

ROBOTIKA V REHABILITACI, OPTIMALIZACE POHONNÝCH JEDNOTEK

Karel Vošahlík¹

¹ Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze, karel.vosahlik@fs.cvut.cz

Abstrakt: Robotizace je neustále rozšiřována napříč všemi obory. Jedním z oborů, ve kterém se robotika využívá, je zdravotnictví. V tomto oboru je robotika využívána například při zpracování vzorků a provádění rozborů, chirurgii či rehabilitaci. V tomto článku budou uvedeny příklady využití robotiky ve zdravotnictví, zejména v oblasti rehabilitace. Dále budou uvedena některá kritéria pro optimalizaci pohonných jednotek při navrhování robotického zařízení.

Klíčová slova: rehabilitace, robotizace, konstrukce, optimalizace

1. Úvod

Lidé jsou v průběhu života vystavováni různému onemocnění či úrazům. Z neurologického či ortopedického onemocnění lze jmenovat například cévní mozkovou příhodu, dětskou mozkovou obrnu, roztroušenou sklerózu, paraplegii, centrální i periferní parézy, ataxii, skoliózu, svalové a kloubní poruchy. Rehabilitační a nemocniční zařízení navštěvují pacienti také ambulantně, například při léčbě pooperačních stavů či chronických potíží.

Některé způsoby léčby jsou nenáročné, jiné způsoby jsou velmi fyzicky náročné jak pro fyzioterapeuty, tak pro samotné pacienty. Jeden z méně náročných způsobů léčby je léčebná tělesná výchova. Při tomto způsobu léčby cvičí pacienti cviky, které jim fyzioterapeut ukáže, nebo cvičí společně s fyzioterapeutem. Dalším méně náročným způsobem léčby je například elektroterapie. Mezi náročnější způsoby léčby je nácvik chůze pacienta. Při této léčbě jsou potřeba až čtyři fyzioterapeuti na jednoho pacienta. Dva fyzioterapeuti vedou pacientovi dolní končetiny, jeden fyzioterapeut zajišťuje stabilitu pacienta a čtvrtý fyzioterapeut říká pacientovi pokyny.

Vzhledem k náročnosti léčby a nedostatku fyzioterapeutů je postupně zaváděna robotika i do oboru rehabilitace. Jednoduché léčebné metody, jako je léčebná tělesná výchova, vykonává pacient zcela sám v rehabilitačním zařízení či doma. Jiné jednodušší léčebné metody mohou být vykonávány přímo na lůžku bez přítomnosti fyzioterapeutů za použití robotického zařízení. Náročnější léčebné metody jsou vykonávány v nemocniční rehabilitačním oddělení či rehabilitačním zařízení.

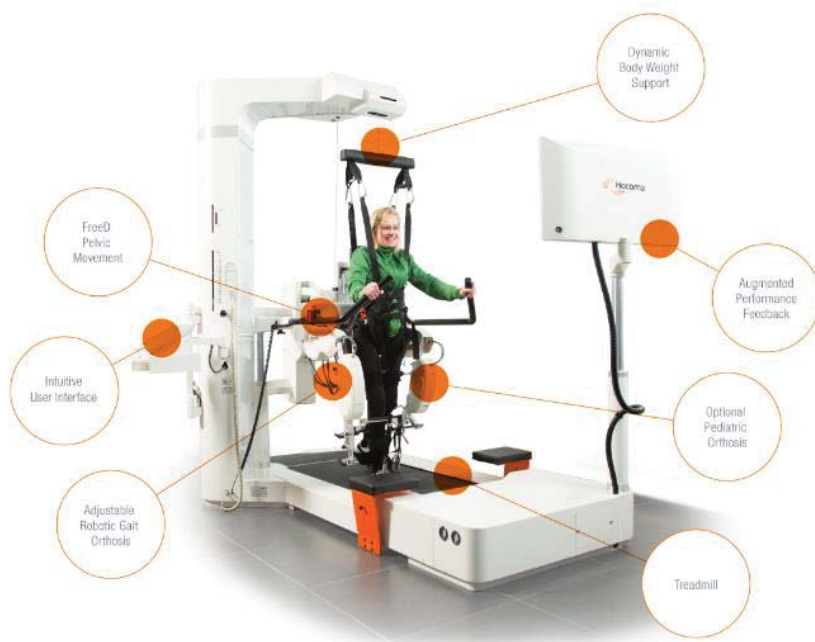
2. Robotika v rehabilitaci

Robotika je v rehabilitaci stále více používána při léčebných metodách, u kterých je to možné. Konstrukčně jednodušší robotická zařízení jsou motodlahy. Motodlahy jsou používány pro léčbu v oblasti ramene, loktu, zápěstí, prstů, kyčelního kloubu, kolene a hlezenního kloubu. Na obr. 1 je zobrazena motodlaha BTL-CPMotion K Elite od firmy BTL [1] pro dolní končetiny, která slouží pro rehabilitaci kyčelního, kolenního a hlezenního kloubu. Tato motodlaha má 13 automatických přednastavených protokolů, 50 uživatelských protokolů, unikátní click systém pro jednodušší nastavení, dálkové ovládání s dotykovým displejem.



Obr. 1 Motodlaha BTL-CPMotion K Elite od firmy BTL. Tato profesionální motodlaha je určena pro všechny tři klouby dolní končetiny

Dalším příkladem robotického rehabilitačního zařízení je například Lokomat od firmy Hocoma [2], který je zobrazen na obr. 2. Lokomat je simulátor chůze, ve kterém je pacient dynamicky zavěšen pomocí nosného postroje. Dolní končetiny jsou uchyceny do robotických ortéz. Pacient chodí po pohyblivém běžeckém pásu pomocí robotických ortéz. Rychlost běžeckého pásu je nastavitelná v rozmezí 0-10 km/h. Jako zpětná vazba pro pacienta je 32" palcový displej, na kterém pacient často vidí jdoucí postavu. Pro obsluhu simulátoru je určen 15" palcový displej.



Obr. 2 LokomatPro od firmy Hocoma. LokomatPro je robotický simulátor chůze.

Posledním uvedeným příkladem v tomto příspěvku je nemocniční robotické lůžko Anymov od firmy BTS BioEngineering [3] zobrazené na obr. 3. Toto lůžko je vybaveno 13 přesnými pohonnými jednotkami. Zdvihací sloupky umožňují výškové nastavení ložné plochy a její laterální náklony. Ložná plocha je v oblasti dolních končetin rozdělena, čímž lze provádět abdukci a addukci dolních končetin. Pomocí robotických ortéz lze provádět simulaci chůze. Ložnou plochu lze vertikalizovat, čímž lze postupně zatěžovat pacienta při simulaci chůze. Celé lůžko lze ovládat pomocí displeje. K lůžku je možné dokoupit další volitelné příslušenství.



Obr. 3 Robotické lůžko Anymov od firmy BTS Bioengineering.

Nanorobotika si našla své uplatnění i v oboru zdravotnictví. Nanoroboti jsou robotická zařízení, jejichž rozměry jsou v nanometrech. Cíle využití nanorobotiky je například v onkologii-chirurgii, kdy nanoroboti budou cíleně ničit postiženou tkáň, další možností je dodávání léčiv k cílové oblasti, odstraňování nevhodných částic z krevního řečiště. Nanorobotika se neustále vyvíjí a její uplatnění se bude neustále rozšiřovat

3. Pohonné jednotky a jejich optimalizace

Robotická zařízení jsou poháněna pohonnými jednotkami. Obecně se v robotice používají pneumatické pohonné jednotky, hydraulické pohonné jednotky či elektrické pohony. Pro zdravotnická zařízení jsou však jistá omezení. K důležitým omezením patří zejména hygienické požadavky a bezpečnostní požadavky. Příkladem může být vyhláška č. 306/2012 Sb. ministerstva zdravotnictví České republiky o podmínkách předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a o hygienických požadavcích na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče. Pneumatické pohonné jednotky potřebují pro svou funkci stlačený vzduch. Stlačený vzduch je poměrně nebezpečné medium, neboť je velmi stlačitelné a v případě poškození zařízení dochází k velké expanzi stlačeného media. Při své činnosti dochází k vypouštění expandovaného media, což do vnitřních prostor není z hygienických důvodů možné, neboť stlačený vzduch je znečištěný od oleje. Jedná se tak o rizikové faktory pro zdravotnická zařízení.

Hydraulické pohonné jednotky vyžadují kapalinu o potřebném tlaku. Hydraulická kapalina (olej) je však téměř nestlačitelná a při poškození pohonné jednotky či rozvodů kapaliny nedochází k expanzi jako u stlačeného vzduchu. Unik hydraulické kapaliny není taktéž z hygienického důvodu přípustný. Rozvody stlačeného vzduchu či hydraulické kapaliny nejsou v nemocničních či rehabilitačních zařízeních standardně zhotovené. Výjimkou jsou technická oddělení.

Z uvedených důvodů se nejčastěji používají elektrické pohonné jednotky. Podle požadovaného pohybu se používají jednotky s rotačním pohybem nebo s posuvným pohybem. Nejčastěji používané pohonné jednotky s rotačním pohybem jsou stejnosměrné elektromotory s napětím 12 V, 24 V či 36 V. Je-li potřeba větší výkon či krouticí moment, jsou tyto elektromotory doplněny o převodovku. Pro lineární pohyb se převážně používají lineární aktuátory. Lineární aktuátor je tvořen elektromotorem s převodovkou a pohybovým šroubem s maticí. Lineární aktuátor od firmy Timotion [4] je na obr. 4. Použití lineárních aktuátorů je však konstrukčně náročnější, neboť mají větší zástavbové rozměry, omezený krok-vysunutí a náročnější způsob uchycení.

Před volbou pohonné jednotky je nutné vyřešit zatížení celého mechanismu pomocí mechaniky statiky, kinematiky a dynamiky. Zatížení lze určit výpočtově, graficky či v simulačních programech. Po předběžném zjištění zatížení pohonných jednotek, lze vybrat konkrétní pohonnou jednotku. Dle této jednotky se upraví rozměry konstrukce mechanismu. A následně se provede znovu výpočet zatížení. Pro optimalizaci výběru pohonných jednotek lze použít například metodu vícekritériálního rozhodování. Tato metoda je založena na volbě vhodných kritérií. Poté je oslovena skupina expertů, kteří ohodnotí jednotlivá kritéria bodově či stanový jejich pořadí dle důležitosti. Kritéria mohou být například zástavbové rozměry pohonné jednotky, hmotnost, cena, servis a dostupnost, výkonové a silové parametry.



Obr. 4 Lineární aktuátor od firmy Timotion.

Zástavbové rozměry značně ovlivňují rozměry navrhovaného zařízení. Hmotnost pohonných jednotek ovlivňuje hmotnost celého zařízení, ale také zatížení ostatních pohonných jednotek, které jsou v navrhovaném mechanismu této jednotce předřazené. Výkonové a silové parametry jsou při výběru typu pohonné jednotky důležité. Existuje řada výrobců pohonných jednotek. Jednotky se však vzájemně liší nejen výkonovými a silovými parametry, ale i tvarově, rozměry či typem vykonávaného pohybu. Důležitým parametrem je i cena, neboť je-li na navrhovaném zdravotnickém zařízení použito více pohonných jednotek, je také cena celého zařízení vyšší.

4. Diskuze

Uvedené typy pohonných jednotek jsou jen výběrem z mnoha, které jsou standardně k dispozici. Pokud standardní pohonné jednotky nevyhovují požadavkům, je nutné vyrobit pohonné jednotky dle požadavků. Při návrhu robotického zařízení je však vhodné posoudit, zda optimalizovat návrh konstrukce za účelem volby konkrétního typu pohonné jednotky, nebo zda optimalizovat vybraný typ pohonné jednotky. Pro optimalizaci výběru typu pohonných jednotek lze použít i jiné optimalizační metody. Výsledek zmíněné metody vícekriteriálního rozhodování je závislý na názoru expertů, kteří jednotlivá kritéria hodnotí.

5. Závěr

V tomto článku jsou uvedeny některé příklady robotických zařízení, která jsou využívána v léčebné rehabilitaci. Jedná se pouze o vybrané příklady využití robotiky v rehabilitaci. Robotika má samozřejmě širší využití ve zdravotnictví a stále se obor robotiky vyvíjí. Robotická zařízení usnadňují práci zdravotnickému personálu a zároveň urychluje léčbu pacientů. Nejnovější odvětvím robotiky je nanorobotika. Co se týče výsledků zmíněné vícekriteriální metody rozhodování výběru typů pohonných jednotek, tak výsledky se budou pravděpodobně lišit dle hodnotících expertů. Někteří experti mohou více upřednostňovat konstrukční parametry, jiní experti mohou upřednostňovat parametry ekonomického charakteru.

Poděkování

Práce byla podpořena grantem SGS20/055/OHK2/1T/12

Literatura

- [1] BTL. [online]. [cit. 15.9.2020]. Dostupné z: <https://www.btl.cz/produkty-motodlaha-cpmotion-btl-cpmotion-elite>
- [2] Hocoma. [online]. [cit. 15.9.2020]. Dostupné z: <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat-2/?variation=LokomatPro#why>
- [3] BTS Bioengineering. [online]. [cit. 15.9.2020]. Dostupné z: <https://www.btsbioengineering.com/products/anymov/>
- [4] Timotion. [online]. [cit. 15.9.2020]. Dostupné z: <https://www.timotion.com/en/product/detail/linear-actuators/ta23-series?upcls=1481269298&guid=1494581213>



Selected article from

Tento dokument byl publikován ve sborníku

**Nové metody a postupy v oblasti přístrojové
techniky, automatického řízení a informatiky 2020
New Methods and Practices in the Instrumentation,
Automatic Control and Informatics 2020
14. 9. – 16. 9. 2020, Zámek Lobeč**

ISBN 978-80-01-06776-5

Web page of the original document:

<http://iat.fs.cvut.cz/nmp/2020.pdf>

Obsah čísla/individual articles:

<http://iat.fs.cvut.cz/nmp/2020/>

Ústav přístrojové a řídicí techniky, FS ČVUT v Praze, Technická 4, Praha 6