

ČVUT v Praze

FUNKČNÍ VZOREK

Funkční vzorek kamerového MoCap systému učeného pro využití v domácím prostředí pacientů umožňující diagnózu na základě záznamu pohybu v distanční rehabilitaci

LTAIZ19008-V002

Autor:

**Ing. et Ing. Jan Hejda, Ph.D.,
Ing. Jaromír Doležal, Ph.D.
Ing. Jindřich Adolf, Ph.D.
doc. Ing. Patrik Kutílek, Ph.D.
doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.
Ing. Michaela Hourová**

**Program MŠMT ČR: INTER-EXCELLENCE ACTION IZRAEL LTAIZ19
Číslo projektu: LTAIZ19008**

Název projektu: Zkvalitnění robotické fyzioterapeutické léčby pomocí metod strojového učení

Identifikační číslo výsledku: LTAIZ19008-V002

Typ výsledku: Gfunk

Odpovědný pracovník: doc. Ing. Patrik Kutílek, M.Sc., Ph.D.

PRAHA, ČERVENEC 2020

Jazyk výsledku: CZE

Hlavní obor: JB - Senzory, čidla, měření a regulace

Uplatněn: ANO

Název výsledku česky:

Funkční vzorek kamerového MoCap systému určeného pro využití v domácím prostředí pacientů umožňující diagnózu na základě záznamu pohybu v distanční rehabilitaci

Název výsledku anglicky:

Functional sample of a camera MoCap system designed for use in the home environment of patients enabling diagnosis based on motion recording in distance rehabilitation

Popis výstupu/výsledku z návrhu projektu LTAIZ19008 - VES19:

Funkční vzorek (Gfunk) Funkční vzorek kamerového MoCap systému určeného pro využití v domácím prostředí pacientů umožňující diagnózu na základě záznamu pohybu v distanční rehabilitaci.

Abstrakt k výsledku česky:

Funkční vzorek umožňuje distanční záznam pohybové aktivity segmentů těla pacienta. Zařízení je určeno pro zkvalitnění robotické fyzioterapeutické léčby pomocí distančního hodnocení prostorové pohybové aktivity. Zařízení sestává z jedné či více kamer, kalibračního podsystému a podsystému pro přenos, ukládání a zpracování dat. Mezi pohybová data patří relativní a absolutní úhly natočení segmentů těla a koordináty polohy segmentů těla. Zařízení je charakteristické konstrukcí umožňující souběžné monitorování pohybu ve více anatomických rovinách a záznam a ukládání kinematických dat pro další vyhodnocení zdravotního stavu pohybového aparátu měřeného subjektu.

Abstrakt k výsledku anglicky:

The functional sample allows remote recording of the locomotor activity of segments of the patient's body. The device is designed to improve robotic physiotherapy treatment through remote evaluation of spatial physical activity. The device consists of one or more cameras, a calibration subsystem and a subsystem for the transmission, storage and processing of data.

Motion data include the relative and absolute angles of angular movement of body segments and the coordinates of the position of body segments. The device is characterized by a construction enabling simultaneous monitoring of movement in multiple anatomical planes and recording and storage of kinematic data for further evaluation of the health status of the musculoskeletal system of the measured subject.

Klíčová slova česky:

kamerový systém, pohyb, distanční medicína, fyzioterapie, svalově-kosterní systém

Klíčová slova anglicky:

camera system, movement, distance medicine, physiotherapy, musculoskeletal system

Vlastník výsledku:

České vysoké učení technické v Praze (IČO 68407700)

Lokalizace: České vysoké učení technické v Praze

Licence: Ne

Licenční poplatek: Ne

Ekonomické parametry:

Trh obsahuje pouze drahé nebo nespécializované, a tedy pro domácí použití nevhodné systémy pro uplatnění v distanční rehabilitaci. Současné systémy, které by byli dostupné menším klinikám a pacientům v domácím prostředí, neumožňují vzdálený záznam a přenos kinematických dat. Současné systémy pro menší kliniky a domácí využití neumožňují měřit pohyb ve více anatomických rovinách. Realizace se zaměřuje na zařízení optimalizované pro distanční kamerový záznam pohybu pacientů s onemocněním svalově-kosterního systému, které současně ve vhodném formátu umožní předávání informací o parametrech pohybu pacienta lékařskému personálu pro další analýzu. Obdobné zařízení není na trhu dostupné. Ekonomické přínosy vyplývají z možnosti distanční diagnostiky a rehabilitace prostřednictvím vytvořeného zařízení, což povede ke zkrácení rehabilitačního procesu a zvýšení soběstačnosti pacientů.

Kategorie nákladů: výše nákladů \leq 5 mil. Kč.

Popis funkčního vzorku

Funkční vzorek kamerového MoCap systému učeného pro využití v domácím prostředí pacientů umožňující diagnózu na základě záznamu pohybu v distanční rehabilitaci byl vyvinut v rámci projektu LTAIZ19008 - VES19 na Českém vysokém učení technickém v Praze (IČO 68407700).

Jde o zařízení, které umožňuje souběžně monitorovat kinematická data pohybu pacienta v domácím prostředí a předávat je distančně lékařskému personálu. Zařízení umožňuje záznam ve více anatomických rovinách a určovat charakteristiky prostorového pohybu pacientů s onemocněním svalově-kosterního systému. Primárně zařízení poskytuje souběžný záznam a hodnocení kinematických dat pro tyto anatomické roviny:

- frontální anatomická rovina,
- sagitální anatomická rovina.

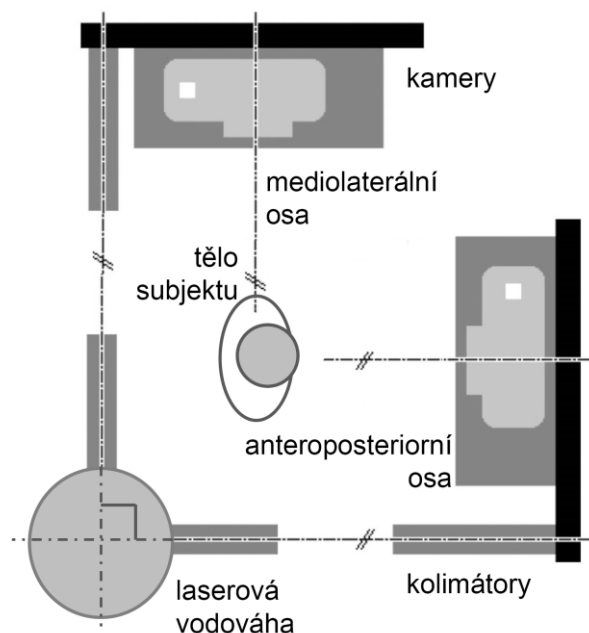
Prostřednictvím kamerového záznamu jsou v jednotlivých anatomických rovinách měřeny:

- absolutní úhly natočení segmentů,
- relativní úhly vzájemného natočení segmentů,
- koordináty vybraných anatomických bodů.

Hardwarová část sestává ze struktury tří podsystémů:

- kamerový podsystém,
- kalibrační podsystému,
- podsystému pro přenos, ukládání a zpracování dat.

Aby mohl být hodnocen pohyb těla v požadovaných anatomických rovinách je navržen kamerový systém, viz Obr. 1, se dvěma kamerami umístěnými na dvou stativech a kalibrovaných pomocí laserových kolimátorů pomocí certifikované laserové vodováhy.



Obr. 1: Schéma uspořádání kamerové a kalibrační části systému pro záznam kinematických dat pohybu ve dvou anatomických rovinách.

Pro konstrukci kamerové části jsou použity kamery typu Blackfly S USB3 BFS-U3-13Y3C-C (FLIR Systems, Inc.). Charakteristiky kamer jsou: rozlišení 1280 x 1024 pixelů, snímková frekvence 170 FPS, megapixely 1,3 MP, snímač 1/2 ", velikost pixelu 4,8 μm , flash paměť 6MB, rozhraní USB 3.0. Provozní teplota je možná v rozsahu 0° až 50°C. Kamera umožňuje automatické i ruční ovládání a předběžné zpracování záznamu přímo na fotoaparátu.

Součástí kamer je objektiv Fujinon 3 MP Varifocal Lens (Fuji Photo Film Co., Ltd.). 3MP varifokální objektiv má ohniskovou vzdálenost, která se pohybuje od 3,8 do 13 mm a schopnost zoomu 3,4x. Vysoce přesná asférická čočka, vybavená sklem, které zajišťuje nízkou disperzi a vysoký index lomu, maximalizuje optický výkon. Rozsah clony je F1,4 a horizontální úhel pohledu 97° na 3,8 mm. Umožňuje ovládání zoomu a zaostření.

Kalibrační část tvoří především certifikovaná laserová vodováha ULTRALiner 360 4V Set (ADA Laser Tools Ltd.). Speciální vysílač promítá horizontální rovinu ve formě laserového paprsku. Čtyři vysílače promítají navíc čtyři vertikální svíslé roviny ve formě laserových paprsků. Nivelace je prováděna automaticky. Pracovní rozsah laserové vodováhy je 20m, přesnost $\pm 0,2\text{mm/m}$, samonivelační rozsah je $\pm 3^\circ$.

Dosažení souososti optických os a anatomických os je dosaženo umístěním laserové vodováhy mezi kamery tak, aby osy souřadného systému vodováhy byly ve shodě s osami předpokládaného anatomického systému těla pacienta, které se bude mezi kamerami nacházet během měření. Souososti optických os kamer s osami laserové vodováhy je dosaženo 3D tiskem

vyrobenými kolimátory umístěnými na jednotlivých kamerách. Osy kolimátorů na kamerách jsou rovnoběžné s optickými osami kamer. Zařízení je vybaveno robustními stativy pro upevnění laserové vodováhy a kamer, které zajišťují konstantní vzájemné ustavení všech částí systému v prostoru. Pokud je zajištěna vzájemná kolmost kamer systému a poloha měřeného subjektu, tedy pacienta, lze provádět kinematická měření ve více anatomických rovinách. Kamery zaznamenávají pohyb ve frontální a sagitální rovině těla. Nahrávání dat z kamer je možné, po jejich kalibraci, dálkově bez přítomnosti technické obsluhy či lékařského personálu. Pacient provádí požadované cviky před kamerami systému dle instrukcí ze záznamu nebo předávaných distančně.



Obr. 2: Kamera vybavená vyvinutým kolimátorem.

Záznamy o pohybu těla v jednotlivých anatomických rovinách jsou z kamer odesílány prostřednictvím PC na server k předzpracování v softwaru OpenPose. Data reprezentující souřadnice anatomických bodů v prostoru a čase, včetně videozáznamů, jsou uložena na serveru. Následně jsou vypočteny příslušné kinematické veličiny pohybu segmentů těla měřeného subjektu. Kinematické veličiny jsou po jejich určení zpracovány v softwarové aplikaci pro určení biomechanických parametrů pohybu. Výstupem ze software je také grafická prezentace parametrů pohybu a jejich vývoj v čase. Protože je proces zpracování videozáznamů a zpracování kinematických veličin časově náročný, neprovádí se v reálném čase. Po zpracování videozáznamů a kinematických dat jsou vypočtené parametry pohybu

přístupné prostřednictvím PC vyšetřujícího lékařského personálu na serveru, a to včetně kompletních videozáznamů pohybů pacientů.

Funkční vzorek kamerového MoCap systému učeného pro využití v domácím prostředí pacientů umožňující diagnózu na základě záznamu pohybu v distanční rehabilitaci je realizovaný původní výsledek výzkumu a vývoje, projektu LTAIZ19008 - VES19, který byly uskutečněny členy projektového týmu. Za vývojem funkčního vzorku bezprostředně nenásleduje nultá série či sériová nebo hromadná výroba. Jedná se o návrh, vývoj a následnou výrobu unikátního zařízení nesoucího novou unikátní a zároveň hospodářsky významnou vlastnost. Funkční vzorek je charakteristický novostí a unikátností návrhu, která je doložitelná touto dokumentací výsledku.