

Vývoj systému Lokomat

Článek popisuje vývoj robotického systému Lokomat pro rehabilitaci pacientů s neurologickými poruchami chůze. Věnuje se zapojení jeho výrobce, firmy Hocoma, do evropského projektu Terrinet a testům nových modelů a algoritmů na platformě Lopez na Univerzitě v Twentu. Druhá část článku popisuje využití robotického systému Lokomat v Česku.

Zdravotní postižení znemožňující chůzi je nejčastějším zdravotním postižením v Evropě, přičemž pět milionů evropských občanů je závislých na invalidním vozíku. Globální populace stárne a se zvyšujícím se věkem způsobují chronické poruchy pohybového aparátu více poruch chůze a postižení souvisejících s chůzí, což snižuje schopnost jednotlivců vykonávat činnosti každodenního života a podílet se na společenském, profesním i rodinném životě. V roce 2018 mělo 28 % dospělých Evropanů středně těžké nebo závažné dlouhodobé omezení chůze způsobené zdravotními problémy.

Rehabilitace poruch chůze a pohyblivosti vyžaduje multiprofesní a multidisciplinární týmy.

Terapeutické okno pro rehabilitaci po cévní mozkové příhodě je poměrně malé. Rychlého funkčního zotavení je dosahováno včasnou rehabilitací, v prvních třech až čtyřech měsících, ovšem v následujících měsících už proces exponenciálně zpomaluje a úspěšnost klesá. Proto má brzká rehabilitace velký význam.

Rehabilitace chůze vyžaduje časnou mobilizaci, dlouhé období strávené intenzivním fyzickým cvičením a specifickými cviky. Studie naznačují, že vyšší úroveň fyzické aktivity zabraňuje zlomeninám, a údaje z klinických studií naznačují, že cvičební programy mohou snížit riziko pádů. Jenže v rehabilitační medicíně je nedostatek specializovaného personálu. Velkou měrou mu mohou pomoci robotické systémy.

Švýcarská společnost Hocoma již dlouho nabízí mnoho inovací v rehabilitaci. Letos si připomíná dvacet let od svého založení. V roce 2000 byly technické možnosti velmi odlišné. Mnoho inovací, které jsou nyní přijímány jako standard, ještě nebylo vyvinuto a rehabilitační zdravotní péče zůstala z hlediska inovací jednou z nejkonzervativnějších oblastí medicíny. Přesto společnost Hocoma uvedla prototyp svého průkopnického robotického zdravotnického systému Lokomat, který pacientům poskytuje opakovaný a vysoce fyziologický trénink chůze, což umožňuje i těm nejvíce postiženým naučit se znovu chodit. Lokomat je v současné době jedním z předních světových robotických rehabilitačních přístrojů, ale v roce 2000 to bylo významné a kontrover-

ní narušení dlouho zavedené a relativně málo technicky vybavené rehabilitační praxe.

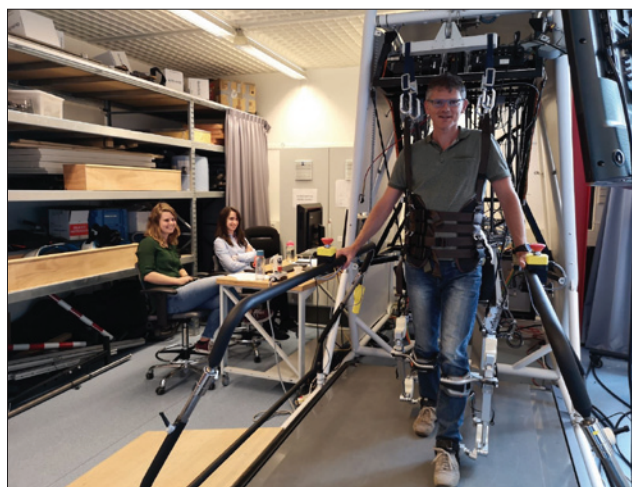
Clemens Müller, globální vedoucí pro klinické a vědecké záležitosti společnosti Hocoma, sdělil: „Před dvaceti lety byla rehabilitace chůze úplně jiná. Terapeuti museli pacientům fyzicky hýbat nohama – to je manuální



Obr. 1. Zakladatelé společnosti Hocoma AG: Gery Colombo, Peter Hostettler a Matthias Jörge (foto: Hocoma AG)

úkol, který může být velmi únavný a vyžaduje obrovské úsilí, zvláště když to děláte mnohokrát denně.“

Společnost Hocoma založil Gery Colombo, vystudovaný elektrotechnik se zájmem o rehabilitační medicínu, spolu s Peterem Hostettlerem, ekonomem, a Mattheiasem Jörgem, biomedicínským inženýrem (obr. 1). Navzdory počátečním problémům a nedůvěře



Obr. 2. Platforma LOPES v laboratoři robotiky a mechatroniky (RAM) Fakulty elektrotechniky, matematiky a počítačových věd Univerzity v Twentu v Nizozemsku (kráčí Jan Veneman ze společnosti Hocoma; foto: Terrinet)

při zavádění takového vyspělého produktu se jejich Lokomat, určený zvláště pro lidi s poškozením mozku, po mozkové mrtvici a s jinými neurologickými poruchami, za poslední dvě desetiletí stal jedním z nejrozšířenějších rehabilitačních přístrojů pro chůzi na světě.

Hocoma nedávno nainstalovala tisíce Lokomat, ale během času uvedla na trh také mnoho dalších zařízení. Do jejího sortimentu patří např. robot Erigo, který pomáhá s mobilizací pacientů v nejrůznějších fázích rehabilitace, řada asistenčních systémů Armeo, které podporují obnovení funkce paží a rukou, a produkty Valedo, zaměřené na bolesti zad.

Společnost má sídlo ve Švýcarsku, ale působí ve 27 zemích po celém světě. Clemens Müller uvedl: „Myslím, že za inovacemi ve zdravotnictví stojí tři hnací síly – sociální aspekt, který zahrnuje demografické změny, technické změny ve světě jako celku a změny v klinické praxi, která se rychle rozvíjí a začíná využívat dosud opomíjený potenciál robotizované terapie.“

Na počátku byla Hocoma první a jediná. „Když však porovnáte tehdejší situaci s dnešní nabídkou, na odborném veletrhu nebo konferenci může být až dvacet společností, včetně start-upů, které pracují v technických oborech, jako jsou robotika nebo senzorka, a nabízejí produkty pro hospitalizované a ambulantní pacienty.“ Nyní je tedy k dispozici obrovský výběr – ale existuje již také široká poptávka.

Vývoj nejnovější generace systému Lokomat Pro Free D v rámci projektu TERRINET

Pro další vývoj systému Lokomat společnost Hocoma AG využila projekt TERRINET

(The European Robotics Research Infrastructure Network), podporovaný EU, aby prozkoumala nové možnosti asistence pacientům při rehabilitaci chůze. Ve spolupráci s partnery ze zemí EU hledá řešení, která by mohla zlepšit klinickou účinnost jejich hlavního produktu Hocoma Lokomat. Projekt probíhá od roku 2018 do konce roku 2021 (NFRA-IA-02-2017, Call Identifier: H2020-INFRA-IA-2016-2017).

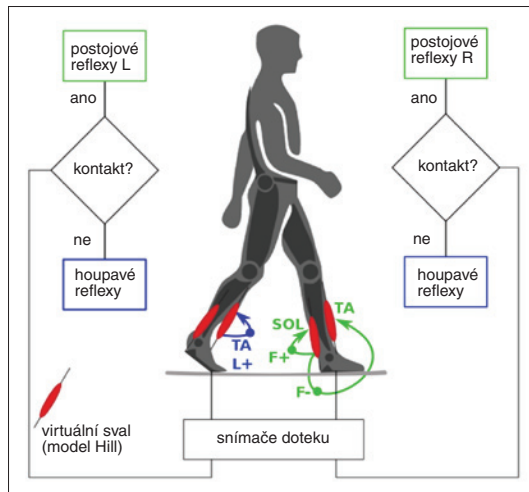
Cílem projektu Terrinet je „sloužit jako multidisciplinární nadnárodní prostředí k usnadnění

vzájemného obohacování myšlenek a sdílení vynikajícího vědeckého výzkumu a umožnit různým uživatelům (výzkumným pracovníkům, podnikatelům, studentům) získat snadný přístup k různým výzkumným zařízením poskytovatelů, aby mohli plně využít jejich potenciál a znásobit jejich dopad na výzkum a inovace.“

Jan Veneman, vedoucí technického projektu a zástupce společnosti Hocoma pro projekt Terrinet, vysvětlil: „Hledali jsme platformu dostatečně podobnou Lokomatu, aby umožnila přímou implementaci experimentálních řídicích algoritmů. Platforma LOPES (obr. 2), kterou jako partner projektu Terrinet nabízí laboratoř robotiky a mechatroniky (RAM) Fakulty elektrotechniky, matematiky a počítačových věd Univerzity v Twentu v Nizozemsku, je díky své univerzální, dobře fungující a uživatelsky přívětivé koncepci zaměřena speciálně na testování nových řídicích modulů a hodnocení algoritmů. To společnosti Hocoma umožnilo posoudit dva různé řídicí algoritmy, aby získala lepší informace o možných budoucích směrech inovací, aniž by musela radikálně změnit svou platformu.“

Byly implementovány dva řídicí algoritmy (regulátory), *flow-field* a *velocity-field*, vyvinuté Andrésem Martínézem a jeho spolupracovníky z Vanderbiltovy univerzity v Nashvillu v USA [1], a neuromuskulární model vyvinutý Amy R. Wuovou z laboratoře bio-

robotiky Švýcarského federálního technologického institutu v Lausanne a jejími kolegy z Univerzity v Twentu, Nemocnice svaté Lucie v Římě a Technické univerzity v Delftu [2]. Oba řídicí algoritmy podporují chůzi



Obr. 3. Model řízení chůze v zařízení Lokomat (zdroj: Hocoma AG)

pacienta pomocí přístupu *Assist-As-Needed* (AAN), který mu umožňuje volně generovat svůj vzor chůze, ale v případě potřeby poskytuje adekvátní pomoc.

Řídicí jednotky byly testovány zdravými uživateli tak, aby shromáždily vzorce pohybu a získaly subjektivní vnímání generované pomoci.

Regulátory pracují na základě rychlostního pole a rozdílů mezi skutečnými a referenčními rychlostmi kloubů. Umožňují cho-

dícímu pacientovi libovolně určit délku každého kroku.

Experiment potvrdil, že oba testované algoritmy regulace jsou proveditelné a vhodné pro trénink chůze. Další vývoj tedy bude pokračovat jejich implementací do produktu.

Úspěšná implementace obou přístupů do komerčních zařízení by mohla usnadnit rozsáhlejší klinické studie účinnosti výcviku AAN pro rehabilitaci neurologických pacientů.

Literatura:

[1] MARTÍNEZ, A., B. LAWSON a M. GOLDFARB. A Velocity-Based Flow Field Control Approach for Reshaping Movement of Stroke-Impaired Individuals with a Lower-Limb Exoskeleton. In: *2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. IEEE, 2018, 2018, s. 2797–2800. ISBN 978-1-5386-3646-6. Dostupné z DOI: 10.1109/EMBC.2018.8512807.
 [2] WU, Amy R., Florin DZELADINI, Tycho J. H. BRUG, Federica TAMBURELLA, Nevio L. TAGLIAMONTE, Edwin H. F. VAN ASSELDONK, Herman VAN DER KOOIJ a Auke J. IJSPEERT. An Adaptive Neuromuscular Controller for Assistive Lower-Limb Exoskeletons: A Preliminary Study on Subjects with Spinal Cord Injury. *Frontiers in Neurorobotics*. 2017, 11. ISSN 1662-5218. Dostupné z: DOI:10.3389/fnbot.2017.00030.

[Tisková zpráva projektu TERRInet, říjen 2020, a webové stránky společnosti Hocoma AG.]

Petr V. Liška

Lokomat v České republice

FNO Ostrava a rehabilitace po prodělaném onemocnění covid-19

Když nám zavolá známý s pozváním „stav se, je to jen pár kroků“, nerozmýšlíme se a jdeme. Je to pro nás samozřejmé. Jenže pro mnohé je to po dlouhé nemoci téměř nemožné, alespoň ne bez dlouhodobé rehabilitace. Takovou nyní vyžaduje pacient z Čavosova u Ostravy, který počátkem července onemocněl covidem-19 a po 31 dnech v umělém spánku se musí znovu učit chodit (reportáž o něm najdou zájemci na stránkách zpravodajského portálu idnes.cz, <https://bit.ly/2IIdm3S>). Naštěstí Fakultní nemocnice Ostrava (FNO) má od března letošního roku robotický systém pro rehabilitaci chůze nazývaný Lokomat Pro Free D.

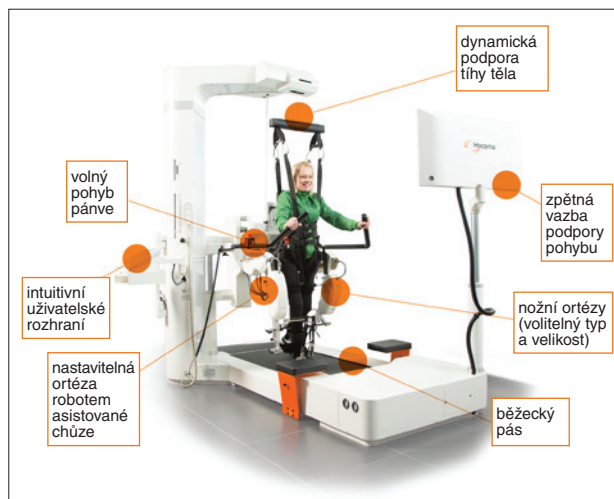
Lokomat je robotický tréninkový systém s ovládaným běžeckým pásem, který používá systém podpory tělesné hmotnosti pro podporu pacienta, zatímco jeho nohy jsou

přípevněny k robotickým skeletonům, které pomáhají se základními funkcemi chůze. Systém Lokomat umožňuje terapeutovi

řídít, jak rychle pacient chodí, kolik tělesné hmotnosti je schopen unést a kolik asistence robotický skeleton pacientovi poskytuje nastavením rozsahu pohybu.

Studie potvrdily, že pohybová terapie podpořená robotickým zařízením na běžeckém pásu je účinná ke zlepšení schopnosti chůze narušené neurologickými chorobami a úrazy.

Do svých léčebných postupů Klinika léčebné rehabilitace FNO zařadila Lokomat již letos v březnu. „Je to nejmodernější zařízení svého druhu za třináct milionů korun,“ uvedla mluvčí ostravské nemocnice Naďa Chattová.



Obr. 1. Rehabilitační robotický systém Lokomat (zdroj: Hocoma AG)