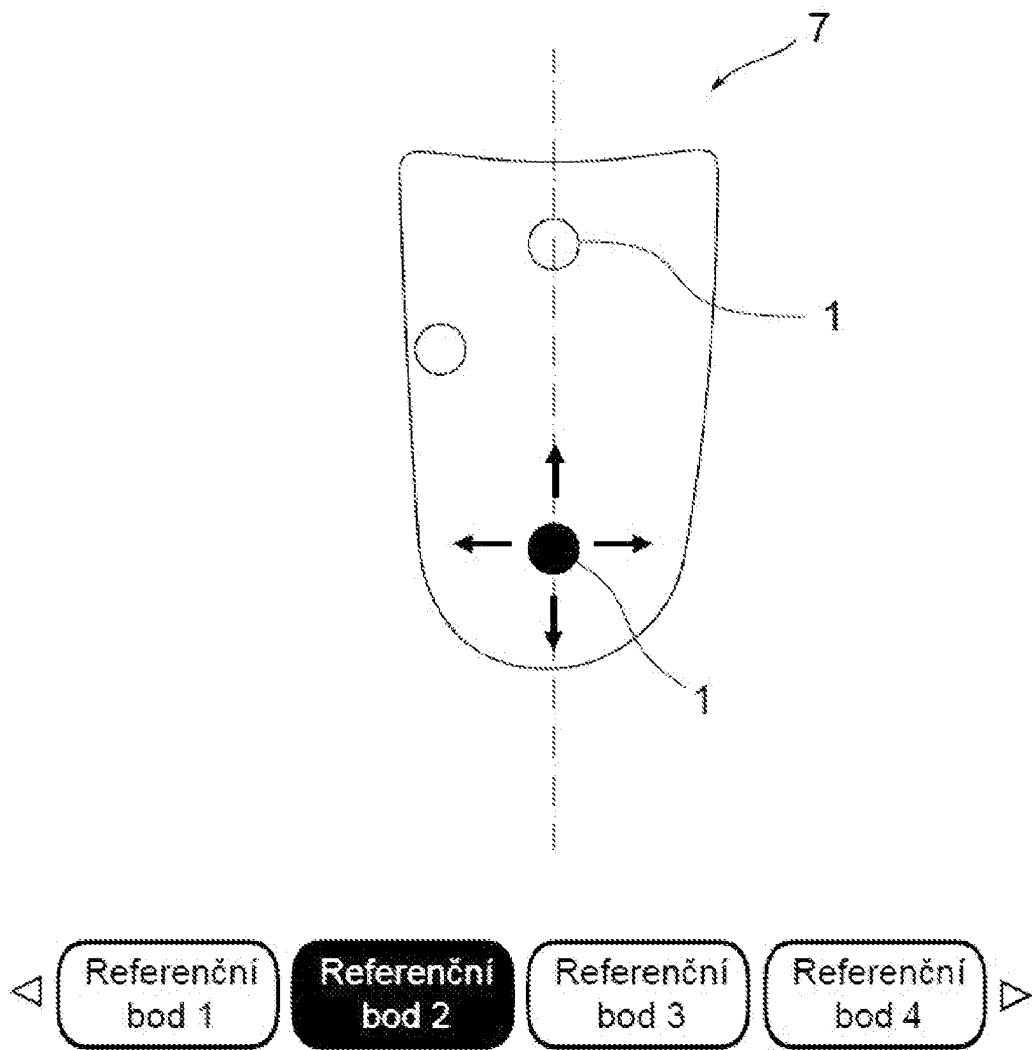
Obr. 2



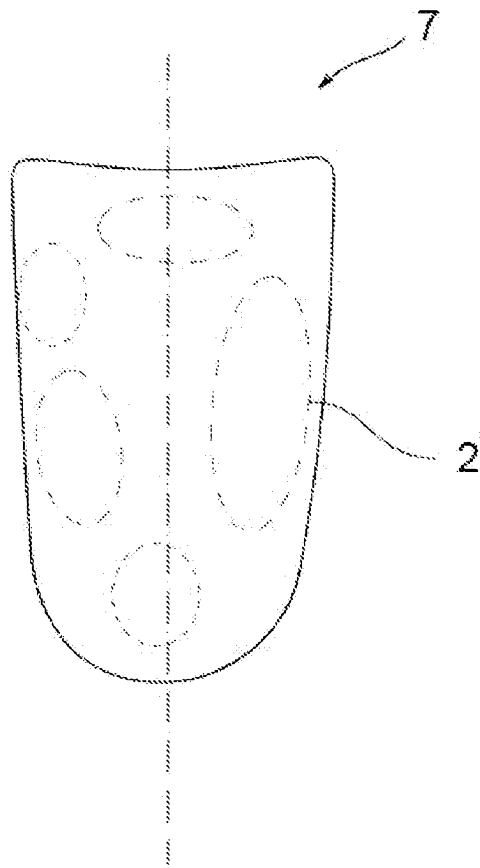
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

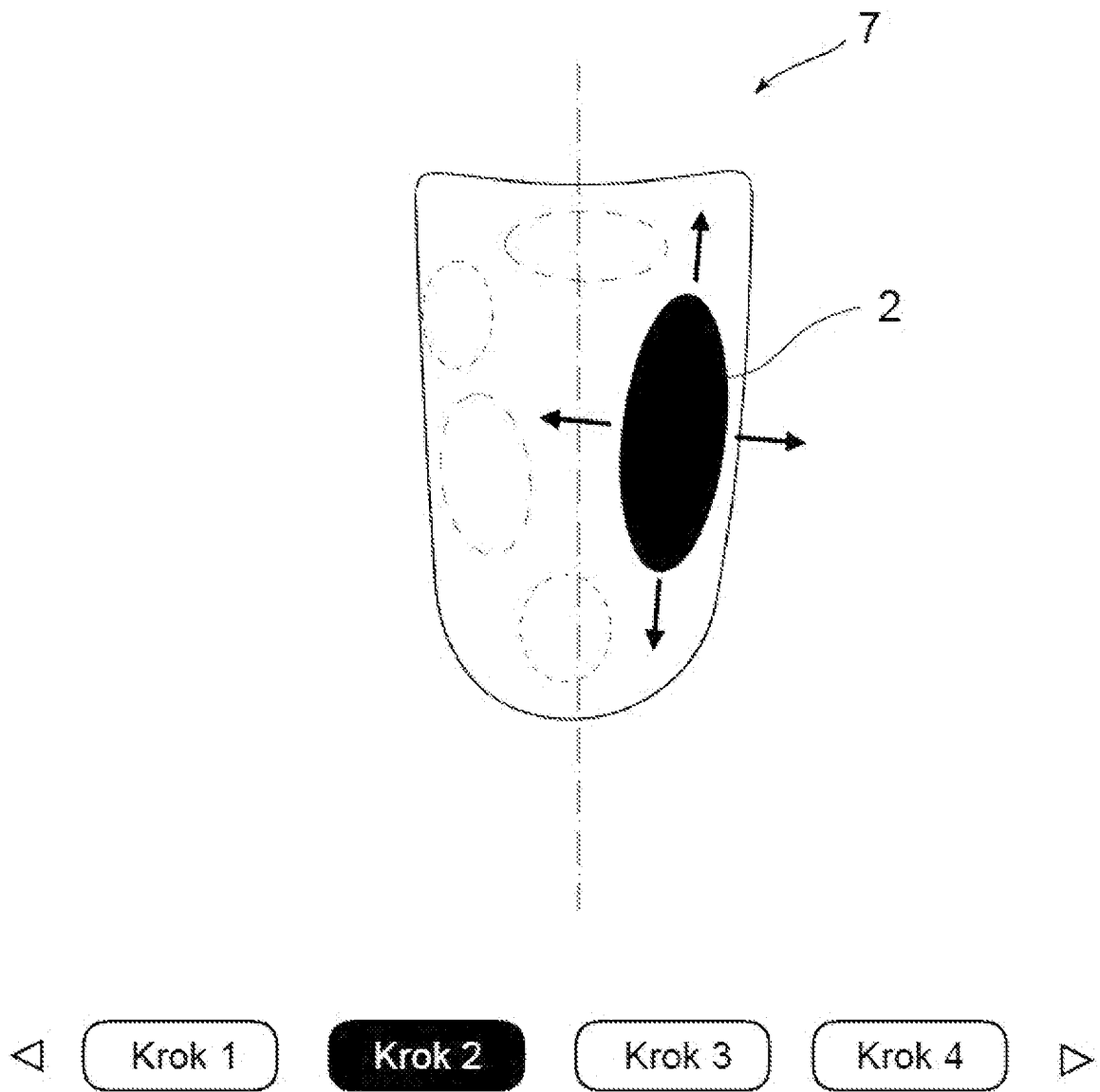


Typ modifikace 1

Typ modifikace 2



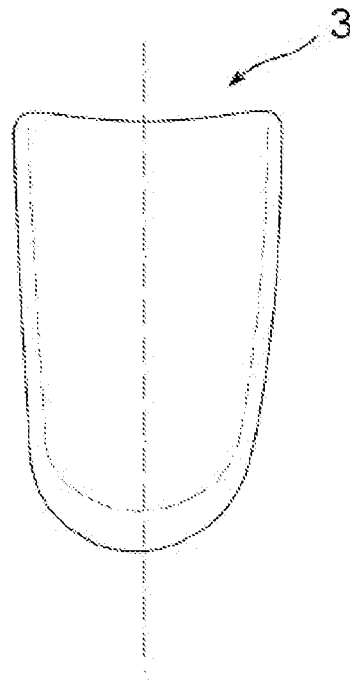
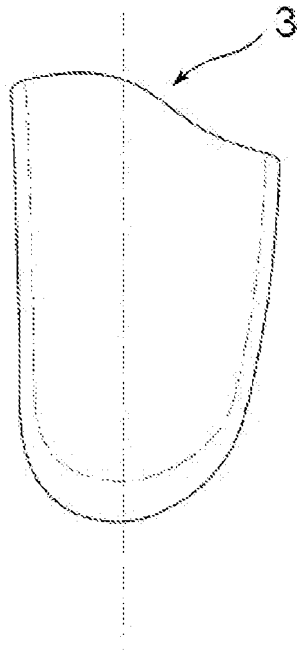
Obr. 6



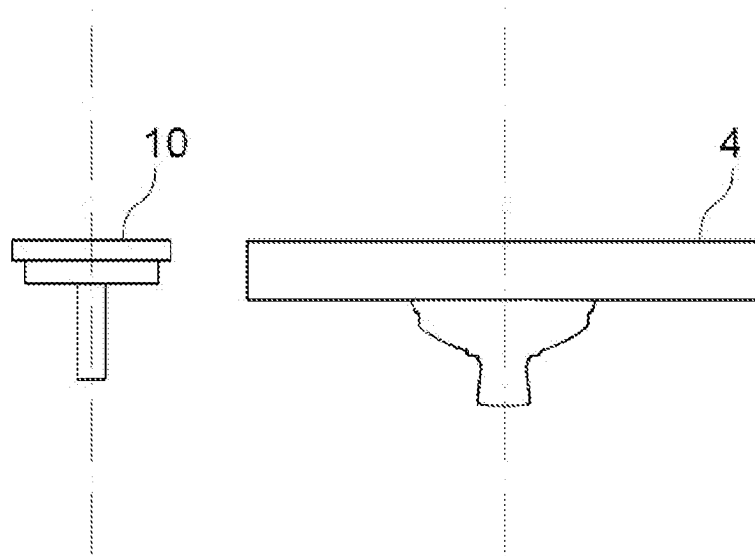
Obr. 7

Mediální pohled

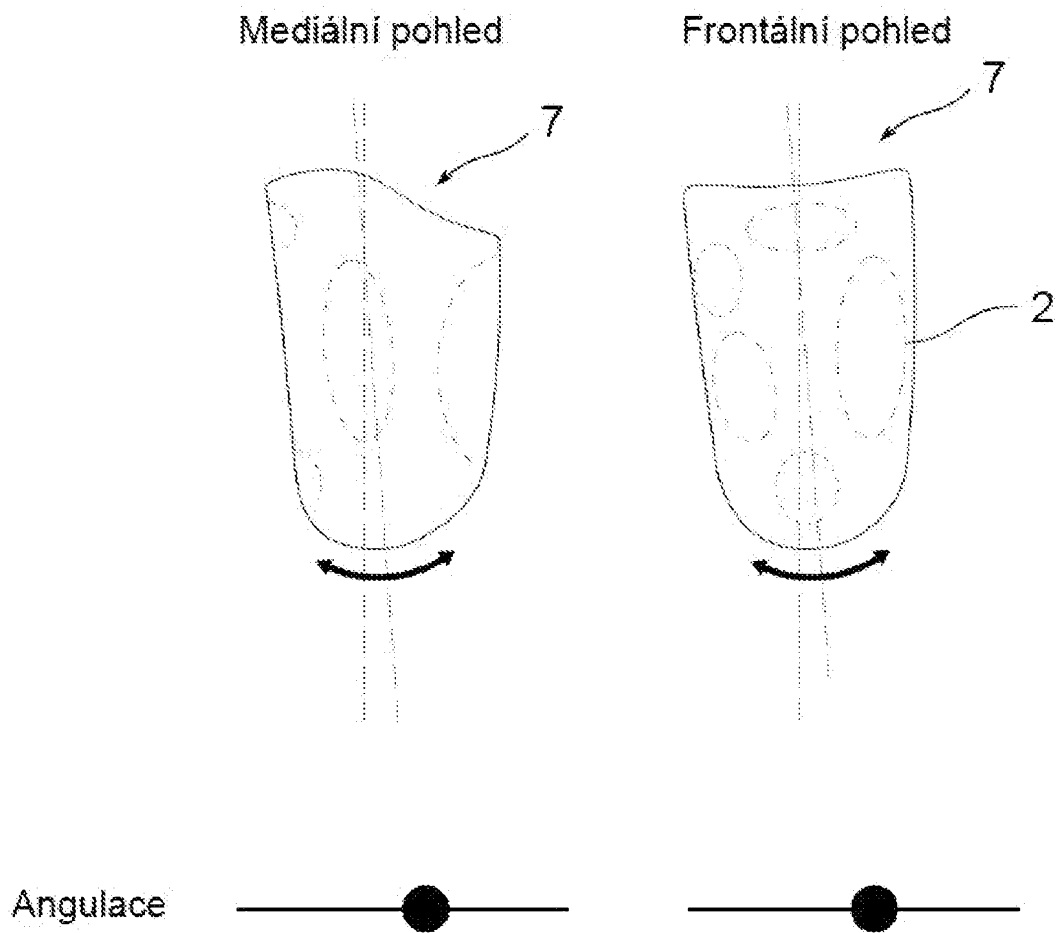
Frontální pohled



Obr. 8



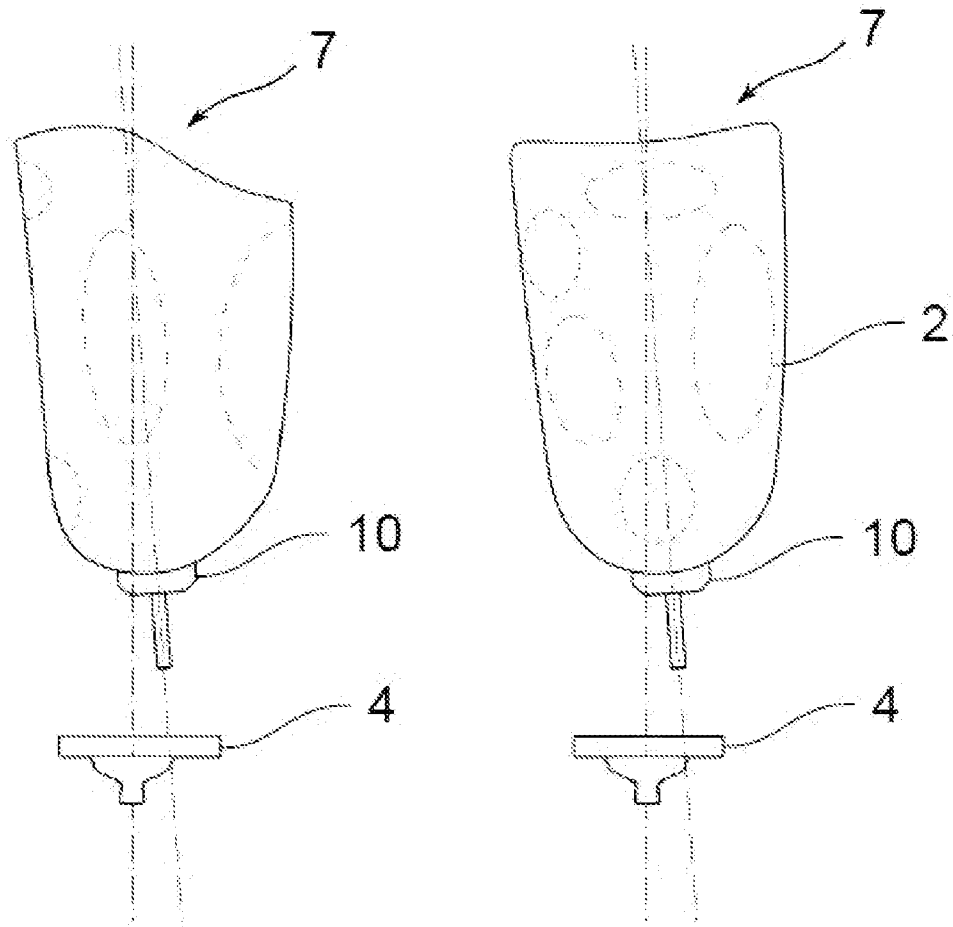
Obr. 9



Obr. 10

Mediální pohled

Frontální pohled

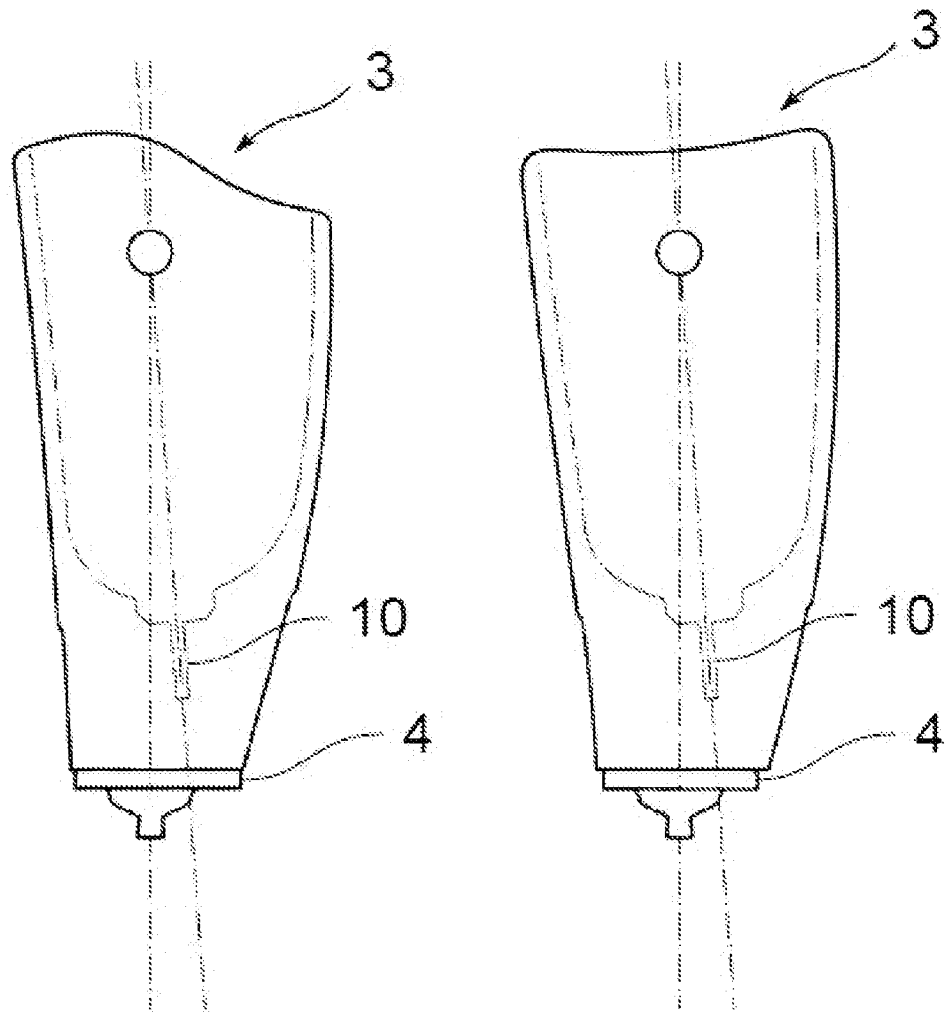


Umístění komponent

Obr. 11

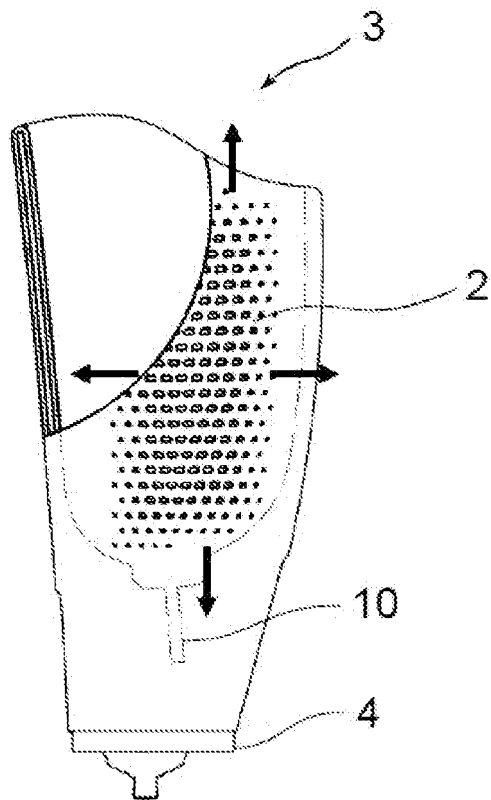
Mediální pohled

Frontální pohled

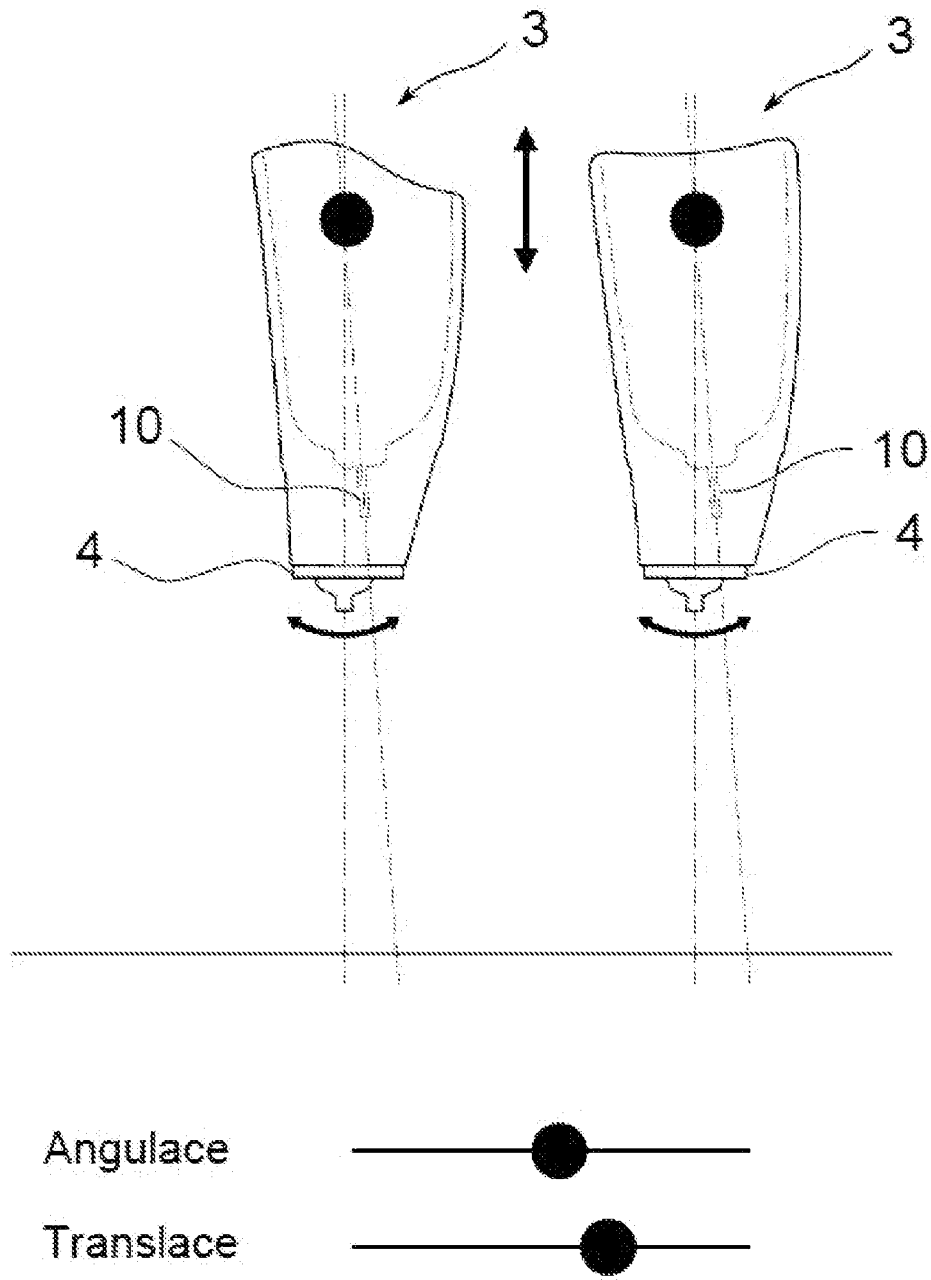


Automatický návrh

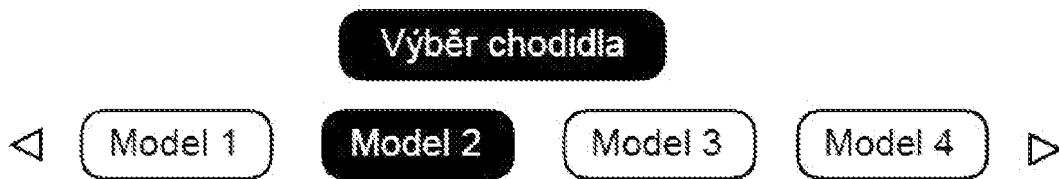
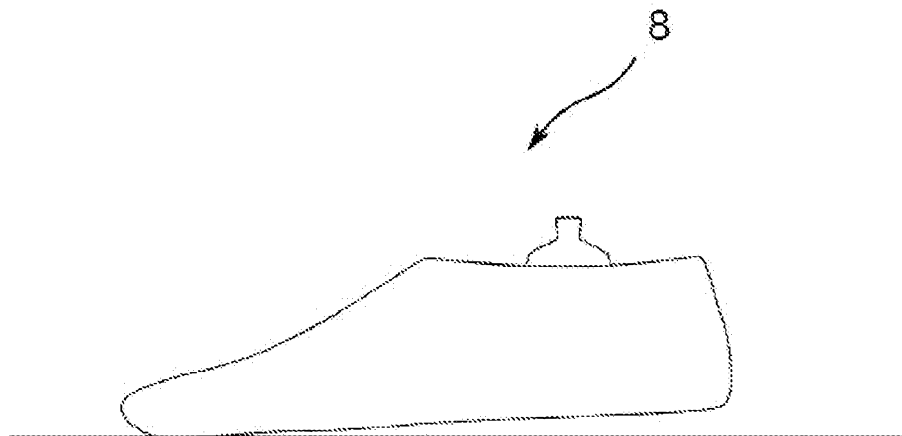
Obr. 12



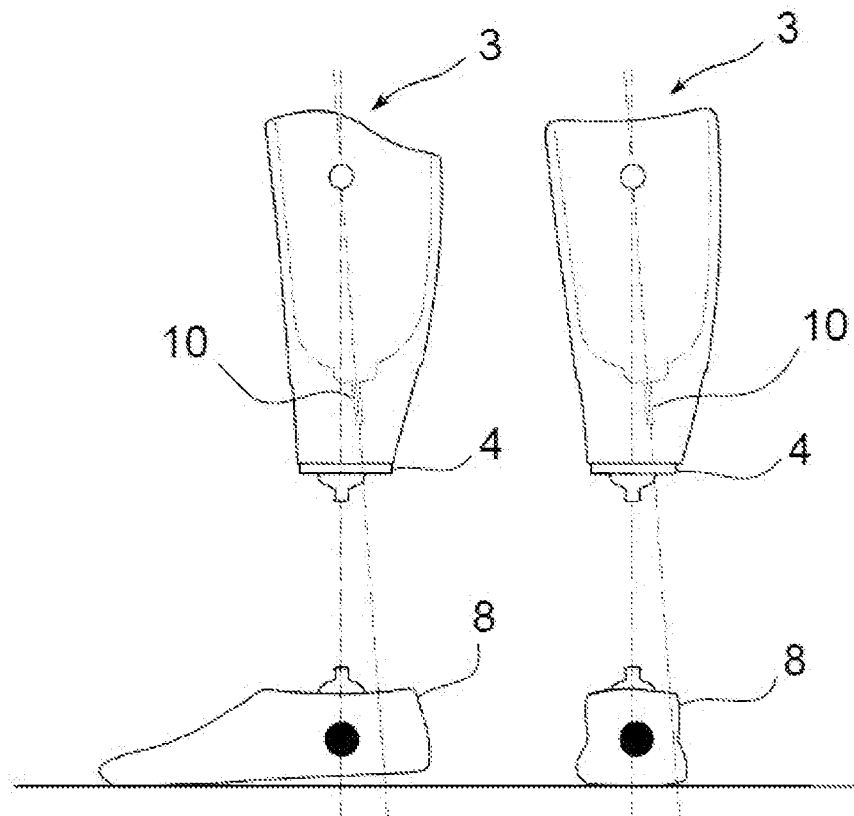
Obr. 13



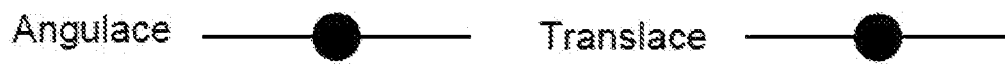
Obr. 14



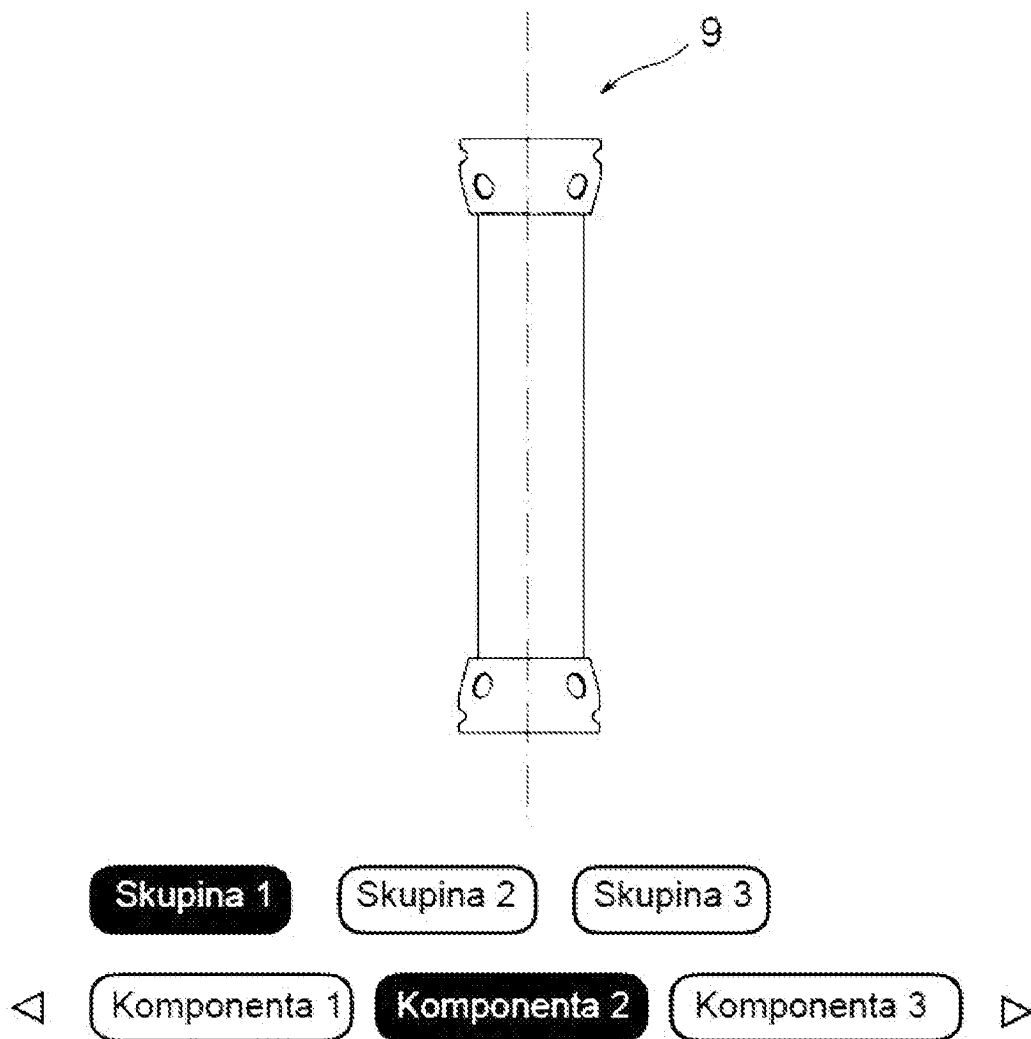
Obr. 15



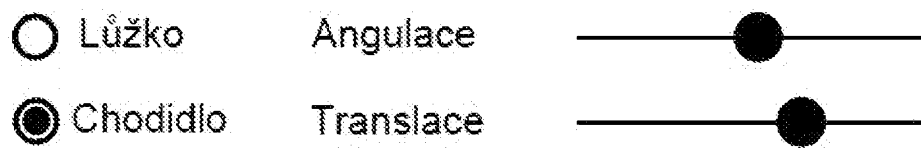
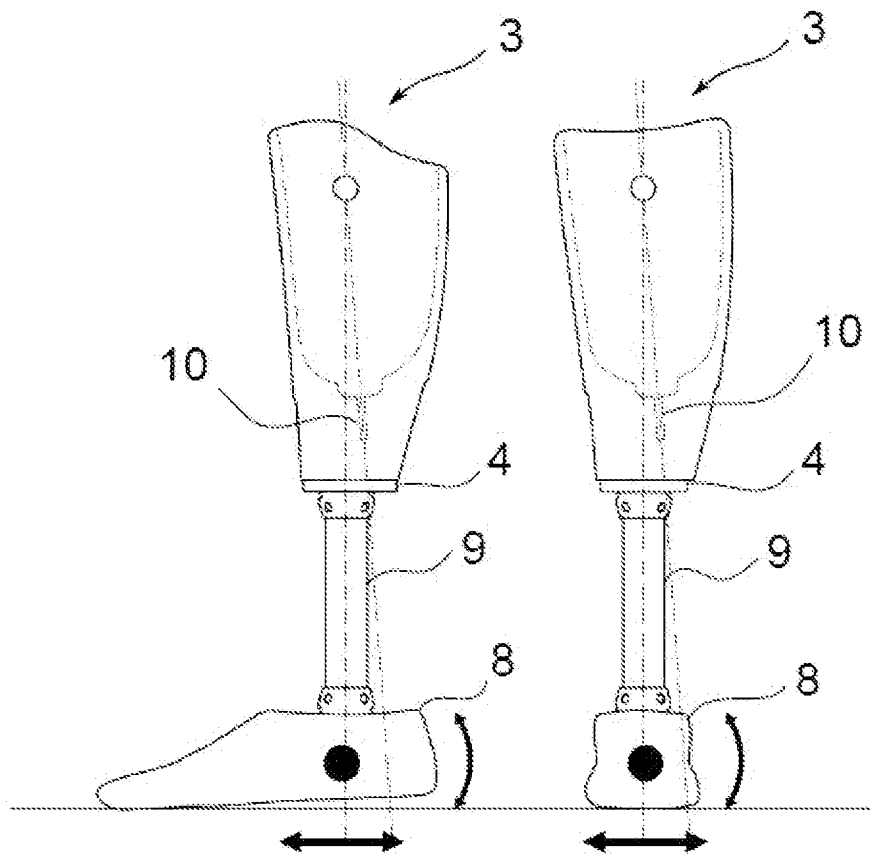
Vyrovnání chodidla



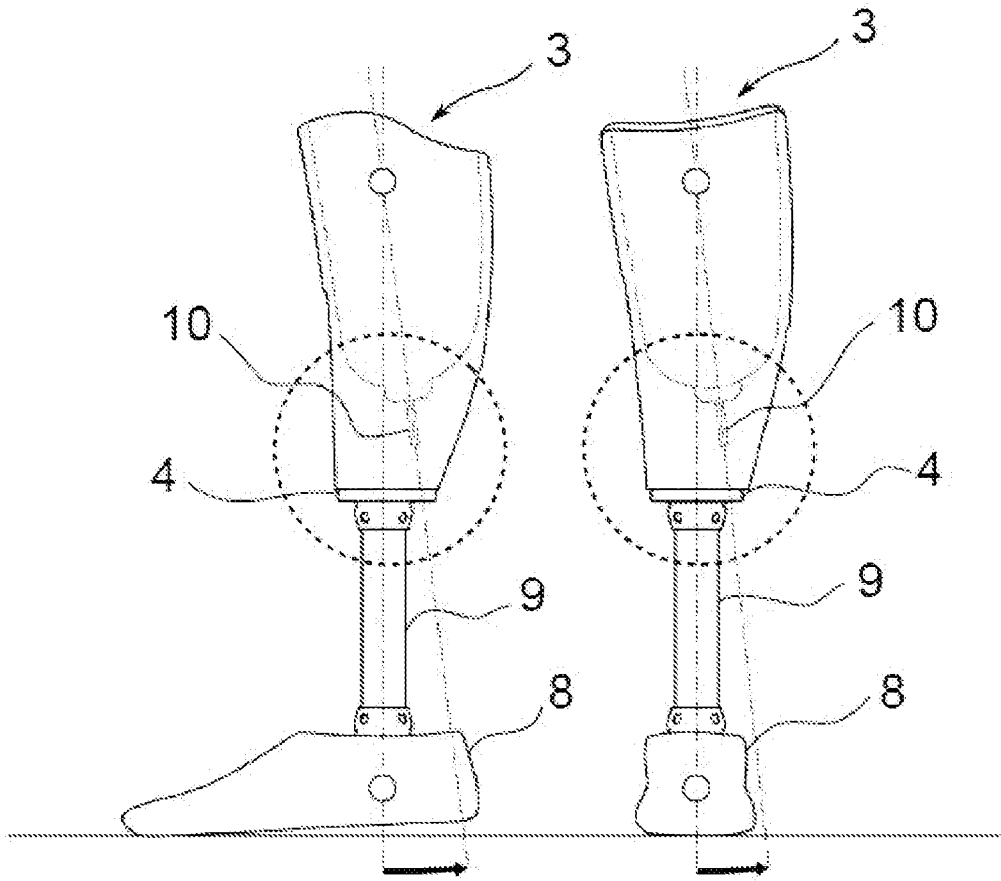
Obr. 16



Obr. 17



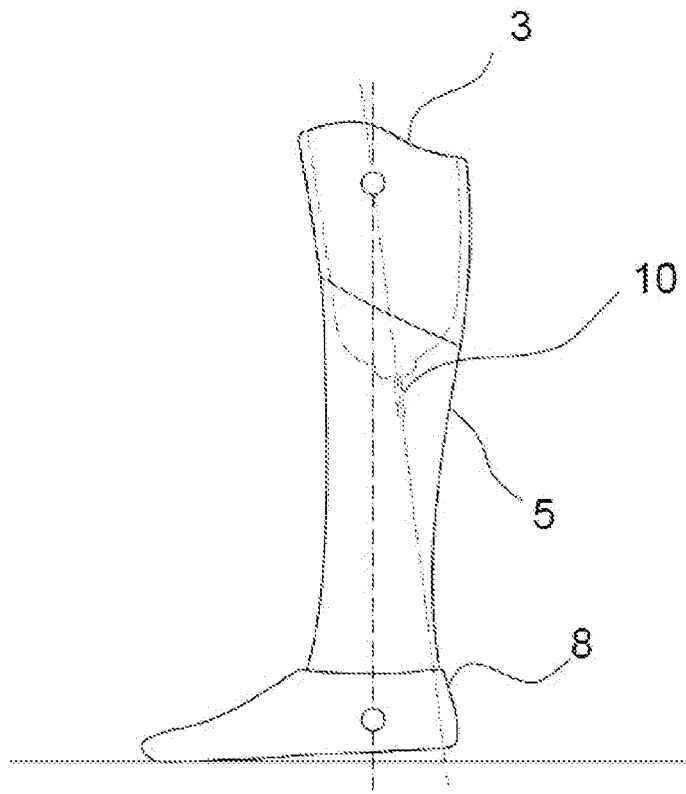
Obr. 18



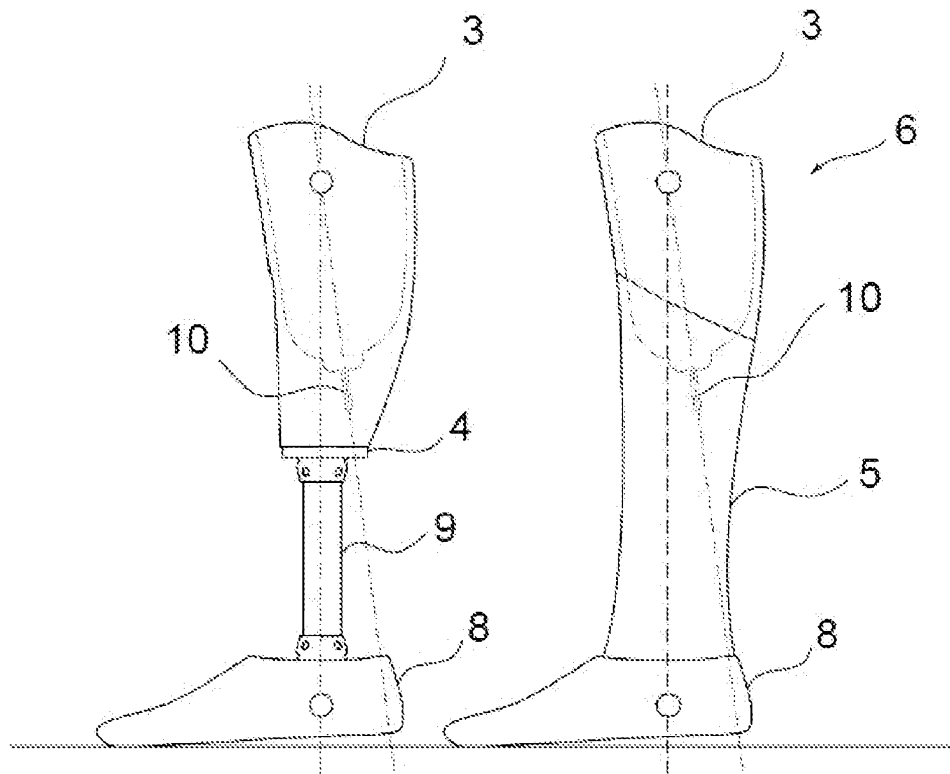
○ Finální vyrovnání

● Modifikace lůžka

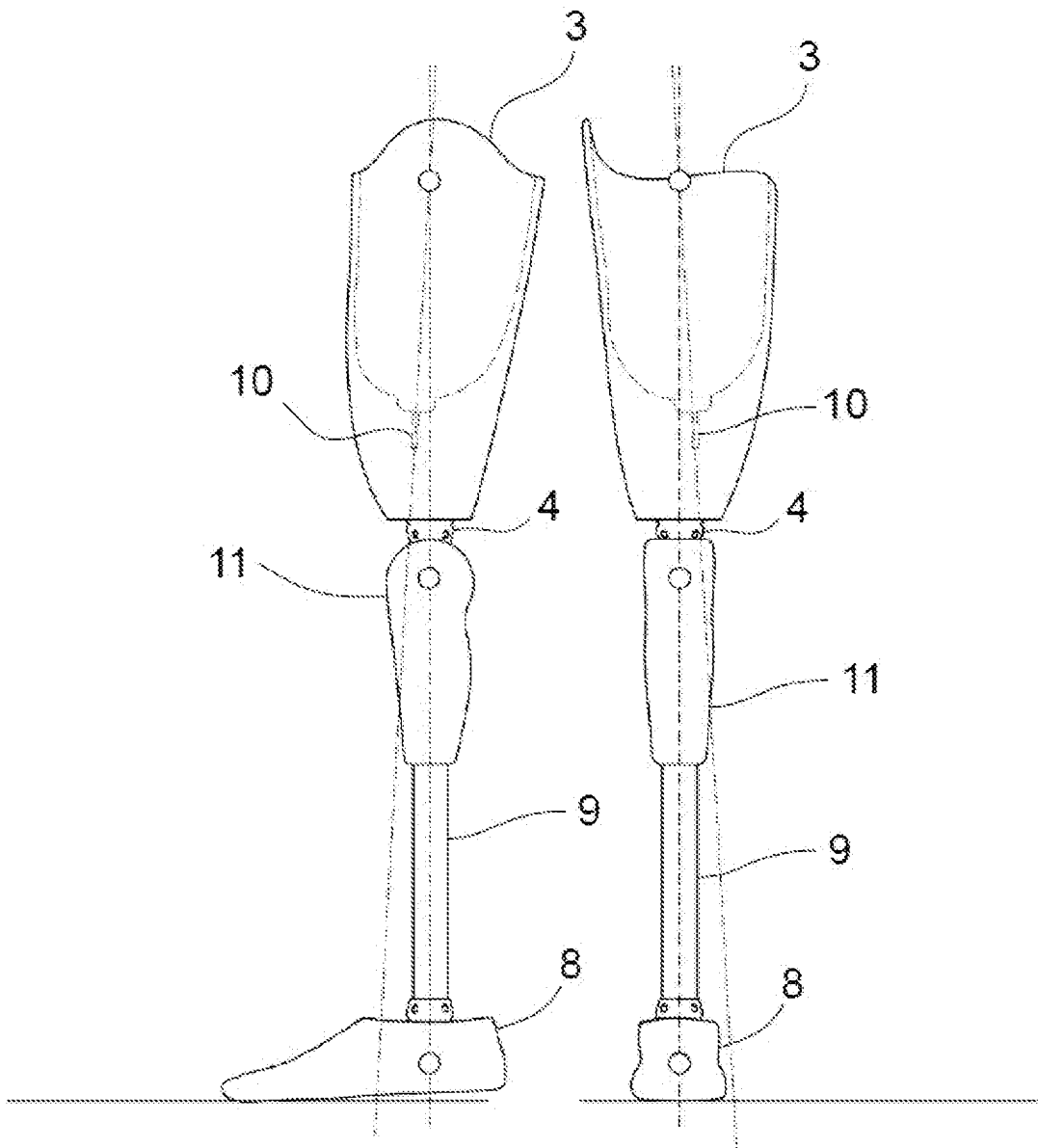
Obr. 19



Obr. 20



Obr. 21



Obr. 22

Jednoznačná identifikace: **ABC1234**

Pacient:

Strana amputace: Pravá Úroveň amputace: TT

Váha: 88 kg Stupeň aktivity: 2

Vzdálenost MPT od země: 51 cm

Velikost nohy: 28 cm Typ obuvi: Pánská

Výška podpatku: 1 cm

Pahýl:

Délka: 25 cm Flexe: 5° Addukce: 5° Rotace: 3°

Měkké tkáně končetiny: Normální

Lůžko:

Typ: TSB Výroba: 3D Tisk Zavěšení: Zámek

Komponenty:

Chodidlo: ABC Výrobce: XYZ

Výrobek č.: 12345 1 kus