

Rehabilitačním inženýrství

doc. Ing. Patrik Kutílek, Ph.D.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Toto dílo podléhá této licenci Creative Common verze 4.0 BY

- Rozdělení rehabilitačních pomůcek, přehled aktuálních řešení v oblasti rehabilitačních technologií, kompenzačních pomůcek a telemedicíny. Standardy, doporučení a předpisy pro vývoj technologií používaných uživateli s postižením.
- Základní technické konstrukční prvky používané v bytových a pracovních prostorech a automobilech pro hendikepované. Bezbariérové prostory. Programová prostředí pro design prostor pro hendikepované. Možnosti využití informačních a komunikačních technologií pro sociální péči.
- Pomůcky v diagnostice a rehabilitaci pohybového aparátu. MoCap systémy. Konstrukce inerciálních a kamerových systémů záznamu pohybu použitých v praxi. Konstrukce siloměrných a tlakoměrných plošin, koberců a vložek. Měření a hodnocení kinematiky a dynamiky pohybu těla.
- Motorické postižení a využití speciálních technologií. Rozdělení motorických postižení. Kompenzační pomůcky pro osoby s motorickým postižením, rozdělení. Metody volby kompenzačních pomůcek. Komunikace s počítačem prostřednictvím očních pohybů. Robot jako jedna ze složek pečovatelských služeb. Adjuvatika, pomůcky pro usnadnění osobní mobility. Konstrukce a výroba berlí, speciálních lůžek, chodítek, zvedáků a invalidních vozíků. Mechatronické systémy pomůcek pro usnadnění mobility.
- Končetinové protézy a jejich rozdělení. Amputační schéma. Konstrukce protéz. Protetometrie, snímání sádrového negativu. Konstrukce protéz horních končetin. Konstrukce protéz dolních končetin. Systémy chytrých končetinových protéz. Pohonné a sensorové podsystémy protetických pomůcek. Ortézy a jejich rozdělení. Konstrukce ortéz. Ortézy končetinové, ortoprotézy, ortézy trupové. Technika výroby protéz a ortéz. Pohonné a sensorové podsystémy chytrých ortéz.
- Problematika kognitivních poruch (např. poruchy komunikace, učení či paměti) a možnosti technické podpory při jejich řešení. Zjednodušené ovladače a další speciální pomůcky pro podporu samostatnosti.
- Umělé orgány a náhrady tkání, Zrakové postižení, zrakové vady, optické a optoelektronické pomůcky. Sluchové vady a komunikace neslyšících. Kochleární implantáty. Biofeedback. Možnosti využití počítačových her či jiných motivačních nástrojů pro zvýšení informovanosti a zodpovědnosti pacienta. Metody a principy využití v technologiích biofeedback.
- Architektura dohledových systémů - definice, principy, související etické problémy, otázky bezpečnosti. IoT, AAL a specializované služby pro seniory. Telemedicina a telerehabilitace. Monitorování dodržování lékařských doporučení. Technologie v roli společníka či rádce. Možnosti využití produktů vybavených umělou inteligencí pro podporu samostatnosti uživatele. Principy a možnosti využití konverzačních a dialogových systémů.
- Rozhraní mozek - počítač (BCI, brain-gate systém), principy a omezení. Další výhledy do budoucnosti, principy funkce některých produktů nahrazujících smysly.

Rehabilitační inženýrství

je interdisciplinární obor zabývající se komplexním vybavením pro osoby se zdravotním postižením takovými pomůckami, které jí umožní plnější resocializaci při dodržení optimálního stupně vynaložených prostředků. Používá tedy nástroje nejen z oborů technických a medicínských, ale i ekonomických.

Nejčastěji používané příklady:

- Invalidní vozíky a transport osob
- Ortotika a protetika
- Fyzikální terapie
- Software

Kompenzační a rehabilitační pomůcky (KP) = prostředky zdravotnické techniky.

Ortopedická protetika: medicínsko-lékařský obor, který se zabývá výrobou rehabilitačních a kompenzačních pomůcek. Ortopedická protetika se dělí:

Protometrie – získává a shromažďuje podklady pro konstrukci, výrobu a aplikaci všech druhů ortopedických pomůcek.

Vlastní protetika – výroba končetinových protéz.

Ortotetika – výroba dlah, ortéz a podpůrných aparátů.

Epitetika – vyrábí tzv. epitézy, tj. kosmetické náhrady ztracených částí těla (např. prstů).

Kalceotika – výroba ortopedické obuvi.

Adjuvatika – výroba pomůcek pro různé denní činnosti, např. pomůcky pro sebeobsluhu a osobní hygienu, lokomoci, pro práci a pro ostatní sociální oblasti, sporty, zájmy...

Rehabilitační inženýrství: Příbuzný obor, který přesahuje hranice ortopedické protetiky. Mluvíme o něm všude tam, kde je třeba spolupráce inženýrů a techniků z více oblastí. Rehabilitační inženýrství se zabývá řešením potíží klientů jakýmkoliv technickými prostředky v nejširším pojetí. V této podobě se týká také úpravy osobních aut a autobusů, bezbariérových řešení budov a komunikací apod. Další obory ve vztahu ke kompenzačním pomůckám

Ergoterapie: Ergoterapeuti využívají velmi často různé kompenzační strategie, kdy vychází z kompenzace postižené funkce nebo adaptace okolního prostředí pro zprostředkování řady běžných činností.

Fyzioterapie: používají se např. pomůcky pro lokomoci, polohování a zlepšení funkcí postižených částí těla (např. nafukovací ortézy). Speciální pedagogika: Speciální pedagog provádí podobně jako ergoterapeut zcvik v používání některých kompenzačních pomůcek.

Bariéry v prostředí

Pohyb osoby s omezením hybnosti ve vnějším prostředí vyžaduje:
větší manipulační prostor (problém např. u tramvajových ostrůvků, které jsou široké 2 metry),
přehlednost řešeného prostředí,
označení prostor vyhrazených pro vozíčkáře,
u přechodů pro chodce nesmí být kluzký povrch, výškový rozdíl mezi úrovní chodníku a vozovky nesmí být vyšší než 2 cm,
respektování sníženého horizontu pohledu a snížení dosahové vzdálenosti.
Pro informační tabule platí, že dolní hrana by měla být ve výši 1 metr, horní hrana ve výšce 160 cm. Pro vozíčkáře je důležitá dosažitelnost poštovních schránek, bankomatů, automatů na občerstvení atd. Ruční ovládání světelné signalizace má být umístěno v dosahu vozíčkáře (cm),
průchozí pás o šířce minimálně cm, v případě zakřivení minimálně 150 cm.
Průchozí šířku je třeba dodržet i u sloupků, které zabraňují vjezdu, např. do nákupních center.

Bariéry ve vnitřním prostředí

rozlišuje mezi byty zvláštního určení a bezbariérovými byty. Oba typy bydlení mohou obsahovat pečovatelskou službu a zdravotnické zázemí. Bezbariérový byt je určen pro osoby s lehčím postižením, zatímco byt zvláštního určení je určen pro osoby s těžším postižením.

Požadavky na byty zvláštního určení se dle vyhlášky týkají:

nadstandardně řešený prostor respektující pravidlo kruhu o průměru 150 cm, dispozičního řešení – možnost průjezdu vozíku všemi místnostmi bytu,

dveřních průchodů – 900 mm v bytě, 800 mm vstupní dveře,

místností – možnost uplatnění pravidla kruhu o průměru 150 cm, což minimální potřebná vzdálenost mezi umístěním jednotlivých prvků,

lodžii a balkónů – hloubka minimálně 1500 mm,

koupelny – možnost upevnění madel, dosažitelnost a přístupnost všech prvků, páková vodovodní baterie atd.,

ovládacích prvků – umístění vypínačů, zásuvek, klik u dveří, jističů, držadla splachovače apod. ve výšce 600 – 1200 mm,

kuchyně – bezbariérová linka, dosažitelnost varného panelu, ovětrávání, pečící trouby apod.,

skříní – možnost otevření o 180 stupňů, vyklápěcí zařízení pro zavěšení oděvů, vstupu do objektu a pohybu v jeho neobytných prostorách.

Pomůcky pro lokomoci - přehled

Hole se drží horní končetinou, která je na protilehlé straně postižené dolní končetiny.

Berle francouzské mají objímku o předloktí pod loktem.

S ortopedickými vozíky se setkáváme většinou až u školních dětí - v dřívějším věku rodiče využívají obvykle zdravotní kočárky.

Vozíky se dělí na mechanické nebo elektrické, do interiéru nebo exteriéru, pro děti nebo dospělé. Specifické jsou vozíky sportovní, pro hygienu..,

Mechanické vozíky se obvykle skládají uchopením za střed sedadla a přitažením bočních částí vozíku k sobě.

Řízení vozíku jednou rukou umožňuje mechanický vozík pákový nebo vozík elektrický

Elektrický vozík můžeme ovládat různými joysticky (ovládáme i bradou, ústy, nohou...), světelnými displeji, popř. i hlasem.

U některých vozíků je speciálně vyrobená ortéza pro sed.

Rampy jsou pevné nebo skládací (tzv. nájezdové ližiny) a slouží k překonání výškového rozdílu.

Schodolez lze použít v případech, kdy není využitelná žádná jiná možnost (výtah, rampa, lyžiny, plošina).

Invalidní vozíky

nejčastější a nejvýznamnější kompenzační pomůckou

- „Invalidní vozík“ x wheelchair x Rollstuhl → židle na kolečkách x vozík pro nemocné x kolečkové křeslo
- Pro přesun i sezení (náhrada stoje i přecházení)
- Ustálen základní typ, tj. z kovových trubek a dvěma velkými a dvěma malými koly, je snadno ovladatelný, pohodlný a přes svou nízkou váhu poměrně stabilní a spolehlivý

Typy

- Základní typ
- Typ s velkými koly vpředu
- Typ vozíku pro oboustranně amputované
- Typ pro pohánění jednou rukou
- Typy s motorovým pohonem
- Vozíky pro jízdu po schodech
- Vozíky pro děti
- Vozíky odlehčené a zpevněné

Typ pro pohánění jednou rukou

- Na jedné straně dva hnací kruhy
- Při pohybu vpřed jsou svírány oba kruhy, při zatáčení pouze jeden
- Širší, dražší, problém ovládní z hlediska koordinace
- Využívají i lidé s oběma HK funkčními, ale druhou ruku používají k jiné činnosti

Typy s motorovým pohonem

- Základní typ + motor na akumulátory
- Požadavek na přeměnu na základní typ
- Převažují velká kola vpředu (snažší překonávání malých překážek)
- Ovládní minimální svalovou silou, tj. pomocí páčky u opěrky předloktí
- Pro ovládní lze použít – hlavu, dýchání do trubice, „oči“
- Některé typy do terénu a některé obsahují elektromotor pro pohon pákového mechanismu s možností uvést pacienta do stoje

Vozíky pro jízdu po schodech

- Nízký vozík a housenkové pásy
- Tři kolečka upevněná do trojúhelníku
- Nutnost další osoby

Počítače – speciální hardware

Přístup k počítači umožňují různé druhy spínačů, které reagují na jakýkoliv pohyb, kterého je daný uživatel schopen (pohyb víčka, fouknutí vzduchu z úst do trubičky apod.). Podle toho se tyto spínače dělí na pneumatické (např. IntegraSwitch), membránové, magnetická (magnet může být umístěn např. na botě uživatele) aj. Trackball nahrazuje pohyb myši po stole pouhým otočením kuličky na jednom místě.

IntegraMouse – ústy ovládaná myš, která prostřednictvím nádechu a výdechu přes náustek funkčně plně nahrazuje standardní myš (vhodná pro osoby se svalovými dystrofiemi, amputací nebo těžkými formami centrálních obrn).

Náhradu myši představuje taktilní monitor, který reaguje na dotyk na ploše monitoru a používá se např. u osob s kombinovaným postižením.

Velkoplošné klávesnice s redukcí kláves, např. Big Keys jsou vhodné pro osoby s centrálními obrnami, zmenšené nebo půlené klávesnice pro osoby s omezeným rozsahem pohybu, Pro osoby s omezenou svalovou silou (např. progresivní svalové dystrofie) lze docílit také nastavení síly úhozu nebo stisku klávesy. Někdy bývá klávesnice nahrazena tzv. obrazkovou klávesnicí, přičemž na části obrazovky se zobrazuje její schéma a pomocí kurzoru a myši se po něm pohybujeme a píšeme. Ochránce kláves (Keyguard) představuje plexisklo s vyřezanými otvory pro jednotlivé klávesy, které brání nechtěnému stisku jiných kláves (pro osoby s ataxií, spastickými a dyskinetickými typy centrálních obrn).

Počítače – speciální software

Hlasové výstupy slouží jako náhrada ztracené řeči nebo omezené schopnosti mluvit.

Užitečné jsou také programy expanze zkratek a předvídání slov, které mohou po zadání prvních písmen uživateli nabízet nejen celá slova, ale také věty či fráze. Tyto programy reagují na skutečnost, že psaní libovolného textu je pro člověka s těžkým TP časově mnohem náročnější a únavnější.

Programy Jet Voice nebo My Voice umožňují ovládat počítač hlasem, např. tím, že zvukové podněty uživatele nahrazují funkce myši, programy převádí mluvené slovo do psané podoby, umožňují zadávat hlasové povely, spouštět softwarové programy, ovládat elektronickou poštu atd.

Bendová popisuje program 1 Klávesou, pomocí kterého lze psát texty jednou klávesou, popř. s dopomocí jednoho externího spínače. Program je vhodný pro osoby s těžkým TP.

Protézování Indikace protéz:

amputace končetin,
některé vrozené vývojové vady.

Dělení protéz:

kosmetické (např. náhrady prstů),
funkční (také robotické), které do určité míry kompenzují
ztracenou pohybovou funkci.

Nejdokonalejší forma funkční náhrady končetiny je tzv.
myoelektrická protéza.

Velké procento pacientů však psychicky protézu není schopna
přijmout, vadí jim menší rychlost při provádění aktivity
protézou, necitlivost protézy (ve srovnání s pahýlem končetiny)
apod.

U dětí je možné protézovat končetinu obvykle ve věku tří let.

Obrázky: vlevo kosmetická protéza, vpravo myoelektrická
protéza.

Stupně volnosti

Pro kloub můžeme určit....

Osy konkrétních segmentů, a odtud určit vzájemné relativní pohyby jednotlivých segmentů + osy kolem kterých segmenty rotují a k nim určit jejich relativní pohyb, a tím segmentů k sobě navzájem.

Každý kloub může mít maximálně 6 stupňů volnosti

- 3 translační**
- 3 rotační**

U určování stupňů volnosti / pohybu se zanedbávají nepatrné pohyby

Omezení stupňů volnosti

jsou potřeba síly k odstranění nebo omezení pohyblivosti

- **síly vznikají:**

- **tvarem kostí**

- **vazy**

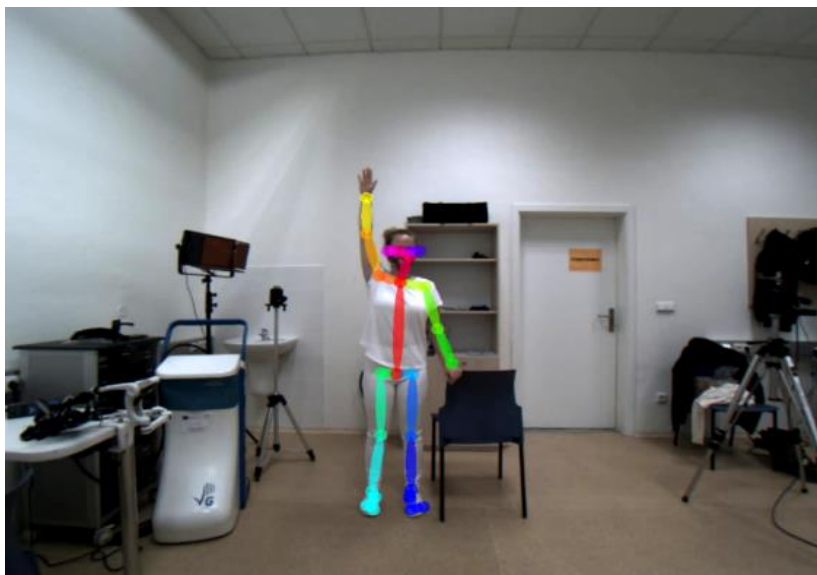
- **svaly**

- **měkkou tkání**

- **vnější (e.g. opírání se)**

- **výsledky poranění mají vliv – např. více omezí nebo naopak doplní stupeň volnosti**

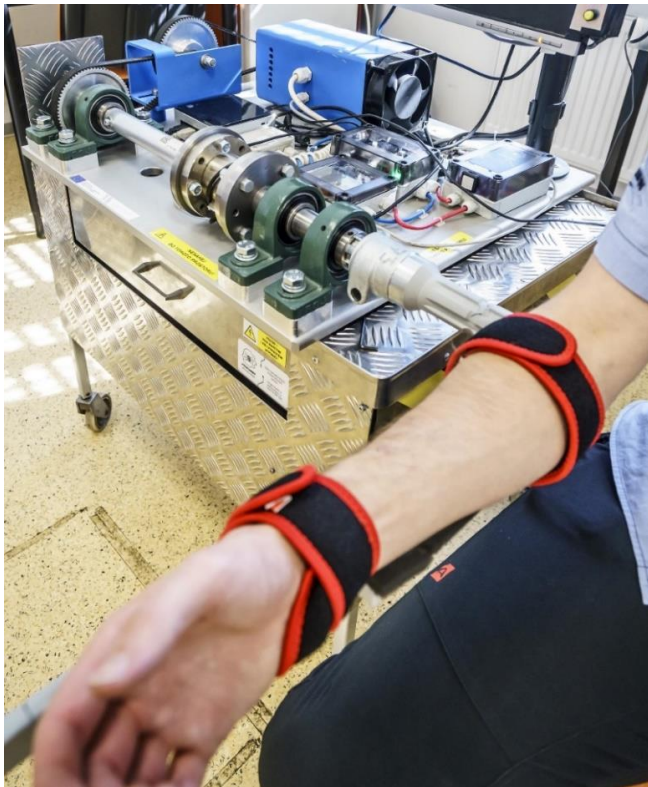
Tělo můžeme pro studium pohybu a silových poměrů v jeho jednotlivých částech popsat pomocí tzv. segmentového modelu těla



autorské dílo

určení zatížení částí těla podle typu působících sil

Např. kosterní systém je zatížen mnoha různými silami tak, že kost je zatížena v různých směrech. Tato zatížení pochází od tíhové síly, nesené hmotnosti, svalů a dalších vnějších sil.



autorské dílo



Metody měření a kvantitativního hodnocení postižení:

a)

- Přímé měření,
- Nepřímé měření – data získaná zprostředkovaně, např. výpočtem.

b)

- Invazivní měření,
- Neinvazivní – neovlivňují subjekt měření.

Metrologické charakteristiky :

Analýza pohybu - vede k analytickému popisu všech pohybů a souhybů živého organismu při řešení daného pohybového úkolu.

Syntéza pohybu - sleduje skladbou dílčích pohybů k dosažení celkového pohybu. Prostředky k studiu jsou simulace a animace.

Nástroje pro měření kinematických veličin a určení míry pohybového omezení

Kinematografie & Videografie

- Standardní video 30 snímků za sekundu
- Větší počet kamer zachytí více informací
- digitalizace a následně další možnosti analýz
- u některých syste. real-time sledování LED

Goniometr nebo Electrogoniometer

Gyro-akcelerometry

Magnetické MoCap systémy

3D Motion Capture

- Goal: always to describe the 6 DOF (3 translations/3 rotations)
- Types
 - Passive** (VICON, PEAK): no electrical devices worn by subjects
 - Active** (OPTITRACK, SELSPOT): LED on subjects body, always know what marker is on



Typy plošin podle využití:

- Siloměrné plošiny (pouze pro měřené kontaktní síly, tj. lepší váha)
- stabilometrické / balanční / dynamické (postulografické) plošiny (měření polohy kontaktní síly (CoP) a její velikost)
- Tlakoměrné plošiny (měření rozložené tlaku pod chodidly atp.)- bývají také v podobě koberců či vložek do bot.



1 – kamera, 2 – subjekt, 3 – prostor pro fixaci pohledu, 4 – kamera, 5 – plošiny, 6 – PC, 7 – přepravní box, 8 – montážní konstrukce

Protéza je umělá náhrada chybějící části těla

Druh použité technologie protézy se volí podle:

- zdravotního stavu před amputací,
- zdravotního stavu a pohybové aktivity po amputaci,
- motivace využití protetické náhrady,
- hmotnosti.

Protézy horních končetin:

- pažní modulární (případně se silikonovým návlekem)
- předloketní modulární se silikonovým návlekem
- předloketní ulpívající, laminátová
- pro exartikulaci v zápěstí
- pro částečnou amputaci ruky

Protézy dolních končetin:

- stehenní modulární
- pro exartikulaci v kyčelním kloubu
- pro exartikulaci v kolenním kloubu
- bércová se stehenní objímkou
- bércová modulární
- pro amputaci dle Symea, Pirogova, Choparta

Rozdělení protéz podle konstrukce :

Endoskeletární - nosným materiálem je vyztužená vnitřní část protézy, nebo jde obecně o protézu uvnitř těla.

Exoskeletární - nosným materiálem je vnější plášť, nebo jde obecně o protézu vnější.

Rozdělení protéz podle mechanismu ovládání :

Kosmetické - pouze esteticky nahrazují chybějící část těla

Mechanické pasivní - pružinový a lankový mechanismus zajišťuje pohyb

Aktivní - zajišťují umožňují pohyb buď vlastní silou uživatele (tahem, stiskem), vnější silou od aktuátorů.

Rozdělení aktivních protéz :

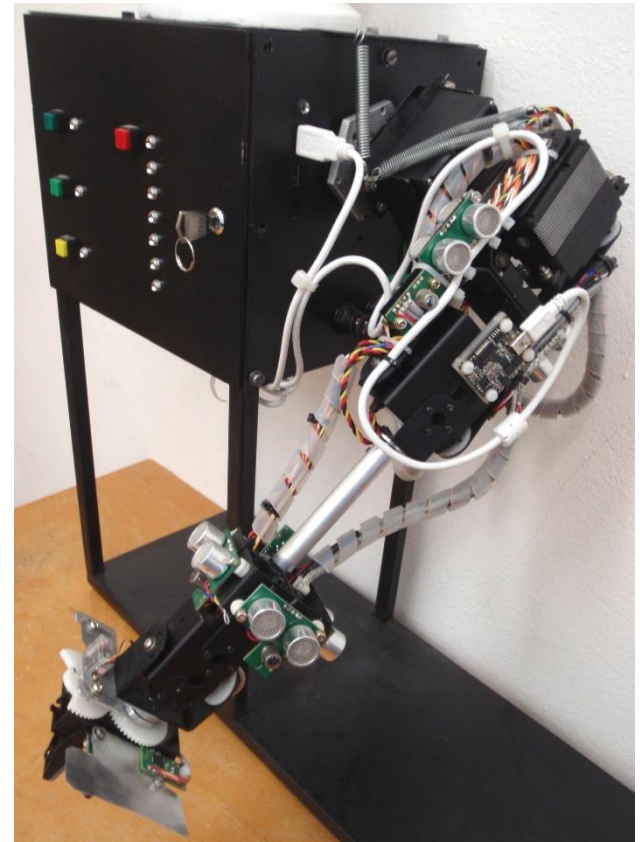
- myoelektrické,
- pneumatické,
- elektrické,
- kombinované.

Myoelektrické protézy

Protéza se vyrábí pro pažní, předloketní, zápěstní amputace a experimentálně také po amputaci ramene.

Čím větší poškození končetiny tím více jsou omezeny možnosti řízení

Řeší se dva základní problémy návrhu : návrh mechanické části a návrh systému řízení pohybů.



autorské dílo

Konstrukce protézy :

- skelet s mechanickým zápěstím obsahujícím procesor, využije EMG signál k řízení elektromotorků a převodovek,
- skelet je nejčastěji z dural, výměna (po dvou letech),
- dobíjecí akumulátor 6-7V je umístěn uvnitř skeletu,
- skelet/systém je kryt kosmetickou rukavicí,
- úchop je realizován kleštinami typu palec proti 2. a 3. prstu,
- rotace kleštin v zápěstí,
- řízení flexe a extenze motorického lokte alternativně k rotaci kleštin,
- digitální nebo proporcionální ovládání.

Experimentálně se testují :

- tlakové, či podtlakové umělé svaly,
- hydraulické a pneumatické motorky,
- materiály s tvarovou pamětí a materiály s různou dilatací.

Výhody myoelektrické protézy :

- mají lepší kosmetický vzhled než tahové protézy, vizuálně jsou nejmodernější protézy téměř stejné jako skutečná ruka.
- ovládání je nezávislé na pohybech ostatních částí těla,
- ulpívací typ pahýlového lůžka protéz umožňuje snazší a samostatné nasazování protéz,
- protéza umožňuje vysokou soběstačnost,
- kvalitnější přesnější úchop
- napomáhají k návratu do normálního života.

Nevýhody myoelektrické protézy :

- náročné naučit se ovládat dobře ovládat protézu,
- 2,5x těžší než kosmetická protéza,
- vysoká cena,
- větší poruchovost a nákladný servis,
- malá odolnost na mráz, nárazy, vlhkost a nečistoty,
- závislost na energetickém zdroji.

Endoprotézy

Jsou určeny k náhradě kloubů pohybového ústrojí.

Řešení návrhu endoprotéz se dělí na:

- Problém řešení kompatibility
 - biologické,
 - tvarové,
 - funkční,
 - materiálové, apod.
- Detekce mechanického namáhání
 - Metoda konečných prvků, aj.

Endoprotézy

Biologický kloub:

Sestava dvou kloubních konců spojená vazivovým aparátem v kloub, jehož povrch je smáčen kloubním mokem. =>

- Nepodařilo se technicky vyřešit velmi nízké tření.

Umělý kloub:

Objev kluzného systému kov & polyethylen. =>

- Ocelové slitiny nahradil titan, resp. slitina kobaltu, chromu a molybdenu.
- Hlavice v kloubu v minulosti kovové dnes keramické a zirkoniové.
- Životnost min.10 roků.

V současné medicíně je snahou při totální endoprotéze nahrazovat pouze poškozené kloubní plochy. Celý kloub většinou nebývá nahrazován. Operace je převážně náhrada povrchu kloubu a kloubní chrupavky.

Kloubní náhrady:

- **Kyčelní kloub :**
 - Cementované, hybridní, necementované.
 - Částečná nebo totální náhrada.
 - v ČR 10tis./rok, ve světě 250tis./rok implantací.
- **Kolenní kloub :**
 - Cementované, hybridní.
 - Částečná nebo totální náhrada.
 - Není ta časté, cca. poloviční počet implantací než u kyčelního kloubu.
- **Ramenní kloub :**
 - Cementované, necementované.
 - Méně časté použití (problematické výsledky se složitými náhradami).
- **Náhrada kotníku :**
 - Cementované, necementované s volně vloženou polyetylenovou vložkou.
 - Méně časté použití (pozitivní výsledky nových metod).
- **Loketní kloub, klouby zápěstí, hlezenní, drobné klouby nohou :**
 - Velmi složitá kloubní mechanika
 - Pouze experimentální náhrady, zatím se v praxi nevyužívají.

Zubní náhrady

zubní implantát (umělý zubní kořen, zavádí se obvykle do čelistní kosti)

zubní protéza (často nedrží a je nepříjemná) => hybridní zubní protéza (fixována na dvou titanových implantátech)

Protézy můžeme rozdělit na

statické - pouze odlehčují a stabilizují.

dynamické - energeticky pomáhají/ovlivňují chůzi, tj. ovlivňují řízení chůze. Jedná se o využití přizpůsobujícího se kolena nebo chodidla, které poskytuje nelineární závislost působící síly/momentu obdobnou jakou poskytuje skutečná končetina během chůze či běhu. Realizace je pomocí nelineárních pružin, speciálně uspořádanými hydraulickými písty nebo řízením hydraulických pístů nebo elektromotorků pomocí mikroprocesoru.

Při amputaci chodidla se využívá převážně pružinových mechanismů.

*Příkladem takovéto protézy je
DYNAMIC RESPONSE FEET*

Pružinový mechanismus, v zobrazeném případě z plastu, řídí pohyb paty během chůze a tím zaručuje symetrickou chůzi.

Důležité problémy řešení bérkové protézy :

- design lůžka protézy - zabránit volnému pohybu pahýlu,
- redukce síly na pahýl,
- maximální styková plocha mezi lůžkem protézy a pahýlem,
- způsob navlékání přes latexové rukávy a uchycení pomocí pásu.

Problémy technického návrhu :

- CAD-CAM design využitelný pro sériovou výrobu modulární konstrukce.
- Počítačový model protézy jednoduše modifikovatelný dle požadavků uživatele.

Kolení kloub – nejdůležitější komponenta protézy
- musí být lehký a bezpečný.

Řešení návrhu kolenního kloubu:

A. Jednoduchý mechanismus s manuálně jistícím mechanismem

Nevýhody :

- omezená funkčnost,
- nedovolují ohyb.

B. Mechanismus kolena dovolující jeho ohyb při odlehčení a zamknutí při překročení prahového zatížení

Řešení aktivace kolenního zámku :

- tlakem na patu,
- ohyb v kotníku.

Hydraulická kolena –

- umožňují pevný postoj i ohyb,
- možná úprava ohybové fáze podle individuálního způsobu chůze uživatele,
- hydraulic odpor proti ohybu,
- kolenní zámek je funkční v souladu s hyperextenzí,
- odemčení kloubu když se se zatížení spodní části protézy dostane pod prahovou hodnotu,
- možnost manuálního zamčení pro aktivity požadující vysokou stabilitu (řízení automobilu, stání v autobuse, atd.).

Druhy technického řešení :

A. Píst a hydraulický válec :

- Válec s otvory umožňuje kapalině průtok z jedné strany válce do opačné když se píst pohybuje.
- Rozložení otvorů ve válci určuje hodnotu tlumení.

B. Hydraulický válec a píst :

- Otvor na konci válce a elektromagneticky řízený ventil určuje průtok kapaliny.
- Mikroprocesorová kontrolní jednotka a hallův sensor polohy pro měření ohybu kolena.

3R80 Modular Rotary Hydraulic Knee Joint

- Aktivovaný zatížením,
- zachování pozvolného rytmu chůze,
- přesně nastavitelný,
- 135 stupňů ohebný,
- nezávisle hydraulicky nastavitelné a ovládané pokrčení a natažení protézy.

The Endolite intelligent prosthesis

- řízení všech fází chůze v různých režimech rychlosti/kadence chůze,
- 4-bit microprocessor který řídí jehlový ventil pomocí krokového motorku,
- programovatelný regulátor k zajištění optimálního tlumení v různých režimech chůze.

C-Leg kolení protéza

- Mikroprocesory řídí hydraulický systém, který přizpůsobuje protézu aktuálním podmínkám.
- Senzory snímají stav protézy/uživatele 50x za sekundu.

hlavní části:

- 1- hlavní procesor s A/D převodníkem
- 2- procesor řízení ventilu
- 3- senzory momentu v kotníku, úhlu v koleni a stavu baterie.
- 4- nabíjení baterie

Bezpečnostní hlediska konstrukce protéz dolních končetin :

Harmless prostheses design – k minimalizování možnosti zranění při zakopnutí, uklouznutí a pádu.

- Protetické náhrady končetin neposkytují zpětnou vazbu přes nervovou soustavu.
- Některé síly jsou přenášeny do protetického lůžka pahýlu, čímž je uživatel informován o stavu protézy.
- Některé protézy poskytují varovný zvuk nebo vibrace.

Jak mechanické tak statické protézy musí být dostatečně pevné a stabilní.

Musí být zaručena stabilita a technicky zajištěna prevence proti pádu.

Přehled použité a doporučené literatury

- [1] Beneš J., Stránský P., Vitek F.; *Základy lékařské biofyziky*, Praha: Nakladatelství Karolinum, 2007
- [2] Cretan M., Gafitanu M., Munteanu F.; *The geometrical parameters of the human intervertebral disc measured using CT and AUTOCAD*, Baia Mare: sborník příspěvků 7th International Multidisciplinary Conference, 2007
- [3] Daniel M., Mareš T.; *Experimentální biomechanika*, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2008
- [4] Devaris H., Morales M., Albino H.; *Engineering Biomechanics*, Mayagüez: University of Puerto Rico, 2003
- [5] Dungal P., Matějček M.; *Ortopedie*, Praha: Grada Publishing, 2005
- [6] Dylevský I.; *Funkční anatomie*, Praha: Grada Publishing, 2009
- [7] Fink A.; *A physicist's guide to the ear*, Northfield: Carleton College, 2004
- [8] Havránek A.; *Úvod do bioreologie*, Nakladatelství Karolinum, 2007
- [9] Hoffmann K.; *An introduction to measurements using strain gages*, Darmstadt: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, 1989
- [10] Hollister S.; *Biomechanics*, Michigan: University of Michigan, 2007
- [11] Hollister S.; *Biosolid Mechanics: Modeling and Applications*, Michigan: University of Michigan, 2007
- [12] Hynčík L., Martinec P., Cimrman R; *Kritéria poranění a jejich implementace do biomechanického modelu člověka, Dílčí zpráva o řešení projektu č. FT-TA/024*, 2007
- [13] Chundela L.; *Ergonomie*, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005
- [14] Chundela L.; *Strojírenská ergonomie - příklady*, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005
- [15] Klement J., Plánička F., Vlk M.; *Modelová podobnost, elektrická odporová tenzometrie, experimentální určování zbytkových napětí, vyhodnocení experimentálně získaných dat*, Plzeň: Západočeská univerzita, 2004
- [16] Kutílek P., Mikšovský J.; *Fyzikální praktikum I, II*, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2009
- [17] Nedoma J., Stehlík J., Bartoš M.; *Biomechanika lidského skeletu a umělých náhrad jeho částí*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2006
- [18] Otáhal S.; *Patobiomechanika a Patokinesiologie: kompendium*, Praha: Sdružené pracoviště funkční anatomie a biomechaniky University Karlovy a Českého vysokého učení technického v Praze, 2000 [cit. 2010-12-30]. Dostupné z WWW: <<http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpbk>>.
- [19] Petrtýl M., Lipanská E.; *Stavební mechanika 11 a 21: mechanika tuhých a poddajných těles v příkladech*, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2003
- [20] Shan G., Bohn Ch.; *Anthropometrical data and coefficients of regression related to gender and race*, Muenster: University of Muenster, 2003
- [21] Sosna A.; *Základy ortopedie*, Praha: Nakladatelství Triton, 2001
- [22] Standring S.; *Gray's anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*, London: Elsevier 2004
- [23] Šíblová H., Hlinecká J., Kačírková K.; *Vyšetřovací metody hybného systému*, Učební pomůcka k předmětu pro střední školy, 1995
- [24] Tempel B.; *The auditory system*, Washington: University of Washington, School of Medicine, 2007
- [25] Živčák J.; *Základy bioniky a biomechaniky*, Prešov: ManaCom, 2004