

Vysoké učení technické v Brně
Brno University of Technology

Fakulta strojního inženýrství
Ústav konstruování / Odbor průmyslového designu

Faculty of Mechanical Engineering
Institute of Machine and Industrial Design / Department of industrial design

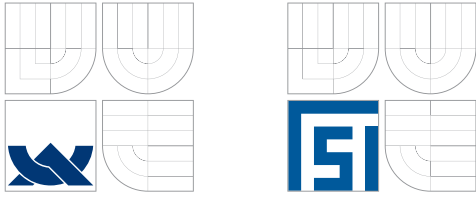
Design kompenzační pomůcky horní končetiny

Disertační práce
Dissertation Thesis

Autor práce: **Ing. Olga Minaříková**
Author

Brno 2011





Fakulta strojního inženýrství
Ústav konstruování / Odbor průmyslového designu

Faculty of Mechanical Engineering
Institute of Machine and Industrial Design / Department of industrial design

Design kompenzační pomůcky horní končetiny

Disertační práce
Dissertation Thesis

Autor práce: **Ing. Olga Minaříková**
Author

Vedoucí práce: **doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, ArtD.**
Supervisor

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ústavu konstruování, že mi umožnil věnovat se tomuto úkolu, a přeji všem jeho pracovníkům a zvláště těm, co mi pomáhali, hodně úspěchů. Děkuji pracovníkům z firmy MS Ortoprotetika Brno a ING Corporation Frýdek Místek za odborné konzultace. Zvláštní dík patří mému školiteli a vedoucímu disertační práce doc. akad. soch. Miroslavu Zvonkovi, ArtD. za všestrannou pomoc. Velký dík patří mé rodině a přátelům. Jsem velmi ráda, že jsem měla tu čest seznámit se s Tondou a jeho skvělou maminkou, kterým tímto děkuji za přátelství, trpělivost a podporu.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že jsem předloženou disertační práci vypracovala samostatně na základě uvedené literatury a za podpory školitele doc. akad. soch. Miroslava Zvonka, ArtD.

V Brně dne: 31. 10. 2011

Olga Minaříková

“Pro lidi bez postižení dělá technologie život jednodušším, pro lidi s postižením možným.”

(Martinez-Marrero & Estrada-Hernandez, 2008)

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MINAŘÍKOVÁ, O. Design kompenzační pomůcky horní končetiny. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 143s. Vedoucí disertační práce doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, ArtD.

ABSTRAKT

Tato disertační práce se zabývá novým přístupem k navrhování ortoprotetických kompenzačních pomůcek z hlediska mechanického řešení a netradičního designu. Práce byla řešena pro konkrétního pacienta s vrozeným postižením horních končetin zvaným fokomélie. Pro lidi postižené fokomélií (redukcí končetin) není v dnešní době na trhu k dispozici žádná adekvátní kompenzační pomůcka, která by plně respektovala topologii jejich těla a z toho vyplývající specifické potřeby. Řešení vzniklo na základě osobních konzultací a schůzek na specializovaném pracovišti, kde pro našeho pacienta byla vyrobena kompenzační pomůcka na míru, avšak způsobem a z dílů určených pro jiný druh postižení. Jak se ukázalo, používání této pomůcky je spojeno s celou řadou problémů, a proto se ve výsledku toto řešení ukázalo jako nevyhovující. Díky ní však bylo možné problémy blíže specifikovat, odhalit důležité zákonitosti a poukázat na nutnost vývoje zcela nové a unikátní pomůcky speciálně pro pacienty postižené fokomélií. Práce vychází z těchto nabytých zjištění a z rešeršních poznatků z oblasti ortotiky, protetiky, kompenzačních pomůcek a protetického vybavení. Následně byl proveden kompletní redesign, jehož cílem bylo odstranit všechny zjištěné problémy. Výsledkem práce, která je zde předkládána, je jedinečná pomůcka pro osoby se specifickým vrozeným postižením horních končetin, která nese pracovní označení **4TE**. Hlavní důraz je v práci kladen na funkčnost, komfort a tomu odpovídající design. Netradiční koncept a tvarování pomůcky přináší tyto výhody: široký rozsah pohybů, pocit dotyku, intuitivní ovládání, větší komfort používání, atraktivní vzhled. Tyto parametry pozitivně působí na osamostatnění handicapovaných osob, zkvalitnění jejich života a psychickou pohodu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ortopedické protetiky, fokomélie, vrozené vývojové vady horních končetin, design, redesign, kompenzační pomůcka, handicap

ABSTRACT

This work deals with a new approach of designing ortho-prosthetic devices in terms of mechanical solution and innovative design. The work was addressed to a specific patient with congenital malformation of upper limbs called phocomelia. A custom-made compensatory aid was made on basis of personal consultations and meetings on specialized workplace; however the aid was built in a way and from parts for other kind of disability. As it turned out, the use of this equipment is associated with many complications, and therefore as a result, this solution proved as unsatisfactory. Nevertheless, thanks to this compensation aid it was possible to specify the problems, to reveal important patterns and highlight the needs for development of entirely new and unique aid designed for patients with phocomelia disability. The work is based on these findings and knowledge acquired from bibliographic search in the field of orthotics, prosthetics, assistive devices and prosthetic equipment. A complete redesign was done with the aim to eliminate all detected problems. The presented result is a unique tool for people with specific congenital disability of upper limbs, with working label 4TE.

KEY WORDS

orthoprosthetics, phocomelia, congenital malformation of upper limb, design, redesign, assistive devices, assistive device, handicap

OBSAH

1 ÚVOD	11
1.1 Co práci předcházelo	11
1.2 Pacient	12
1.2.1 Osobní konzultace	12
1.2.2 3D skeny	12
1.2.3 Sádrový odlitek	14
1.2.4 Měření	15
1.3 DynamicArm 12K100	15
1.3.1 O firmě MS ortoprotetika	15
1.3.2 O firmě Otto Bock HealthCare	16
1.4 Problémy k řešení	16
1.5 Priority	16
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	19
2.1 Design / Redesign	19
2.1.1 Co je design	19
2.1.2 Co je redesign	19
2.2 Vrozené vývojové vady	19
2.2.1 Fokomélie	20
2.3 Člověk a jeho ruce	21
2.3.1 Pohybové omezení a psychický dopad na člověka	21
2.3.2 Význam pohybu pro člověka	22
2.3.3 Funkce rukou	23
2.3.4 Typy úchopů	23
2.4 Ortopedická protetika	25
2.4.1 Co je protéza	25
2.4.2 Pomůcky v ortopedické protetice	26
2.5 Základní rozdělení umělých paží v protetice	28
2.5.1 Myoelektrická protéza	28
2.5.2 Protéza ovládaná táhlem	28
2.5.3 Kosmetická protéza	29
2.6 Stavba ortoprotetických pomůcek	29
2.6.1 Základní požadavky	30
2.6.2 Získávání měrných podkladů	30
2.7 Příklady běžně dostupné protetiky horních končetin	31
2.7.1 Myoelektrická protetika	31
2.7.2 Tahem ovládané protézy	38
2.7.3 Kosmetické protézy	41
2.8 Netradiční protetika	43
2.8.1 Bionická ruka i-LIMB Hand™	43
2.8.2 Luke / DARPA	45
2.8.3 Proto 1 / DARPA	46
2.8.4 Design protetiky budoucnosti	48
2.9 Vědecké články zabývající se danou problematikou	49

3 ZHODNOCENÍ POZNATKŮ ZÍSKANÝCH NA ZÁKLADĚ REŠERŠE A FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU	63
3.1 Zhodnocení rešeršní části	63
3.2 Formulace řešeného problému	63
3.2.1 Schémata	63
4 VYMEZENÍ CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	67
5 METODY PŘÍSTUPU A NÁVRH ZPŮSOBU ŘEŠENÍ	69
5.1 Kompenzační pomůcka DynamicArm 12K100	69
5.1.1 Jak vznikala	70
5.1.2 Díly	74
5.1.3 Specifika	76
5.1.4 Pozice	78
5.1.5 Typy úchopů	79
5.1.6 Ovládání	79
5.1.7 Komfort nošení	80
5.1.8 Vzhled	81
5.1.9 Výhody a nevýhody	82
5.2 4TE pomůcka – výsledný design	83
5.2.1 Jak vznikala	84
5.2.2 Specifika	93
5.2.3 Pozice	99
5.2.4 Chapadla – typy úchopů	109
5.2.5 Ovládání	112
5.2.6 Komfort nošení	116
5.2.7 Vzhled	117
5.2.8 Výhody a nevýhody	117
6 ANALÝZA A INTERPRETACE ZÍSKANÝCH POZNATKŮ	119
6.1 Srovnání vlastností obou pomůcek	119
6.2 Vliv na zdraví uživatele	122
6.2.1 Rozložení hmotnosti a držení těla	122
6.2.2 Uchycení na těle a zdravotní komplikace	122
6.3 Manipulační prostor	122
6.4 Vzhled	128
7 ZÁVĚR A POHLED DO BUDOUCNA	129
7.1 Splnění cílů práce	129
7.2 Další možný postup výzkumu	131
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	133
VYSVĚTLIVKY ODBORNÝCH VÝRAZŮ	133
SEZNAM OBRÁZKŮ	134
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	137
PUBLIKACE AUTORA	141
PŘÍLOHY	143

1 ÚVOD

1

V současné době žije v České republice přibližně 1 930 000 lidí se zdravotním postižením (tj. osob se speciálními potřebami). Z toho je asi 300 000 osob s vadami pohybového aparátu. (viz. Národní plán opatření pro snížení negativních důsledků zdravotního postižení, 1993) [1]. Oblasti protetiky a ortotiky jsou příkladem lidské snahy o co největší usnadnění života postižených nebo – ať už krátkodobě nebo dlouhodobě – znevýhodněných pacientů. Vývoj a výroba kompenzačních pomůcek jsou nedílnou součástí moderního přístupu k osobám se speciálními potřebami.

Technická podpora pro tyto osoby v dnešní době nabízí řadu vysoce moderních pomůcek a zařízení, které se vyznačují jak vysokou úrovní technologického provedení a kvalitou materiálu, tak kvalitním a atraktivním designem. Nejdůležitější kritéria jako užité vlastnosti a komfort při používání se stále zlepšují s vývojem nových materiálů a technologií. Kvalitně školený personál ortoprotetických zařízení se postará o detailní vyšetření pacienta, provedení potřebných testů, zmapování jeho individuálních potřeb.

Stále však existují postižení, pro které v dnešní době nejsou žádné speciální kompenzační pomůcky dostupné. Pacienti postižení malformací horních končetin jsou většinou odkázáni na pomoc okolí nebo na alternativní a podomácku vyrobené pomůcky. Mají také možnost získat vysoce kvalitní pomůcku, která však vychází z dílů určených pro jiné postižení a její používání je tedy spojené s řadou problémů. Tato práce si vzala za cíl zmapovat zmíněnou oblast a ze získaných poznatků vyjít při vývoji unikátní pomůcky s pracovním označením **4TE**, která je určena pro osoby s vrozeným postižením horních končetin zvaným fokomélie.

1.1 Co práci předcházelo

1.1

Práce vznikla na popud rodiny a přátel postiženého chlapce. Z jejich strany vzešel dotaz, zda by bylo možné zkonstruovat jednoduchou pomůcku, kterou by pacient využil pro některé úkony během dne.

Následovalo vypsání tématu disertační práce na téma:

Design umělé ruky

Analýza práce ukázala, že vhodnější název pro tuto práci je:

Design kompenzační pomůcky

Během státní doktorské zkoušky bylo téma ještě více konkretizováno a vznikl finální název:

Design kompenzační pomůcky horní končetiny

1.2 Pacient

1.2.1 Osobní konzultace

Projekt **4TE** je cílen na konkrétní osobu, proto po celou dobu výzkumu, vývoje, a procesu redesignu byl postup konzultován a konfrontován přímo s ní. Jde o osobu osmnáctiletého muže s vrozenou vývojovou vadou zvanou fokomélie, viz kap. 2.2.1.

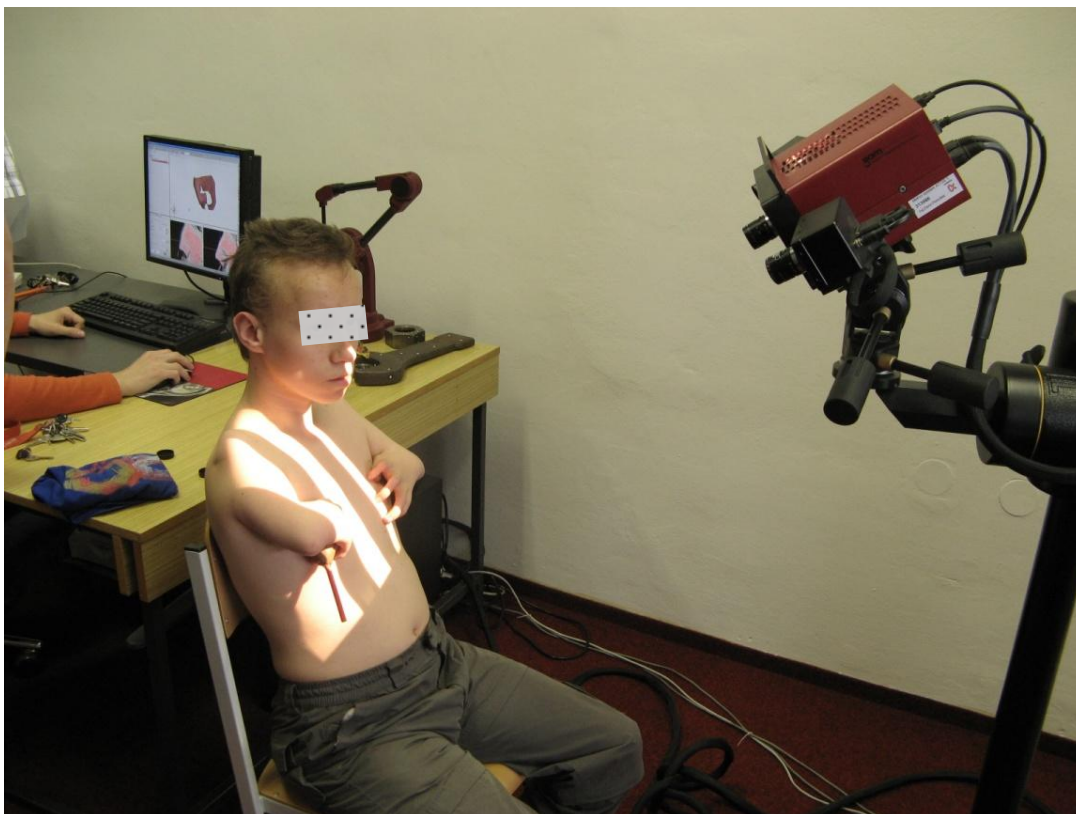


Obr. 1 Pacient

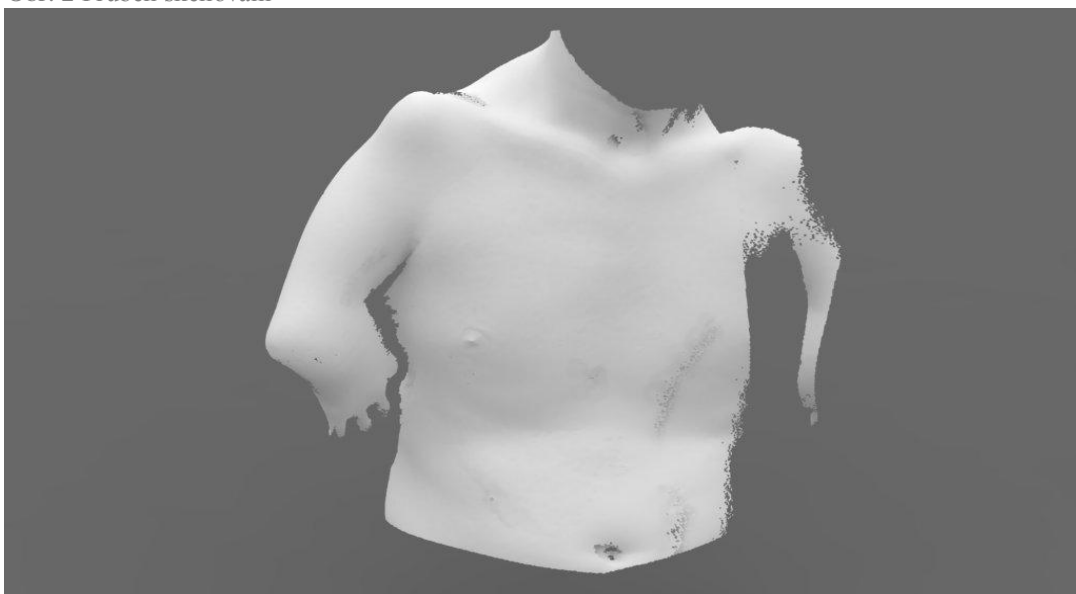
Do vývoje významně přispěla také blízká rodina postiženého se svými zkušenostmi a nápady. Díky těmto praktickým poznatkům bylo možné co nejefektivněji optimalizovat hlavně funkční parametry a vyřešit problémy s nasazováním a přichycením pomůcky. Osobní konzultace byly nepostradatelným prvkem práce, na kterém byl založen celý koncept. Bez něj by nebylo možné řešit dílčí úkoly a rovněž provést závěrečná srovnávací měření vybraných parametrů.

1.2.2 3D skeny

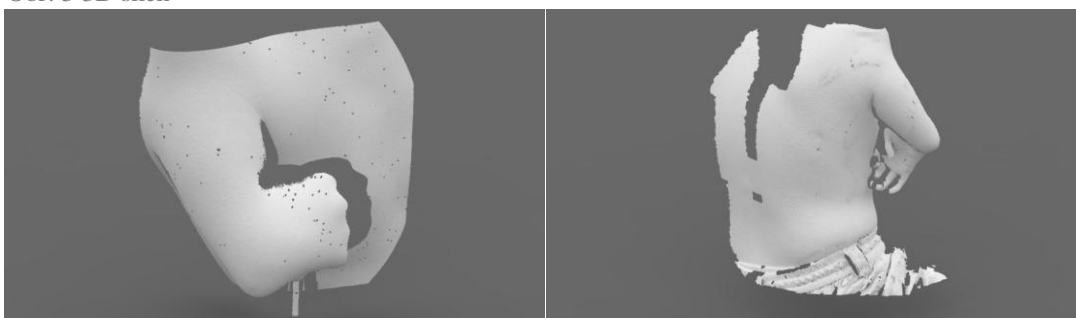
Bylo naskenováno několik 3D snímků systémem ATOS I rozlišením 2body/mm. Následně byl z těchto snímků v programu 3ds Max vytvořen kompletní model trupu a horních končetin, který posloužil při počítačovém navrhování.



Obr. 2 Průběh skenování



Obr. 3 3D sken



Obr. 4 3D skeny



Obr. 5 Přepracovaný model horní poloviny těla

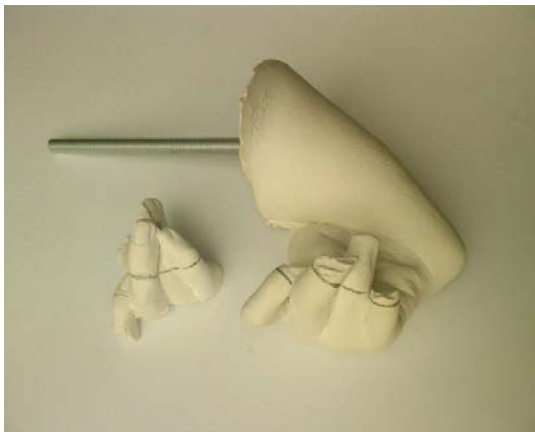
1.2.3 Sádrový odlitek

Za teoretické, praktické i materiální asistence pracovníků firmy ING corporation, s.r.o. Frýdek Místek bylo provedeno odlití pacientovy pravé ruky do alginátové otiskovací hmoty Elastic Cromo a následně vyroben sádrový odlitek.



Obr. 6 Snímání odlitku pravé ruky

Protože se kvůli tvarové složitosti nepodařilo odlít model v jednom kuse a konce prstů musely být odlity odděleně (Obr. 7), bylo nutné dodatečně spojit obě části (Obr. 8). Hotový model posloužil pro získání lepší prostorové představy při vývoji pomůcky **4TE**.



Obr. 7 Sádřový odlitek ruky



Obr. 8 Sádřový odlitek ruky po úpravě

1.2.4 Měření

Hlavně pro účely porovnání výsledného řešení (pomůcky **4TE**) s pomůckou DynamicArm 12K100 bylo s pacientem provedeno několik praktických měření. Výsledky měření jsou uvedeny v kapitole 6 od strany 119.

1.2.4

1.3 DynamicArm 12K100

Významným vstupem do této práce je kompenzační pomůcka vyrobená našemu pacientovi na míru specializovanou firmou MS ortoprotetika. Díky této pomůcce bylo možné objevit nedostatky, spojené s vývojem, výrobou a používáním pomůcky vyrobené klasickým způsobem z dílů dostupných na trhu a dané poznatky využít při návrhu pomůcky **4TE**.

1.3

1.3.1 O firmě MS ortoprotetika

Firma byla založena v roce 1993. Hlavním výrobním programem je individuální výroba ortopedicko-protetických pomůcek.

1.3.1

Spolupráce: únor 2010 – duben 2011

Tato specializovaná firma byla oslovena v únoru roku 2010 za účelem spolupráce na vývoji a výrobě pomůcky pro osobu se specifickou vrozenou vývojovou vadou. Prvotní představa, že bude možné do návrhu a hlavně tvarového pojetí pomůcky průběžně zasahovat, se nakonec ukázala jako nereálná. Důvodem byl fakt, že veškeré pomůcky, jejich součásti a příslušenství se skládají z ověřených dílů s příslušnými atesty a odpovídajících daným normám. Vývoj a výroba jakéhokoliv atypického dílu by byla příliš nákladná, složitá, nerentabilní a tudíž nemožná. Systém hrazení ortoprotetického vybavení zdravotní pojišťovnou takovýto postup neumožňuje.

Proto se přistoupilo k variantě, kdy firma vyrobí typizovanou pomůcku dle daných trendů. Proces jednotlivých konzultací bude dokumentován a poté bude proveden redesign této pomůcky, jehož výsledkem bude designéřský návrh.

Firmou MS ortoprotetika byla vyrobena pomůcka ze špičkových dílů vyráběných a dodávaných firmou Otto Bock, viz kap. 5.1.

Tato pomůcka nese tovární označení **DynamicArm 12K100**.

1.3.2 O firmě Otto Bock HealthCare

Společnost Otto Bock je moderní společnost s dlouholetou tradicí a se zastoupením ve 40 zemích a vývozními aktivitami ve více než 140 zemích světa. Zaměřuje se na oblast vývoje, výroby, distribuce a následné služby v oblasti technické ortopedie, medicínských produktů a rehabilitační a ošetrovatelské péče [2].

1.4 Problémy k řešení

Během práce bylo třeba nalézt řešení na vzniklé problémy:

jednoduchá ale maximálně funkční konstrukce

- možnost skládání
- široký rozsah pohybů
- možnost složeného pohybu

využití nosnosti zad

- komfort nošení
- příznivý dopad na držení těla

jednoduché nasazování a sundávání

- osamostatnění

ovládání rukama pacienta pomocí ovladače

- intuitivní ovládání
- zpětná vazba
- možnost složeného pohybu

nehumanizovaný vzhled

- přiznání technického charakteru
- atraktivní design

1.5 Priority

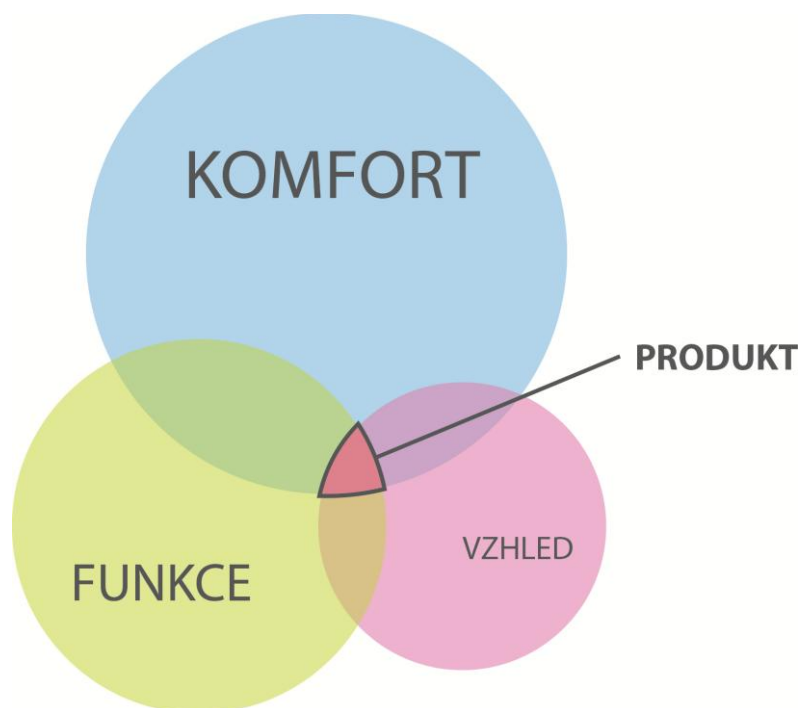
Při navrhování a výrobě v protetice vždy postupujeme tak, abychom vyhověli **třem základním požadavkům** [3], [4] dle jejich priority [Obr. 9]:

1. Komfort - Pomůcka může být sebekrásnější, ale je-li její nošení a používání nepohodlné nebo na obtíž, pak je nepoužitelná.

2. Funkce - je důležité kritérium při používání. Je zbytečné vyvíjet pomůcku, která nepřináší žádný užitek, nenabízí nebo nerozšiřuje o nové funkce nebo dokonce omezuje v činnostech, které bylo možné zvládnout bez použití pomůcky.

3. Vzhled - má sice nejmenší prioritu, ale je také důležitý. Celkový vzhled pomůcky se odráží v komfortu i funkci. Kvalitní design navíc pozitivně působí na psychiku člověka.

Všechny tři požadavky se navzájem ovlivňují a jsou jednotlivě rozebrány dále, viz kap. 2.6.1.



Obr. 9 Tři základní principy uplatňované při vývoji v protetice

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2

2.1 Design / Redesign

2.1

2.1.1 Co je design

2.1.1

Design – definovaný v nynějším slova smyslu jako koncepce a ztvárnění všech uměle vyráběných produktů – může být prostředkem zlepšování kvality života [5]. Design neboli užité umění je složka výtvorů člověka. Člověk ji mimovolně nebo cíleně vkládá do předmětů, které vytváří či přetváří. Design hraje v současné době v oblasti ortoprotetiky důležitou roli, přispívá k sociálnímu začlenění postižených osob a je prostředkem zlepšování kvality jejich života. Konvenčně je design chápán jako vzhledová složka objektu, ale správná definice jej klasifikuje jako vyvážené spojení mezi uměním, technikou a ergonomií. Stejně a nikoli náhodné spojení se více než kde jinde reprezentuje u protetických a ortoprotetických pomůcek, každodenních pomocníků ve světě postižených osob. Při řešení práce byl kladen zvýšený důraz na výrazové pojetí ve spojení s užitnou hodnotou pomůcky, tedy na design.

2.1.2 Co je redesign

2.1.2

Redesignem je možné nazvat proces přetvoření již stávajícího řešení věci a vytvoření něčeho nového. Nemusí se nutně jednat jen o hmotné inovace. V širším pojetí jej můžeme chápat také jako ideovou změnu.

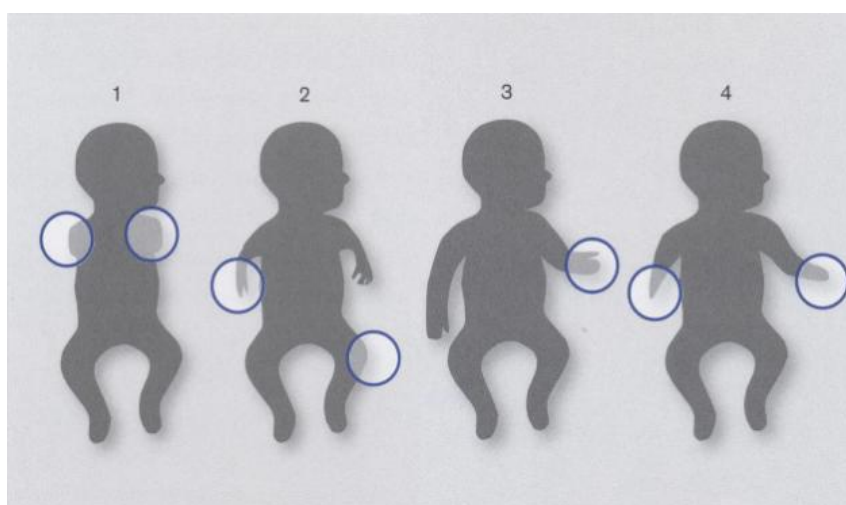
Každý redesign, má-li být úspěšný, musí přinést změnu k lepšímu a ne naopak.

2.2 Vrozené vývojové vady

2.2

Existuje mnoho druhů vrozených vad končetin a stejně tak mnoho způsobů, jakými je lze klasifikovat. Zde je uveden jednoduchý způsob klasifikace podle původní evropské kategorizace [6] - 4 skupiny (Obr. 10):

1. Amélie - kompletní absence paže
2. **Fokomélie** - ruka nebo její část je přímo napojena na rameno
3. Elektromélie - střední část paže chybí, zatímco ruka je zachována
4. Peromélie - ruka částečně chybí



Obr. 10 Malformace horních končetin [6]

2.2.1 Fokomélie

z gr. foco melos = tulení končetina

Fokomélií rozumíme kompletní podélný defekt na končetině. Častější je postižení končetiny horní, kde jsou postiženy kosti pažní (humerus), vřetenní (radius), loketní (ulna), eventuálně zápěstí. Více méně normální ruka nasedá přímo na pletenec ramenní [7].

Fokomelická paže se vyznačuje malou délkou, která je spojená s absencí svalové hmoty a tedy s nedostatečnou silou, kterou jsou paže a ruka schopny vyvinout. Paže nasedá přímo na pletenec ramenní a nemá loket, tím je výrazně omezena správná funkčnost celé paže a její manipulační prostor. Fokomelická ruka disponuje prsty, ale ty jsou v důsledku chybějících svalů a prstohybných šlach v předloktí značně oslabeny. Palec bývá často schoulen v dlani nebo zcela chybí [8]. V našem případě jde o první možnost – palec je nefunkční a neposkytuje opozici ostatním prstům.

Četnost výskytu

Fokomélie je velmi vzácná, prevalence: 4,024,000 v jedné populaci [9].

Prevalence = demografický ukazatel, poměr počtu nemocných k počtu obyvatel [10].

Léčba

Jedním ze způsobů léčby fokomélie je operační zákrok, při kterém dojde k prodloužení kosti v paži a k případné korekci jejího zakřivení. K zákroku však musí dojít ve velmi raném věku dítěte, kdy jsou tkáně ještě ve vývinu [11]. Byl také publikován případ, kdy byla u pacientky postižené fokomélií provedena výměna ramenního kloubu. Provedení tohoto chirurgického zákroku nezávisí na věku pacienta [12].

Fokomélie má dvě možné **příčiny vzniku**:

1. Na základě genetické vady.
2. Působením **TERATOGENU** (v průběhu morfogeneze pohybového aparátu, kritická perioda 4 – 7 týden těhotenství) [13], [14].

(Teratogen je exogenní faktor (např. chemická látka, záření apod.), který může způsobit narušení vývoje orgánu nebo poruchu jeho funkce během embryonálního či fetálního vývoje [15].)

Conterganová aféra (viz též str. 63)

Od 50. do začátku 60. let 20. století byla ve 46 státech podávána těhotným ženám uklidňující (sedativum) a uspávací (hypnotikum) látka thalidomid, předepisovaná pod názvem Contergan. Následně se v Evropě narodilo kolem 12 000 dětí s těžkými defekty končetin a v některých případech i s vnitřními postiženími. Na konci roku 1961 byla naznačena možná souvislost mezi zvýšením počtu novorozenců s vrozenou vývojovou vadou a užíváním tohoto léčiva. V prosinci 1961 došlo k podání prvních žalob proti výrobci. Později se ukázalo, že při výzkumu talidomidu byla zanedbána řada kroků, které mohly silný teratogenní efekt včas zachytit a následné katastrofě předejít. V roce 1962 byl lék stažen z celosvětového trhu [16].

V návaznosti na tuto nešťastnou událost a tedy zvýšený počet osob s postižením horních končetin byly v 60. letech vyvíjeny a zkoušeny pomůcky různého typu. Převážně šlo o upravené tahové/elektrické/pneumatické protézy, ovládané fokomelickou rukou.

Tuto problematiku zde prezentují vědecké články na str. 60 až 62.

Publikace pojednávající o této problematice jsou převážně z 60. let. Od té doby toto téma ustoupilo do pozadí natolik, že v dnešní době pomůcky tohoto typu nejsou řešeny z hlediska moderních přístupů a nedozvídáme se o nich z literatury ani od odborníků z praxe.

2.3 Člověk a jeho ruce

2.3

2.3.1 Pohybové omezení a psychický dopad na člověka

2.3.1

Kapitola týkající se psychiky člověka s pohybovým omezením je velmi významná z pohledu designéra, jehož prvotním cílem je navrhnout předmět denní potřeby, který bude jeho uživatel milovat pro jeho užité vlastnosti i vzhled, nebude se za něj stydět, nebude mu na obtíž a hlavně mu pomůže překonávat životní nesnáze. Takový předmět se pro něj pak stává nepostradatelným. Pokud tyto cíle budou splněny, dá se hovořit o zdařilé práci.

Vývoj člověka ve smyslu života jednoho jedince i ve smyslu evolučním je neodmyslitelně spjat s pohybem. Pohyb lze považovat za činitel ovlivňující nejen utváření vývoje tvaru a funkce organismu, ale i harmonický vývoj člověka jako osobnosti.

Umožnění pohybu tedy mobility, sebeobsluhy, seberealizace a sebeprezentace je pro člověka se sníženou schopností mobility ožehavým tématem a její ztráta může být příčinou psychických problémů, při nichž je nutná dočasná nebo trvalá pomoc odborníka – psychologa/psychiatra. Kritickým obdobím je doba zhoršování zdravotního stavu, při dlouhodobých nebo nevy léčitelných onemocněních, které končí ztrátou nebo omezením mobility, dále bezprostředně po vzniku postižení (např. po úraze).

U osob s vrozenými vadami je situace jednodušší, od malička s vadou vyrůstají, umí s ní žít a fungovat. Jejich kritickým obdobím je období dospívání, kdy si více než jindy uvědomujeme své tělo, vyrovnáváme se s jeho změnami a s nově vzniklými potřebami.

Není divu, že postižení lidé se za své indispozice stydí, straní se společnosti a uzavírají se do sebe, snaží se skrýt svou vadu nebo skrýt se docela.

O odstranění těchto bariér se po stránce psychologické snaží psychologie a psychiatrie a po technické stránce právě ortoprotetika vývojem a výrobou pomůcek, které osobám se speciálními potřebami usnadňují pohyb a fungování v životě obecně. Kvalitní ortoprotetické pomůcky mají tedy obrovský vliv i na psychiku člověka a psychická pohoda je u pacientů se specifickými potřebami důležitější než kde jinde.

2.3.2 Význam pohybu pro člověka

Význam pohybu pro člověka současné doby je možné definovat ve dvou rovinách:

- a) primární – zahrnující pohyby nezbytné k zajištění lidské existence, resp. k uspokojování základních lidských potřeb. Jde zejména o spontánní a reflexní pohyby.
- b) sekundární – prezentované pohyby, jež ovlivňují vývoj a kvalitu života člověka zejména po stránce tělesné, duševní a společenské. Jedná se o záměrné, plánovité a účelné pohyby vedoucí k existenčnímu zajištění jedince. Zpřístupňují jedinci přísun nových podnětů, informací a poznatků a zároveň jsou předpokladem k zajištění maximální úrovně jeho samostatnosti. Slouží k seberealizaci a sebe prezentaci člověka, umožňují mu navazovat sociální kontakty, výkon občanských práv a svobod. Jsou zdrojem zábavy a efektivního trávení volného času.

Lidské ruce a jejich funkce mají na činnost člověka obrovský vliv. Lidská paže má 22 stupňů volnosti. Člověk rukama provádí řadu nezbytných úkonů. Provádění úkonů a souborů úkonů (činností) v závislosti na funkci rukou člověka podle doby trvání, bývá nahrazováno termínem „sebeobsluha“. V následující tabulce (Obr. 11) je uvedeno základní rozdělení úkonů a několik příkladů.

ROZDĚLENÍ ÚKONŮ:	
celoživotní (primární potřeby):	
jíst, pít	získávat a připravovat potravu, distribuce do úst
spát	příprava lůžka
vyprazdňovat	
rozmnožovat se	
bránit se	útokům z okolí
chránit se	před pádem
	před pohybujícím se předmětem
každodenní:	
získávání informací pomocí hmatu	tlakem, tahem, poklepem, potěžkáním, potřepáním
manipulace	přenášení, držení, podpírání, jemná manipulace
hygiena	mytí, údržba těla (škrábání, česání, hygiena chrupu, údržba nehtů, doteky v obličejí)
oblékání	
komunikace	gestikulace, obsluha komunikačních zařízení (telefon, internet,...), psaní, fyzický kontakt (hlazení, doteky)
relaxace	sport, hobby (auto-moto,foto,...)
občasné:	
vzdělávání	čtení, psaní, kreslení, obsluha PC
vytváření	je zvláštní případ kombinace úkonů, v lidském životě velice důležitá z hlediska psychologického - „Každý člověk chce za sebou vidět výsledky své činnosti.“ Souvisí s prací a seberealizací.

Obr. 11 Rozdělení úkonů a příklady

Pacienti postižení fokomélií se v životě setkávají s řadou problémů. Hlavním z nich je nesoběstačnost, kdy jsou stále odkázáni na pomoc jiné osoby. Nedostatečný dosah při každodenních úkonech jim znemožňuje řadu běžných činností. Přesto jsou pacienti postižení fokomélií do jisté míry schopni sebeobsluhy. Za život se naučí, jak efektivně využít paže i omezenou funkci rukou. Chybějící opozici palce nahrazuje úchop mezi prostředníkem a prsteníkem. Dokážou psát, jíst lžičkou, ovládat mobilní telefon. Velkou nevýhodou je omezení obranné a ochranné funkce, např. při pádu.

2.3.3 Funkce rukou [17]

Ruka je důležitým, nesmírně činným párovým orgánem s mnohočetnou funkcí.

Úchopová funkce – je projevem uvědomělé volní koordinace složitých motorických pohybů jednotlivých svalových skupin. Ruka má svou sílu, obratnost, zručnost, schopnost obrany.

Hmatová funkce – v konečcích prstů jsou nejpočetnější seskupení, která umožňují nejdokonalejší diskriminační cití. Po zraku a sluchu získává člověk nejvíce informací o okolním světě pomocí hmatu.

Sociální funkce – ať již formou doteku nebo jako prostředek předání informace – gestikulace.

Zápěstí je funkční částí ruky. K základním funkcím ruky patří otevření a zavření ruky. K tomu je zapotřebí především síly, která je zajištěna kontrakcí svalů na předloktí. Je-li zapotřebí přesnosti, jsou uvedeny do funkce malé svalové jednotky.

Ruku lze rozdělit do **tří funkčních jednotek**:

- a) palec – má proti ostatním prstům schopnost opozice
- b) ukazovák a prostředník – k nejdůležitějším činnostem ruky dochází mezi palcem a těmito dvěma prsty
- c) prsteník a malík – tvoří podpůrnou skupinu ruky
(Funkční význam prstů klesá od palce k malíku.)

2.3.4 Typy úchopů [17]

Kvalita úchopu je závislá na hybnosti kloubů a síle svalové, na vzájemné svalové koordinaci a na povrchní a hluboké citlivosti. U správně provedeného úchopu musí zaujmout správné a účelné postavení nejen ruka a horní končetina, ale také tělo jako celek a jeho jednotlivé segmenty.

Lidské tělo je schopno těchto úchopů:

Primární – úchop rukou,

Sekundární – úchop pomocí jiných částí těla (např. zubů, přitlačením ruky nebo zápěstí k hrudníku, ke stehnům nebo stisk stehny),

Terciální – úchop s použitím technických pomůcek.

Z hlediska pracovních úchopových funkcí ruky je třeba rozlišit dva základní typy úchopů (Obr. 12):

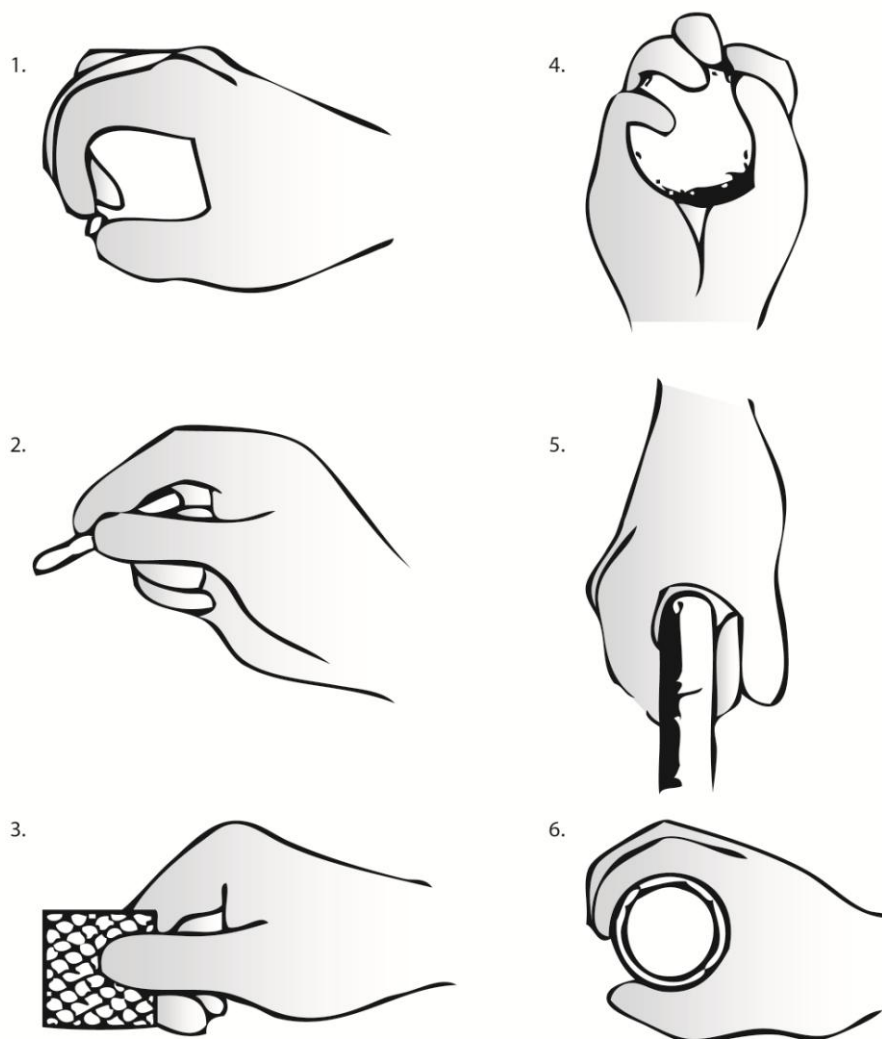
- a) úchop přesný
- b) úchop silový

a) přesný úchop:

1. štipec (pinzeta) – úchop dvěma prsty, slouží k udržení psacích potřeb a malých nástrojů
2. špetka – úchop třemi prsty, je možné sbírat malé předměty, provádět jemné práce
3. laterální úchop (klíčový) – mezi radiální stranu ukazováku a ulnární stranu druhého článku palce

b) silový úchop:

4. úchop míče nebo koule, která představuje základní pracovní postavení ruky
5. háček – slouží k nošení břemen
6. úchop válce až k sevření ruky do pěsti



Obr. 12 Způsoby úchopů [18]

Oba typy úchopů mohou mít různé varianty. Úchop silový může být kulatý, klešťový, válcový. Úchop přesný pak špetkový, tužkový, klíčový atd. Jak u různých typů činnosti, tak i v rámci jedné činnosti mohou být využívány různé typy úchopů. Tak např. při zašroubování žárovky se nejdříve uplatní přesný úchop k správnému nasazení žárovky a posléze silový úchop k zašroubování [17].

Co nejvěrnější přizpůsobení úchopu pomůcky k úchopům lidské ruky je při konstrukci protetických pomůcek jedním z nejdůležitějších cílů.

2.4 Ortopedická protetika

zkr. ortoprotetika

Protézování patří do oboru ortopedická protetika. Protetika - od řeckého slova prothesi - dávám náhradu - je nauka o náhradách částí lidského těla. Přívlastek "ortopedická" byl přidán proto, aby se odlišila protetika jiných oborů (např. zubní) a zdůraznilo se soustředění na nosně pohybový aparát člověka.

Ortopedická protetika je medicínsko - technický obor léčebně preventivní péče, který se zabývá diagnostikou, léčením, výzkumem a vývojem způsobů stavby a užití náhrad tělních defektů, korekce nebo funkční kompenzace deformit a vrozených vad a náhrad ztracených nebo oslabených pohybových funkcí nosně - pohybového aparátu člověka [19].

Všechny ortoprotetické pomůcky mají především za cíl umožnit pracovní a sociální začlenění tělesně postižených.

Ortopedická protetika se dělí do těchto okruhů [3], [19], [20]:

epitetika - nauka o nefunkčních, pouze kosmetických náhradách

ortotika - nauka o náhradách ztracené nebo omezené funkce

protetika vlastní - nauka o náhradách ztracené části končetiny a její funkce

adjuvatika - nauka o kompenzačních, doplňujících pomůckách

proteometrie - nauka o snímání měrných podkladů a stavbě náhrad

kalceotika - nauka o stavbě ortopedické obuvi

2.4.1 Co je protéza

Protézou rozumíme technickou pomůcku, která nahrazuje ztracenou část končetiny. Hlavní význam protézy spočívá v návratu ztracené funkce a v kosmetickém krytí pahýlu. Protéza také často působí jako prevence zhoršení vady nebo celého zdravotního stavu pacienta. Upravuje ztrátu parciálních těžišť a tím mimo jiné upravuje polohu celkového tělního těžiště, rovnováhu postiženého, rozvoj přilehlého svalstva a místní i celkovou hybnost postiženého [19].

Protéza sice nahrazuje chybějící část končetiny, ale není její plnohodnotnou substitucí. Použití této technické pomůcky má své zákonitosti a omezení. V posledních letech se v protetice zrychlil vývoj nových technologií a materiálů (termoplasty, lehké kovy) používaných při výrobě umělých náhrad končetin. To přispívá k jednoduššímu, spolehlivějšímu a komfortnějšímu používání protetických pomůcek. I mladým uživatelům se rozšiřují možnosti k zajištění běžných i nadstandardních pohybových aktivit. Druh použité technologie a sestavu komponentů pro zhotovení protézy volí vždy protetický technik podle posouzení zdravotního stavu a pohybové aktivity a podle pozitivní motivace využití protetické náhrady [21].

2.4.2 Pomůcky v ortopedické protetice

V této kapitole uvádím dvě nejvýznamnější skupiny pomůcek, na které má disertační práce nejsilnější návaznost – ergotechnické a protetické.

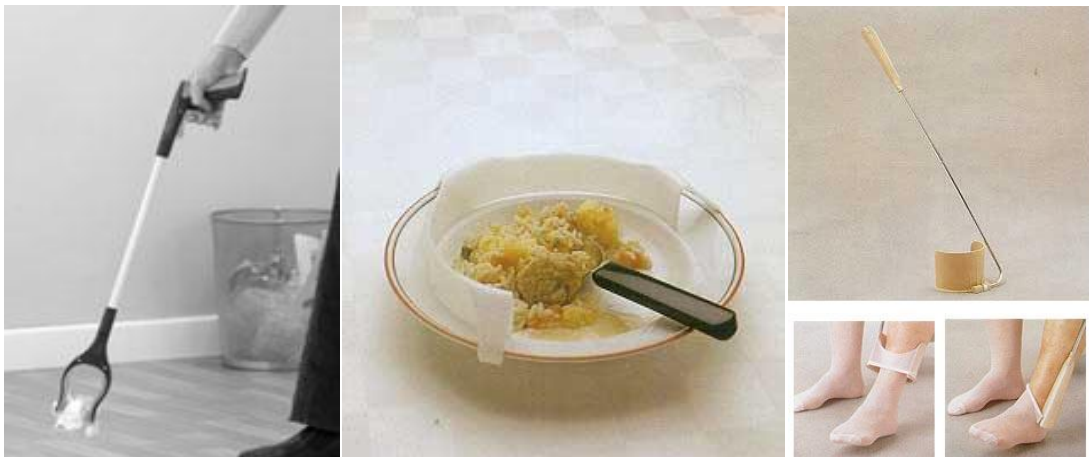
Ergotechnické proto, že pomůcka 4TE má po koncepční stránce blíže k této skupině. Protetické pomůcky uvádím z důvodu návaznosti na pomůcku vyrobenou firmou MS ortoprotetika, která se skládá výhradě z dílů určených pro běžnou protetiku.

Ergotechnické pomůcky [20], [22]

Nazývají se také sebeobslužné prostředky = adjuvatika. Člověku s omezenou hybností slouží k tomu, aby dokázal samostatně zvládat běžné praktické úkony spojené např. s přípravou pokrmů a jejich konzumací, s oblékáním a svlékáním ale i s realizací volnočasových aktivit. Lze je použít pouze pro činnost, pro kterou jsou určeny.

Na trhu je dostupná široká škála speciálních předmětů s různými funkcemi:

kuchyňské prostředky, podavače, zapínače a rozepínače knoflíků, navlékač ponožek a punčoch, speciální lžíce do bot, terapeutické nůžky, pomůcky pro usnadnění otevírání a odemykání dveří, pomůcky pro ovládání počítače, speciální nůžky atd.

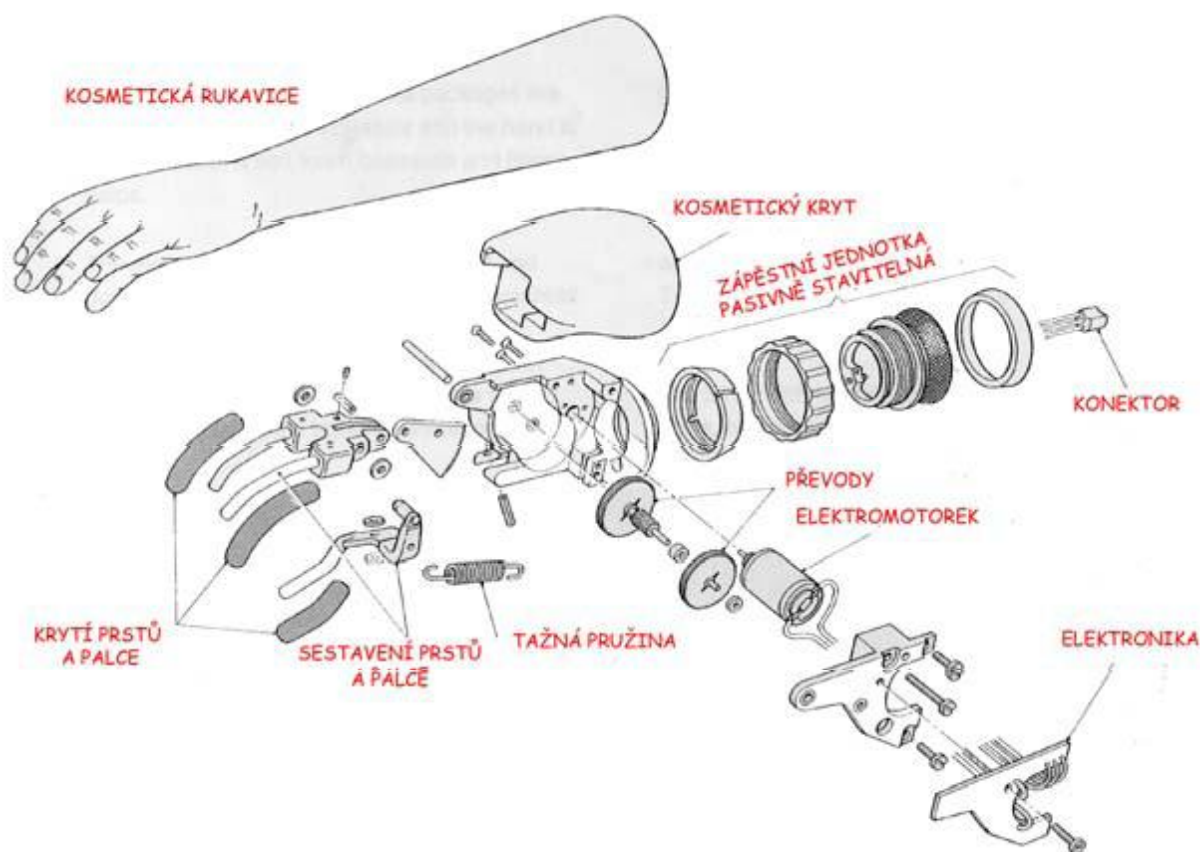


Obr. 13 Ergotechnické pomůcky (podavač, talířová obruba, navlékač punčoch) [22]

Protetické pomůcky [20]

Protézy horních končetin slouží k obnovení nejdůležitějších funkcí amputované ruky (úchop apod.) a jejího vnějšího vzhledu.

S technickým pokrokem dochází i k rozvoji konstrukce, vzhledu a funkčních možností umělých paží. Vznikají nové principy a způsoby úchopu ruky, dochází k odlehčení paže díky novým lehkým slitinám. Z kosmetického hlediska jsou paže téměř k nerozeznání od skutečných. Způsoby přichycení protéz k pahýlu jsou jednodušší, rychlejší a hlavně komfortnější, čímž dochází také ke snížení rizika zdravotních komplikací. U nejmodernějších protéz se setkáváme také s otáčivým zápěstím a s pětiprstými chapadly, kde každý prst má vlastní servomotor.



Obr. 14 Díly myoelektrické protézy [23]

2.5 Základní rozdělení umělých paží v protetice [24], [25]

2.5.1 Myoelektrická protéza (viz kap. 2.7.1)

Je externě poháněná, tzn. není poháněná svaly pacienta. Je nejvíce pokroková, avšak také nejdražší a nejnáchylnější na poškození. Tato protéza je řízena myoelektrickými signály, které jsou snímány na kůži pacienta pomocí elektrod, jde tedy o využití biochemického procesu ve svalech. Tato protéza je závislá na občasném dobíjení baterie.

Na základě speciálního vyšetření se nejdříve zjistí, zda je pro budoucí uživatele tento typ pomůcky vhodný. Protéza se vyrábí pro pažní, předloketní a zápěstní amputace.



Obr. 15 Protéza myoelektrická [24]

Pomůcka DynamicArm 12K100 patří právě do této skupiny protetiky.

2.5.2 Protéza ovládaná táhlem (mechanická)

Je poháněná tělem pacienta pomocí táhla, které bývá pomocí popruhu upevněno nejčastěji kolem ramen. Pacient ovládá úchop pohybem ramen a trupu. Nácvik manipulace s protézou vyžaduje delší trénink. Její použití je vhodné zejména při těžké práci a při práci ve vlhkém prostředí. U tohoto typu protézy bývá nejčastěji použit jako zakončení hák. (viz kap. 2.7.2)



Obr. 16 Protéza ovládaná táhlem [24]

2.5.3 Kosmetická protéza

Nazývá se také pasivní protéza. Kosmetické protézy jsou určeny pro pacienty, pro něž je důležité především krytí pahýlu a nenápadný vzhled. Určitou podporu však poskytuje a to i zpětnou. Vyznačuje se nízkou váhou. (viz kap. 2.7.3)



Obr. 17 Protéza kosmetická [24]

2.6 Stavba ortoprotetických pomůcek [20]

Vývoj a výroba ortoprotetických pomůcek je dlouhý proces strukturovaný do několika kroků. Tvorba takové pomůcky, od první návštěvy pacienta v ortoprotetické firmě až do konečného předání pomůcky, trvá v řádu měsíců. Následuje návyk pacienta na pomůcku a dodatečné úpravy, které mohou trvat také právě tak dlouho. Ani potom ale práce nekončí. I během používání pomůcky dochází pacient na občasné servisní kontroly a výměny opotřebovaných nebo zašlých částí.

Vývoj a výroba pomůcky DynamicArm 12K100 trvala 14 měsíců. Nyní stále probíhá fáze návyku na pomůcku a učení ovládání, testování a odhalování nedostatků,

Stavba ortoprotetických pomůcek v sobě zahrnuje všechny teoretické a praktické vědomosti a postupy potřebné pro:

- a) získání měrných podkladů včetně vyšetření pohyblivosti
- b) vypracování ideového návrhu pomůcky
- c) zaměření podle zásad stavby a individuality pacienta
- d) návrh řešení jednotlivých etap stavby modelu
- e) provádění zkoušek a navrhování úprav a oprav modelu
- f) objektivní posuzování rozpracované nebo dokončené pomůcky

Východiskem při stavbě ortoprotetických pomůcek, o které se technik opírá je:

- a) změna, pro kterou se pomůcka navrhuje
- b) pohyblivost pacienta a možnost jejího využití, případně ovlivnění
- c) znalost stavby, pomůcek pro stavbu, polotovarů a materiálů a jejich správné zpracování v ortopedické protetice
- d) předpokládané funkce předepsané pomůcky a možnost jejich variant a substitucí

2.6.1 Základní požadavky [3], [4]

Komfort

Komfort pomůcky souvisí s typem a provedením uchycení k tělu pacienta, které je kritickou částí. Vyhovující uložení a mechanismus musí uživateli protězy zabezpečit dlouhodobý komfort, eliminovat bolest a diskomfort, poskytovat dostatečnou oporu a stabilitu, umožňovat snadnou aplikaci a údržbu. Nevyhovuje-li uchycení, potom je nevyhovující celá pomůcka. Proto je tomuto kroku věnována velká pozornost.

Funkce

Funkce je určena optimálním výběrem protetických dílů (protetické chapadlo a klouby) a jejich vhodným prostorovým umístěním do sestavy. Správnou volbou dílů protězy, která je založená na funkční indikaci, umožňujeme plně využít schopnosti uživatele. Při stavbě pomůcky se uplatňují znalosti z bioniky a využívají moderní diagnostické postupy. Správně navržená a sestavená ortoprotetická pomůcka potom nepředstavuje pro jejího uživatele technické omezení.

Vzhled

Vzhledem protězy rozumíme její tvarové, barevné a materiálové provedení. Cílem je dosažení akceptovatelného vzhledu protězy, který však může být limitován uspořádáním protězy, použitými díly a cenovými limity na pomůcku. Nejčastější snahou je přiblížit se přirozenému vzhledu končetiny a jak je to i u pomůcky DynamicArm 12K100. Protěza je kryta kosmetickým krytem z pěnové umělé hmoty a přibližuje se i tuhostí lidskému tělu. Pro tato řešení se užívá termín **humanizace protéz**.

V protetice horních končetin se však v poslední době začíná projevovat nový trend, který se již dříve uplatnil u protetiky končetin dolních. Pacienti začínají čím dál více preferovat technický vzhled pomůcek a odmítají kosmetické krytí připodobňující zdravou ruku.

Splnění základních požadavků na protězu realizujeme s využitím týmového multidisciplinárního přístupu, tj. efektivní spolupráce lékaře, fyzioterapeuta, protetika, pacienta a členů jeho rodiny.

2.6.2 Získávání měrných podkladů [20]

Měrné podklady patří mezi základní dokumentaci ortopedicko-protetického pacienta. Obsahují nejen registr získaných měrných hodnot pacienta, ale i údaje o jeho aktuálním stavu ve vztahu k navrhované pomůcce. Jejich správné zachycení umožní vybrat nebo zhotovit vhodné polotovary, vytvarovat části pomůcky, které se přímo dotýkají těla pacienta a můžou ho pozitivně nebo negativně ovlivňovat.

Mezi medicínské údaje patří zejména záznamy o omezené nebo chybějící nebo naopak nadměrné pohyblivosti některých tělních segmentů, necitlivost pokožky v určité oblasti těla, zánětlivé nebo jizvové změny, upozornění na zvýšenou citlivost určitých míst na těle.

2.7 Příklady běžně dostupné protetiky horních končetin

2.7

2.7.1 Myoelektrická protetika

2.7.1



Obr. 18 Chapadlo myoelektrické protézy [26]

MyoHand VariPlus Speed®/ Otto Bock

Ottobock : Users & Patients [online]. 2011 [cit. 2011-08-10]. MyoHand VariPlus Speed®. Dostupné z WWW: <http://www.ottobock.com/cps/rde/xbcr/ob_com_en/im_646d321_gb_myohand_variplus_speed.pdf>.[27]

Systém elektrické ruky MyoHand VariPlus Speed® s tříprstovým špetkovým úchopem je klasickým moderním řešením pro pacienty s jednostrannou nebo oboustrannou amputací, u kterých je použití řízení protézy biosignály možné.

Přehled vlastností

Toto vybavení splňuje požadavky z hlediska vysoké funkcionality, dlouhé životnosti, malé náchylnosti na defekty, vysoké úchopové rychlosti a síly, splňuje požadavky na nízkou hmotnost, nízkou spotřebu energie a přirozený vzhled.

Sestává z mechaniky, vnitřní ruky a kosmetické rukavice. Je k dispozici ve třech velikostech a nabízí tři různé možnosti připojení pro mechanické a elektrické spojení s pahýlovým lůžkem nebo elektrickým loketním kloubem a zajištění širokého spektra vybavení. Prokluzovací spojka umožňuje pasivní otevírání ruky v případě nouze a chrání mechaniku před přetížením. Díky vysoké uchopovací síle a rychlosti mohou být objekty uchopeny rychle a přesně. Protetik má na výběr celkem ze šesti různých ovládacích programů, které lze nastavit podle potřeb a možností pacienta. Rychlost a uchopovací sílu lze přizpůsobit dle požadavků.

Předměty jsou drženy a pozicovány cíleně vysílanými svalovými signály dokud elektronika nenastaví uchopovací sílu automaticky. Síla stisku i uchopovací rychlost jsou úměrné vstupnímu signálu.

Souhrn

- Dostupné ve třech velikostech
- Dostupné ve třech možných připojeních
- Velká uchopovací síla (úměrná vstupnímu signálu) až 100 N
- Vysoká rychlost (úměrná vstupnímu signálu) až 300 mm/s
- Výběr z šesti různých ovládacích programů
- Rozpoznání úchopu a uchopovací síly díky zabudovanému senzoru
- Vyloučením čidla na palci se uchopení stává aktivní a vědomé

Technická data

- Statický proud: 1 mA
- Provozní teplota: 0 – 70 °C
- Šířka rozevření: 100 mm
- Úměrná rychlost: 15 – 300 mm/s
- Úměrná uchopovací síla: 0 – cca. 100 N
- Hmotnost (včetně vnitřního systému ruky): cca. 460 g
- Napájení: Otto Bock EnergyPack 757B20 (7.2 V)



Obr. 19 MyoHand VariPlus Speed® [28]

Závěr

Tento systém patří mezi špičkové a pacientům dostupné řešení protézy ovládané myoelektrickými signály. Splňuje požadavky na humanizovaný vzhled a jednoduchou funkci, které jsou při protetickém vybavování horních končetin vyžadovány. Design ničím nepřekvapuje, snaží se tradičně o co nejdělnější napodobení lidské ruky, což dokazuje i volba různých velikostí a možnost dodatečného přibarvení kosmetické rukavice podle barvy kůže pacienta pomocí speciálních barevných tužek.

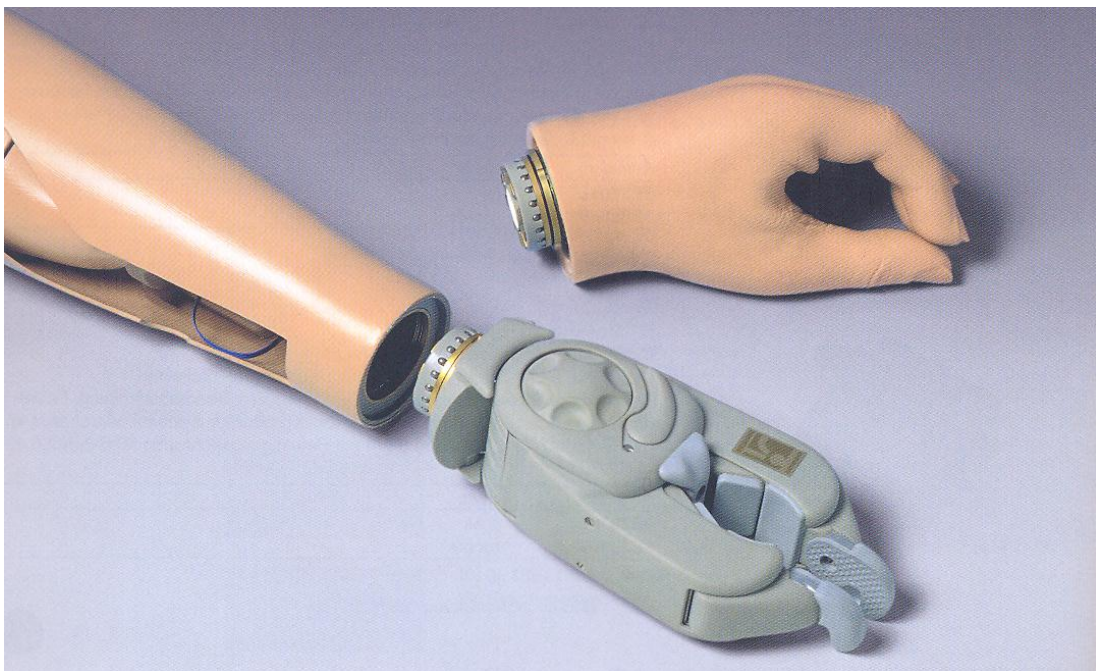
Tato umělá ruka byla použita při výrobě pomůcky DynamicArm 12K100 firmou MS ortoprotetika.

Elektrický násadec Elektrogreifer / Otto Bock

Http: //www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xml/3359.htm [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>. [29]

Přehled vlastností

U některých systémů stejného výrobce je možnost využít pro jednu protézu dva způsoby zakončení a flexibilně je měnit. Pomocí bajonetového uzávěru zápěstí lze snadno nahradit elektrickou ruku za elektrický násadec, který má ještě větší úchopovou sílu, úchopové plochy přestavitelné ve všech prostorových úrovních a je mimořádně robustní. Elektrický násadec je vhodný obzvláště pro řemeslně zaměřené uživatele. Je užitečnou pomůckou všude tam, kde je zapotřebí něco rychle nebo přesně přidržet.



Obr. 20 Elektrická ruka a pracovní násadec [30]

Závěr

Pracovní násadec Elektrogreifer je produkt nabízející maximální funkčnost a užitečnost při práci. Uživateli umožňuje aktivní život naplněný manuální prací. Design a tvarování vychází z požadavků na spolehlivost, robustnost a účelnost.

Možnost výměny koncových zakončení byl pro projekt **4TE** intenzivně zvažován. Nakonec návrh zůstal u klasického zakončení. Pokud by bylo požadováno variabilní zakončení, zakládalo by se na principu bajonetového uzávěru.



Obr. 21 Elektrický násadec v praxi [6]

DynamicArm® / Otto Bock

Http: //www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/3713.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>. [31]

DynamicArm®, zástupce nové generace loketních kloubů, je prvním elektronicky řízeným elektrickým loketním kloubem s plynulým převodem na světě. Jeho variabilní převodovka umožňuje další krok k přiblížení přirozené charakteristice pohybu paže.

Přehled vlastností

Mimořádně vysokou funkcionalitu lokte DynamicArm® mohou využít jednostranně a zejména oboustranně amputovaní pacienti. Vývoj DynamicArm® je založen na principu ortobioniky, tzn. pozorování a analýze přirozených mechanismů a procesů a jejich převedení na technická řešení odpovídající potřebám.

V kombinaci s jednotkou vario.DynamicArm 12K100 ® umožňuje rychlé a přesné nastavení polohy ruky s malým výdejem energie a obsahuje inovativní a výkonný pohon s plynulou regulací rychlosti, který může zvedat břemena až 6 kg. (více než šestnásobek jeho vlastní hmotnosti). Při statickém držení je možné držet až 22kg.

Elektronická čidla dodávají základní údaje, z nichž se pomocí integrovaného mikroprocesoru vypočítají potřebná data pro řízení. Přirozeného pohybu se dosáhne plynulým přizpůsobením převodového poměru podle okolních podmínek (vstupní signál pacienta, fáze pohybu, zvedané břemeno). Nenápadnost je podporována minimální hlučností. Pomocí PC a rozhraní bluetooth lze nastavovat programy a parametry umožňující individuální přizpůsobení řízení schopnostem pacienta.

Extrémně rychlý přenos signálu spolu s jeho nově vyvinutým zpracováním umožňuje věrné napodobení fyziologického pohybu. Díky nové Otto Bock koncepci ovládání je síla a rychlost kontrolována s přirozenou lehkostí. Integrovaný AFB (automatické vyvážení předloktí) systém ukládá energii uvolněnou při extenzi a pomáhá při zvedání během flexe. Navíc přispívá ke klidnému a přirozenému houpání paže během chůze.

DynamicArm 12K100 je vyráběn v kombinaci dvou tmavších odstínů hnědé barvy.

Technická data

Napájení: Li-Ion baterie 1800 mAh

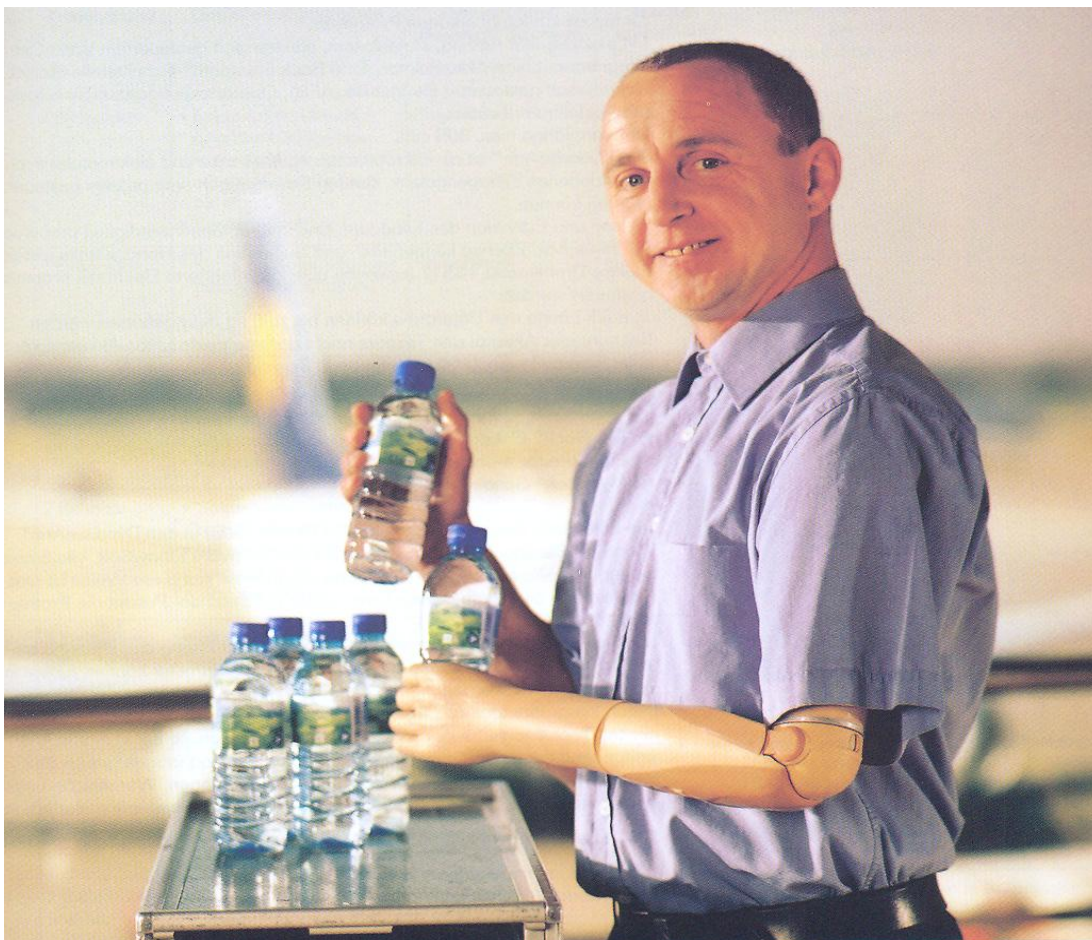
Minimální délka předloktí: 187 mm s rotátorem, 213 mm bez rotátoru

Hmotnost: 960 g včetně baterie

Maximální rychlost:* 270° / sec

Maximální úhel ve flexi: 15° – 145°

*) Minimální doba zvedání: 0.5 s v závislosti na délce předloktí, typu koncového zařízení a na optimální kompenzaci AFB.



Obr. 22 DynamicArm [30]

Závěr

Tento produkt se snaží o maximální nenápadnost a skrytí handicapu. Maximální funkcionalita, optická a akustická nenápadnost tomu napomáhají. Umožňuje přesné a rychlé pohyby, díky nimž může uživatel poznat doposud nedosaženou nezávislost v každodenním životě. Tvar a základní barva jsou přizpůsobené lidskému tělu tak, aby zůstala vlastní amputace skryta. Silikonové prvky mají decentní barevné odstupňování a zároveň zajišťují tlumení hluků a otřesů, které mohou vznikát např. při styku s tvrdým povrchem.

Tento umělý loket byl použit při výrobě pomůcky DynamicArm 12K100 firmou MS ortoprotetika.

2.7.2 Tahem ovládané protézy

Jedná se o tzv. aktivní úchopové ruce, u nichž se řídí funkce protézy pomocí vlastní síly např. pahýlu a/nebo ramenního pletence. Pohyb se zahajuje pomocí tahové bandáže na protéze.

Dříve u takto ovládaného typu protetiky byl častěji používán jako zakončení hák (obr. 23), který dnes využívají spíše pracovně aktivní pacienti.



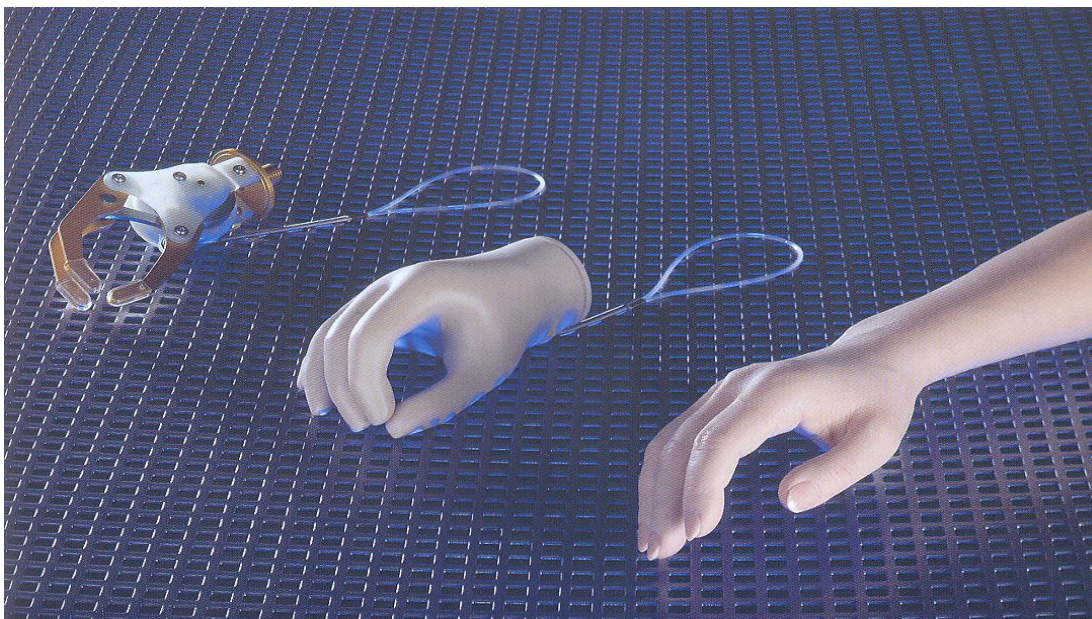
Obr. 23 Otto Bock Movohook 2GRIP 10A80 [32]

Systemové ruce pro tahem ovládané protézy / Otto Bock

Http: //www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/3733.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>. [33]

Systemová ruka je zařízení, které se vyznačuje jednoduchou funkcionalitou, což pacientovi umožňuje rychlé a snadné učení ovládaní protézy. Funkce úchopu závisí na konstrukci mechaniky úchopu a řídí se pomocí tahové bandáže (viz str. 44).

Vnitřní ruka slouží jako obal vlastního mechanismu ruky a představuje základní tvar pro kosmetickou rukavici. Ta se vybírá podle velikosti vnitřní ruky a vyrábí se v 18 barevných odstínech.

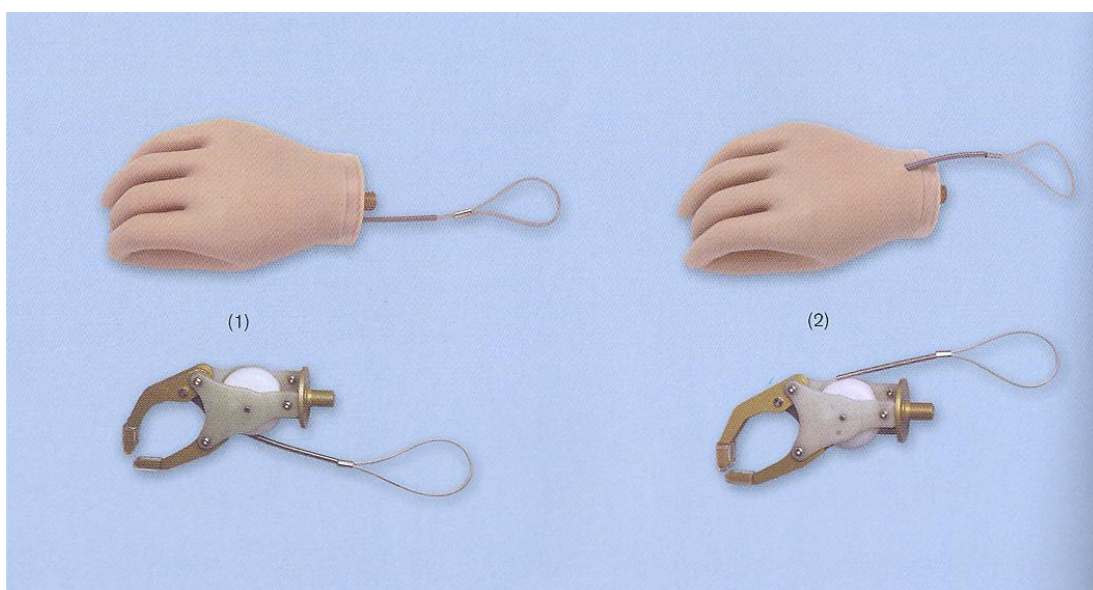


Obr. 24 Tahem ovládaná protéza [30]

Přehled vlastností

Systémová jednotahová ruka - ruka se aktivně otevírá pomocí tahu a samočinně se zavírá, při čemž zároveň dojde k aretaci. Čep se závitem nebo šasi spojuje ruku s předloktím.

Systémová dvoutahová ruka - tato ruka se zavírá pomocí aktivního tahu. Dodatečným tahem se úchopová síla zvýší a zaaretuje se tak v každé poloze úchopu. Opětným zatažením tahu se ruka odblokuje a samočinně otevře (dvoutah). Ruka je spojena s předloktím pomocí čepu se závitem nebo šasi. Tahové lanko je vedeno na vnitřní straně ruky (vnitřní tah) nebo na hřbetu ruky (vnější tah).



Obr. 25 Vnitřní/vnější tah [30]

Tahové bandáže / Otto Bock

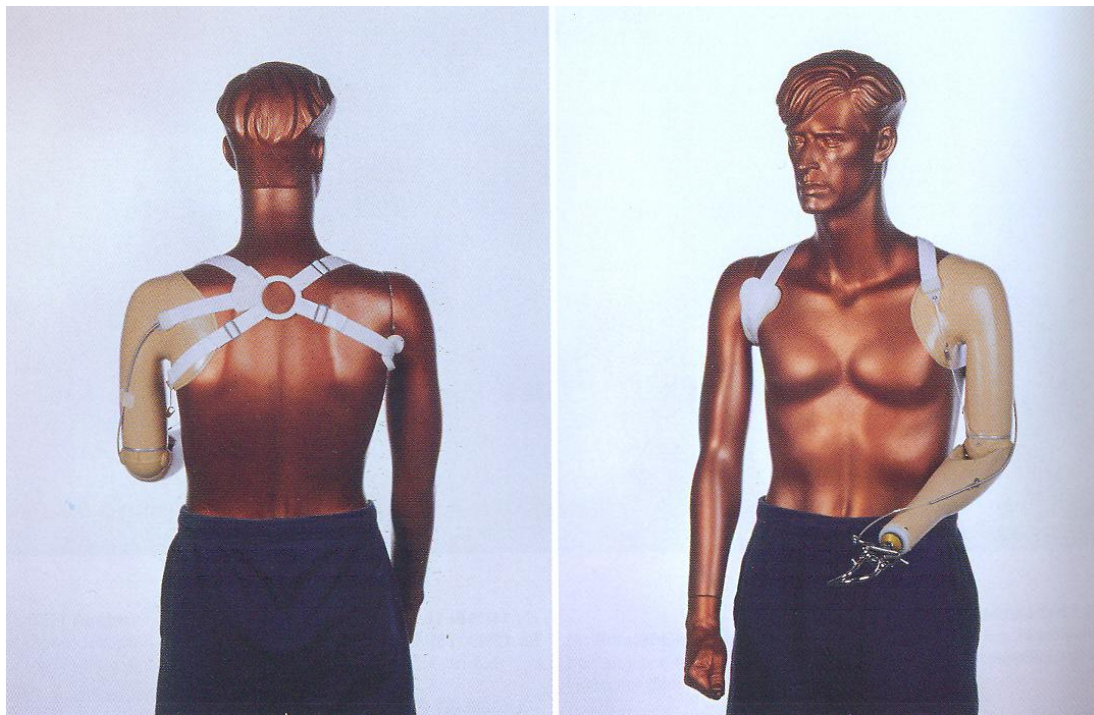
Http: //www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/3730.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>. [34]

Tahové bandáže jsou nutným a důležitým prvkem vybavení protéz ovládaných pohybem horní poloviny těla. Jsou připevněny kolem ramen a šíje. Uživatel pohybem ramen a zad ovládá táhlo, které vyvolá pohyb ruky.

Přehled vlastností

Analýzy sil vznikajících a potřebných při nošení tahem řízených protéz horních končetin a také analýza konkrétních slabín, založené na praktických požadavcích, představují základ nové koncepce bandáží, která přináší ulehčení technikovi při vybavování pacienta a pro pacienta představuje přínos v lepším ovládní a nošení protézy.

Bandáže nezatěžují šíji a zároveň zajišťují optimální průběh síly, což umožňuje efektivní a nenápadné řídicí pohyby.



Obr. 26 Tahová bandáž [30]

Závěr

Tahem ovládané protézy a systémové ruce jsou protetickým vybavením, které je pro mnoho pacientů nejpříznivější kvůli nízké náchylnosti na poškození, robustnosti, ceně a hlavně také jednoduchosti ovládní. Široká škála kosmetických rukavic přispívá k nenápadnosti, ačkoliv ovládní pomocí tahové ramenní bandáže je zřetelné.

Použití tahového nebo jemu podobného systému ovládání na pomůcce **4TE** se jevílo ze začátku jako nejvhodnější. Byla zvažována možnost využití pacientových rukou při tahání za táhlo, kterým by ovládal stisk chapadla. Malá síla v rukou, která by stejně musela být podpořena elektrickým posilovačem, a malá variabilita tohoto mechanismu však nakonec prohrály v boji s konkurenčním elektricky řízeným řešením.

2.7.3 Kosmetické protézy / Otto Bock

Http: //www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xml/1941.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>. [35]

2.7.3

Pouhému obnovení vnějšího kosmetického vzhledu dávají přednost pacienti, pro které má tato skutečnost rozhodující význam. Funkční možnosti jsou u nich omezeny na jednoduché poskytování opory při držení. Někteří pacienti záměrně nechtějí aktivní funkce protézy a spíše mají vysoké nároky na vzhled, nízkou hmotnost, komfort nošení a jednoduchou manipulaci. Kosmetické protézy jsou vhodné pro všechny úrovně amputace.

Přehled vlastností

Kosmetické protézy mají zvláštní význam po amputacích ve vysokých úrovních, když amputovaný odmítá funkční protézy, resp. když nelze chybějící funkce nahradit. Kosmetické ruce sestávají z vnitřní ruky a kosmetické rukavice. Tvar, barva a struktura povrchu kosmetické rukavice jsou napodobeny do detailu jako u normální ruky. Pro individuální přizpůsobení jsou k dispozici desítky modelů dětských, dámských a pánských rukavic v široké řadě barevných odstínů. Čištění a výměna kosmetické rukavice jsou bezproblémové. Tvarově vypěněná vnitřní ruka zaručuje i při nízké hmotnosti stabilitu a zvyšuje komfort nošení. Díky různým možnostem upevnění mají univerzální použití. Funkce úchopu závisí na konstrukci mechaniky ruky, pro kosmetické protézy lze používat také pasivní systémové ruce. Pasivní ruce se otevírají pomocí zachované ruky a zavírají se samočinně.

Závěr

Kosmetické rukavice jsou zde uvedeny pro doplnění výčtu možných řešení v navrhování protetického vybavení.

Kompenzační pomůcka **4TE** je zcela jiným druhem pomůcky pro osoby s postižením horní končetiny a logicky je proto od této varianty nejvíce vzdálená a razí naprosto opačný směr - technické vzezření a maximální funkčnost.



Obr. 27 Kosmetická protéza [6]

2.7.4 Hybridní protézy / Otto Bock

Http: //www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/1939.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>. [36]

Pomocí hybridní protézy se při amputaci ve vyšší úrovni jako např. v úrovni paže vzájemně kombinují u jednoho vybavení dva různé druhy řízení.

Přehled vlastností

Při vyšších amputacích jako např. amputaci v úrovni paže lze spojit myoelektrické řízení funkcí ruky s tahovým řízením funkcí lokte. Takový druh protézy je označován jako hybridní protéza, protože jsou při jednom vybavení kombinovány dva různé druhy řízení.

Závěr

Hybridní protéza se svým vzhledem neliší od výše zmiňovaných náhrad. Kombinace dvou funkcí je zajímavou ale pro náš projekt zbytečně komplikovanou variantou.

2.8 Netradiční protetika

2.8

Tato kapitola představuje tři projekty zabývající se vývojem nových metod a přístupů v oblasti protetiky. Jejich společným pojítkem je aplikovaný vědecký výzkum, dlouhodobý a nákladný, jehož výsledkem jsou produkty pro běžného pacienta finančně nebo jinak nedostupné. Kapitulu uzavírá studentský koncept, který se pohybuje v rovině budoucnosti a zajímavý je především netradičním a poutavým tvarováním protézy. Projekt **4TE** těchto pramenů využívá jako zdrojů inspirace.

2.8.1 Bionická ruka i-LIMB Hand™ / Touch Bionics™

2.8.1

Http://www.touchbionics.com/i-LIMB [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.touchbionics.com>. [37]

Dne 30. ledna roku 2008 oznámila společnost Touch Bionics™ z Edinburghu uvedení na trh první komerčně šířené bionické ruky zvané i-Limb (Obr. 28). Výsledkem dlouholetého experimentu je špičkové zařízení, o jehož kvalitách svědčí i vysoké umístění v žebříčku nejlepších vynálezů roku 2008, který každoročně sestavuje časopis Time.

Přehled vlastností

Každý z pěti prstů je samostatně poháněn motorem, lze tedy provádět pohyby jednotlivými prsty a články prstů. Díky tomu má mnohem širší uplatnění. Dovede uchopit tak tenké předměty, jako je třeba bankovní karta, poradí si s úzkými předměty a má takovou sílu, že dovede podržet hrneček tak, aby se z něj její uživatel mohl napít.

i-Limb vypadá velmi podobně jako lidská ruka a její vlastník je schopen s ní provádět většinu běžných úkonů jako se zdravou rukou. Druhé specifikum protézy spočívá v tom, že palec je možné otáčet o 90 stupňů, přesně tak, jak je tomu u lidského originálu.

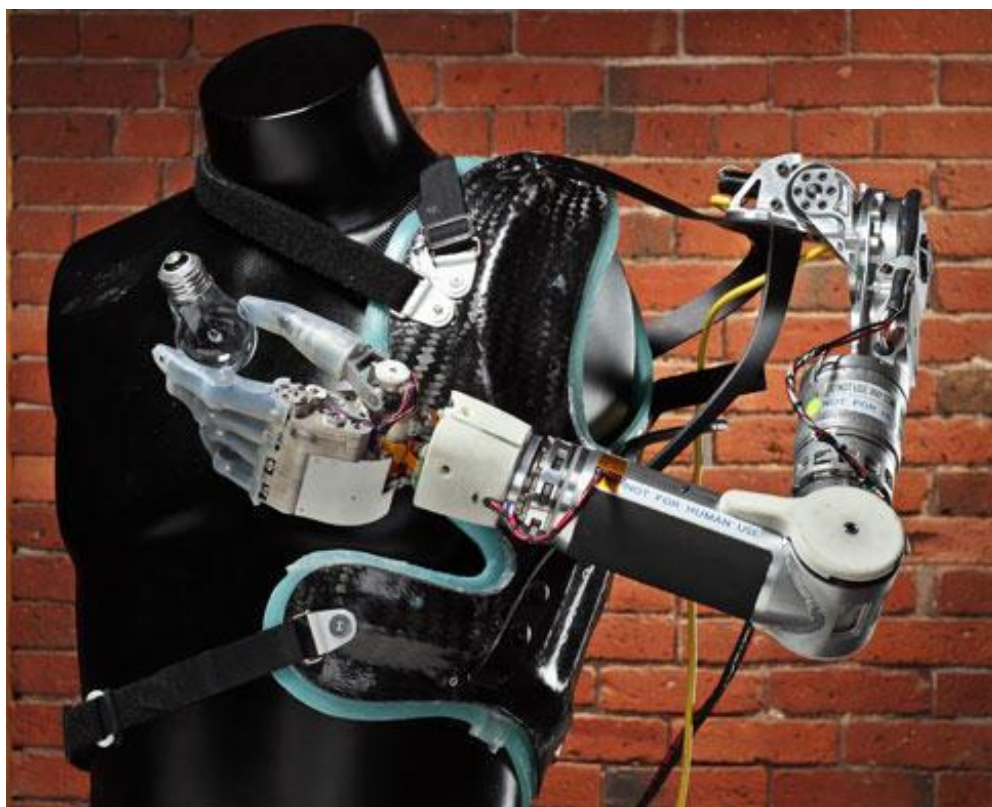
Ruka je zhotovena z vysoce pevných plastů a její prsty z ní mohou být odšroubovány, takže je její údržba snadná. Velkou výhodou protézy i-Limb je to, že její upevnění na paži nevyžaduje chirurgický zákrok. Na kůži se napojí dvě elektrody, které zachycují myoelektrické signály. Přenášejí se do počítače umístěného ve hřbetu „roboruky“, a ten je pak vyhodnocuje a řídí jednotlivé pohyby a sílu stisku jednotlivých prstů. Jedna elektroda snímá signály pro sevření, druhá pro rozevření ruky. Stálou nevýhodou je však přílišná hmotnost protézy, která člověka omezuje. Další nevýhodou je nutnost dlouhého tréninku k osvojení pohybů ruky.

Závěr

Bionická ruka i-Limb je protetický systém, který jako první přichází s konceptem pohánění všech pěti prstů samostatně a navíc je dostupný veřejnosti. Ačkoliv jde o finančně velmi nákladné zařízení (50-70 000 \$), bionickou ruku od začátku její výroby využili již stovky pacientů. Ruku je možno krýt klasickou kosmetickou rukavicí, ale je dostupná i rukavice z černého nebo transparentního silikonu, která nechává nahlédnout do útrob zařízení, což zvyšuje jeho atraktivnost a dokládá rozšiřování nového trendu také u protetiky horních končetin, kdy je přiznáno postižení i technický charakter pomůcky.



Obr. 28 i Limb [37]



Obr. 29 Luke [38]

2.8.2 Luke / DARPA

Http://www.dekaresearch.com/deka_arm.shtml [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.dekaresearch.com>. [39]

Http://twitter.com/DARPA_News [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <http://www.darpa.mil/>. [40]

Bionická paže "Luke" (Obr. 29) pojmenovaná podle Luka Skywalkerera ze Star Wars je jedinečný projekt podporovaný americkou armádou.

Projekt DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency = Agentura pro výzkum pokročilých obraných projektů), pod nějž projekt spadá, podporuje vývoj protetických pomůcek pro válečné invalidy. Hlavním konstruktérem a otcem projektu "Luke" je Dean Kamen, mimo jiné vynálezce Segwaye. Ten se rozhodl, že v rámci tohoto projektu vyvine zcela nový koncept, který předčí v protetice již dlouhou dobu neměnné trendy.

Již na začátku výzkumný tým stanovil čtyři hlavní charakteristiky: modulárnost, nízká hmotnost, rychlost, regulovatelnost. Mimořádně nákladný projekt trval dva roky a v současné době by se měl nacházet ve fázi klinických testů.

Přehled vlastností

Tato paže je ovládána jak jinak než myoelektrickými signály. Ovládání se provádí snímáním aktivity svalů v několika bodech na povrchu prsních svalů. Právě do prsních svalů jsou pro účely tohoto výzkumného projektu a při vysokých stupních amputace chirurgicky svedeny nervy, které dříve ovládaly paži. Jejich kontrakce jsou pak snímány na tomto místě a ovládají celou paži, která je tak schopna mnoha složených pohybů. Paži je možno ovládat také mechanicky nebo nožním spínačem, který se umístí do boty. Uživatel tím získá možnost ovládat další kloub.

Luke byl první umělou robotickou rukou, která díky sofistikované elektronice dává uživateli zpětnou odezvu. V palci ruky je zabudovaný senzor, který snímá sílu stisku a informaci přenáší přes malý vibrační motorek na pokožku uživatele. Ten je prý pak bez dívání schopen hmatem rozpoznat kuličku hroznového vína od hrozinky. Prsty vládnou třemi samostatně poháněnými klouby. Paže nabízí až 18 stupňů volnosti.

Luke“ byl testován na lidech s vysokým stupněm amputace (ale jeho modulárnost umožňuje přizpůsobení jakémukoliv stupni amputace). Lidé s tímto vybavením zvládají pohyby věrně napodobující pohyby zdravé ruky s podivuhodnou rychlostí a přesností. Zatímco klasické systémy mají maximálně tři stupně volnosti, tzn., že uživatel může pohybovat pouze loktem, zápěstím a otevírat a zavírat jednodušší klešťovou variantu ruky, paže „Luke“ je vybavena i ovladatelným kloubem ramenním a svým rozsahem pohybů předčí i zdravou paži. Rychlost akce je podobná rychlosti lidské ruky.

Závěr

Projekt „Luke“ je mimořádně obdivuhodný. Tento systém jistě nevyhoví každému amputovanému, ale nabízí do budoucnosti dosud nepředstavitelné možnosti pro lidi s absencí celé paže. Vzhledově celý koncept vychází z konstrukce a funkce.

2.8.3 Proto 1 / DARPA

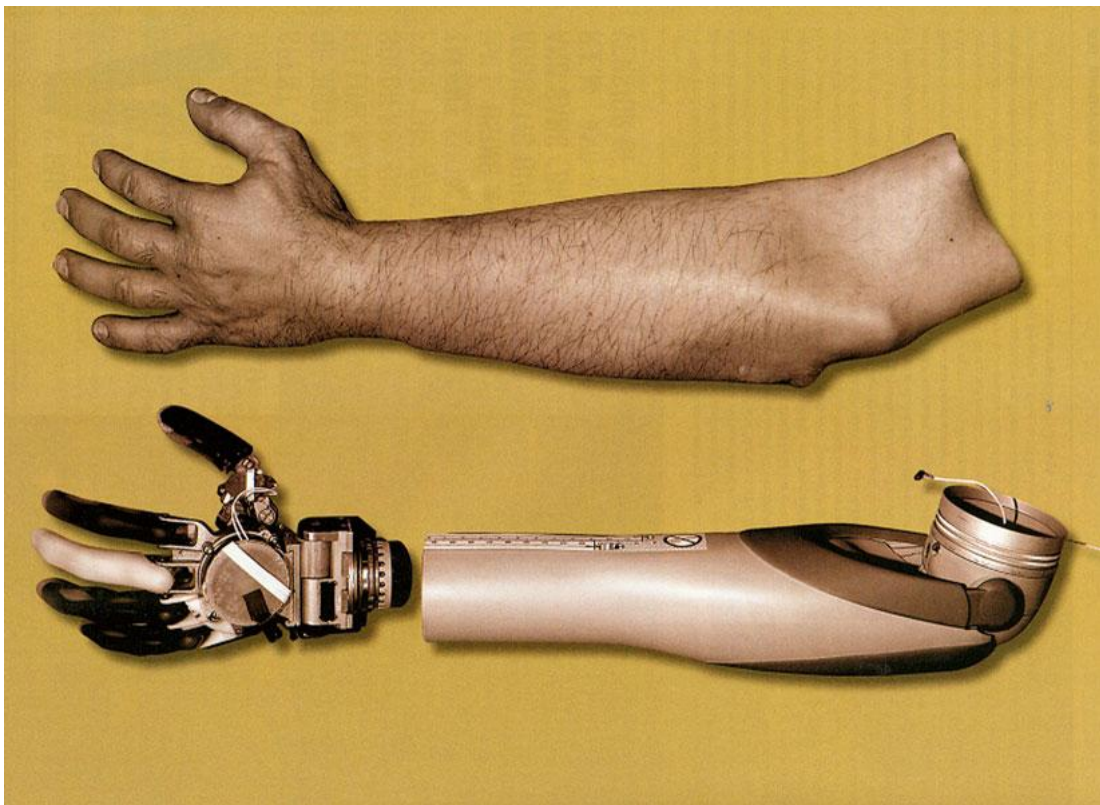
BEARD, Jonathan. *DARPA'S BIO-REVOLUTION. Biology-biomedical_services [online]. 2008 [cit. 2009-11-25], s. 4-6. [41]*

Jeden z paralelních projektů programu DARPA, který vznikl ve spolupráci s John Hopkins Universitou.

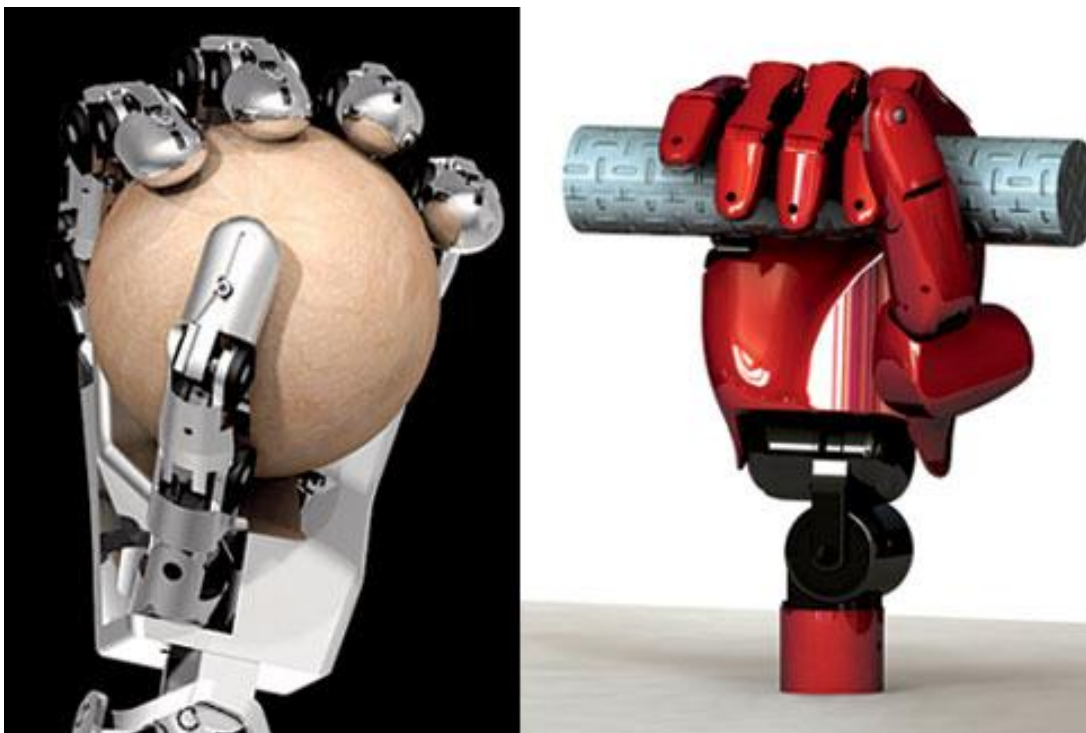
Přehled vlastností

Proto 1 nabízí 8 stupňů volnosti a zpětnou vazbu v síle dotyku. Umožňuje deset různých pohybů ruky, zápěstí a lokte a jejich současné kombinace. Ovládání se provádí snímáním aktivity svalů na povrchu prsních svalů stejně jako u projektu „Luke“. Hodnoty jsou soustavně vyhodnocovány řídicí jednotkou.

Konstruktéři již teď pracují na projektu Proto 2 a do budoucna počítají s více než 25 stupni volnosti, silou a rychlostí pohybu srovnatelnou s možnostmi lidské ruky, kombinací s více než 80 individuálními senzory pro zpětnou vazbu pro dotek, teplotu a pozici paže. Systém rovněž obsahuje kosmetické krytí s přirozeným vzhledem, kterého bylo dosaženo podle fotografie pořízené před úrazem (Obr. 30).



Obr. 30 Proto 1 I [42]



Obr. 31 Proto 1 II [43]



Obr. 32 Proto 2 [44]

Závěr

Projekt Proto svým kvalitním zpracováním a tvarováním dokazuje, že protetika s přiznaným technickým výrazem je tím správným směrem na dlouhé cestě ve vývoji náhrad horní končetiny.

2.8.4 Design protetiky budoucnosti

HUSEKLEPP, Hans. *Coroflot : Portfolios [online]. 2011 [cit. 2011-10-26]. Hans Alexander Huseklepp. Dostupné z WWW: <<http://www.coroflot.com/hhuseklepp/Immaculate/1>>. [45]*

Budou protetická vybavení v budoucnu stále napodobovat vzhledem lidskou ruku, nebo budou více robotické? Hans Alexander Huseklepp je zastáncem druhé varianty. Využívá dominantního prvku kulového kloubu, který zároveň umožňuje větší možnosti pohybu.



Obr. 33 Protetika budoucnosti [45]

Závěr

Ačkoliv je tato práce pro realizaci nereálná, ukazuje hezký příklad nového přístupu k protetickým pomůckám a jejich tvarování, které se vymyká běžným konvencím, o což se snaží i projekt **4TE**.

2.9 Vědecké články zabývající se danou problematikou

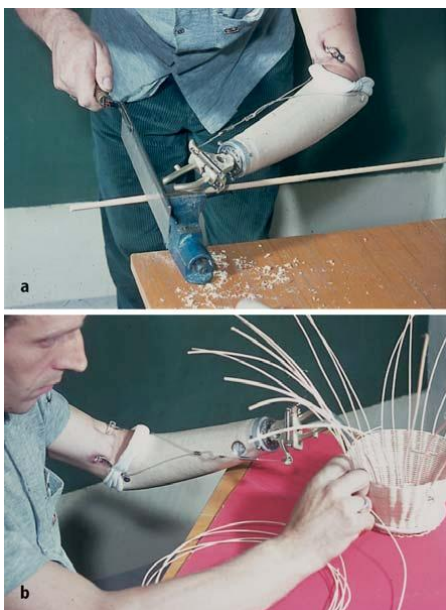
MATUSSEK, J. – NEFF, G. *DIE KUNSTHAND - Ein Überblick über die prothetische Versorgung der Hand. Orthopäde, 2003, vol. 7, DOI 10.1007/s00132-003-0465-7.* [46]

Abteilung Technische Orthopädie, Dysmelie und Rehabilitation, Orthopädische Klinik und Poliklinik der FU Berlin, Germany

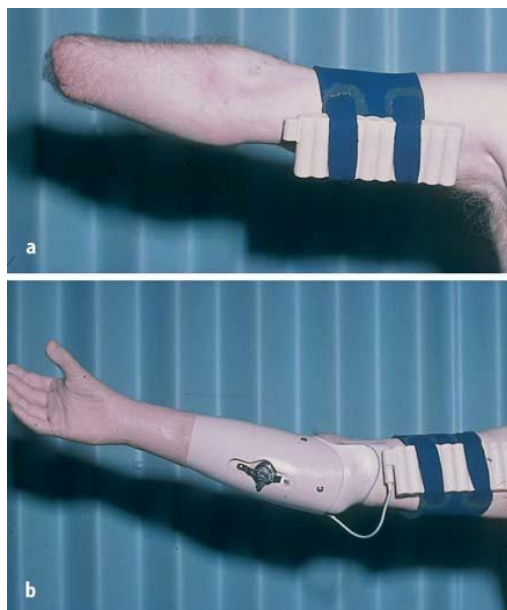
Autoři článku se rozhodli zmapovat pole ortopedické protetiky od jednoduchých zařízení po moderní. Zaměřili se obzvláště na novinky a zajímavosti. Článek se zabývá i momenty z chirurgické praxe.

Experiment

V článku je shrnuta nejpoužívanější protetika i lékařské zákroky, které lidem s postižením horních končetin pomáhají zlepšit/získat úchop nebo lépe přizpůsobit končetinu pro usazení protetiky.



Obr. 34 Protéza ovládaná tahem bicepsu [46]



Obr. 35 Aplikace myoelektrické protézy [46]



Obr. 36 Mechanická protéza ovládaná tahem ramen [46]

Závěr

Článek sice neobsahuje problematiku vrozeného postižení, které je předmětem projektu 4TE, ale je zajímavou (hlavně obrazovou) analýzou řešení situace postižení nebo pórůzového stavu horní končetiny.

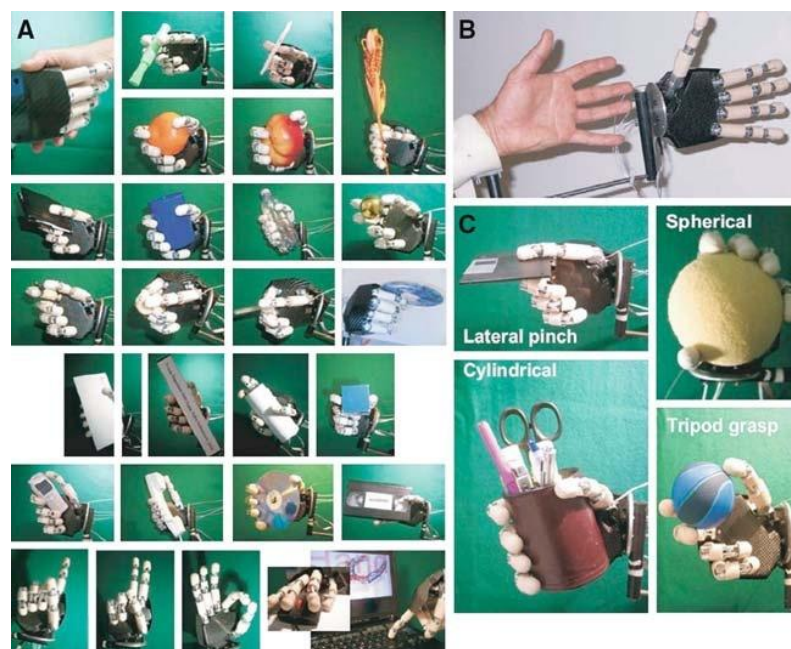
CARROZZA, M. C. - CAPPIELLO, G. – MICERA, S. – EDIN, B. B. - BECCAI L. – CIPRIANI, C.. *Design of a cybernetic hand for perception and action. Biol Cybern*, 2006, vol. 16. DOI 10.1007/s00422-006-0124-2. [47]

© Springer – Verlag, Germany

Článek představuje novou koncepci kybernetické antropomorfní ruky ovládané elektronicky jako celek. Projekt je řešen a podrobně popsán včetně fyzického vzhledu, kinematiky, sensoriky, ovládání a mnohonásobného systému kontroly. Ovládací mechanismus ovládá každý článek zvlášť, umožňuje variabilní opozici palce a prstů a v souladu s tím může generovat množství různých úchopů. Tento systém byl vyvinut, aby co nejvěrněji kopíroval úchopové schopnosti lidské ruky a držení a tedy její mechano-receptorové vlastnosti.

Experiment

Projekt byl řešen ve dvou základních rovinách. První se zabývá zejména precizním a citlivým úchopem a zpětnou vazbou, aby bylo docíleno co nejvěrnějšího přiblížení ruce lidské. Druhá zkoumala úchop z hlediska vyvinutí co největší síly a rychlé reakce.



Obr. 37 CyberHand [47]

Výsledky

Modulární flexibilní konstrukce ruky umožnila pokrok v systémech sensoriky, propojení, koncepci kontroly atd. Výstup tohoto projektu se může stát užitečným nejen v klinickém výzkumu, ale také při řešení projektů zabývajících se neurosensorikou a jejím ovládáním.

Závěr

Tato kybernetická ruka zvládá mnoho různých úchopů a poloh. Je ukázkou špičkového provedení. Pro projekt 4TE je však použitelná pouze jako inspirující prvek a nahlédnutí do světové kybernetické kuchyně.

ŽAJDLÍK, J. *Design fingers anthropomorphic prosthesis hand and motion control. Proceedings of the 11th Conference and Competition STUDENT EEICT, 2005, vol. 2, no. 1, s. ISBN: 80-214-2889-9.* [48]

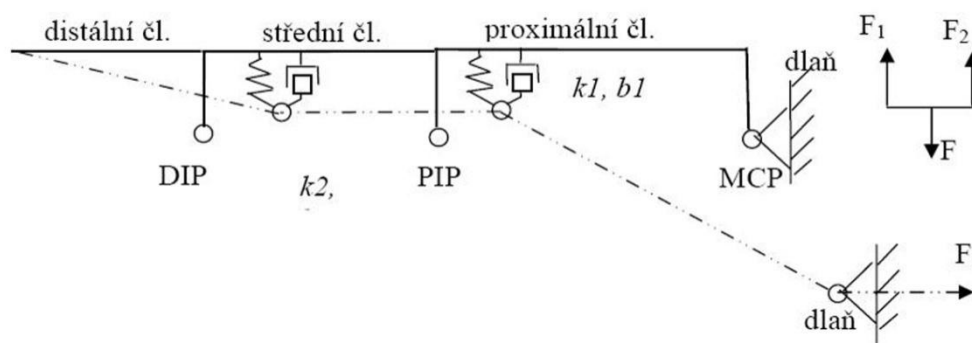
Ing. Zdeněk Novotný CSc., Ondráčkova 105, Brno, Czech republic

Článek prezentuje princip nové koncepce mechanismu antropomorfního chapadla pro použití obzvláště v protetice. Popisuje především princip funkce mechanické části a prvotní úvahy nad možnostmi řízení. Byl vytvořen prototyp celé ruky, která byla využita pro testování rozsahu pohybu a přesného úchopu.

Experiment

Byla kontrolována principiální funkčnost navrhovaného mechanismu tří kloubového prstu ovládaného lankem. Rovněž bylo provedeno testování polohy a rychlosti bodů na koncích prstů s výstupem ve formě grafů.

Na obrázku 38 je ukázáno schéma mechanismu jednoho z prstů, kde parametry k_1 , k_2 jsou tuhosti pružin. Síla F je přivedena pomocí lanka. Dále je počítáno jen s jedním motorem pro všech pět prstů, kdy síly jsou rozděleny pomocí vahadel. Byla by možná i varianta samostatného pohonu pro každý prst.



Obr. 38 Schéma návrhu prstu s lankem a pružinami [48]

Výsledky

Výsledky podle autora mohou být použity pro další práce, jejichž účelem je vývoj funkčního prototypu umělé ruky. Model má jen o jeden stupeň volnosti méně než lidská ruka, neuvažujeme – li válcový kloub u palce (nevýrazná rotace) a zápěstí. Doba od úplného otevření do úplného uzavření je teoreticky 0.1s, prakticky to bude nejspíš déle, ale nemělo by se jednat o delší dobu než 1.5s. Přibližná hmotnost mechanismu bez elektroniky je ~ 400g.

Závěr

Práce prezentuje zajímavou studentskou práci na vývoji antropomorfního chapadla. U tohoto konceptu má každý prst (kromě palce) tři klouby, v jejichž blízkosti jsou malé pružiny, které zajišťují napřímenou polohu prstů v klidovém stavu. Kontrakce prstů je realizována lanky (každý prst ovládán jedním lankem). Úvaha nad použitím mechanismu, který práce prezentuje, do projektu 4TE je zajímavá hlavně díky jeho jednoduchosti. Nakonec ale bylo zvoleno jiné řešení konstrukce prstu.

KARLOV, A. - WERNER, T. - PYLIATIUK, C. – SCHULZ, S. *Development of a miniaturised hydraulic actuation system for artificial hands. Elsevier B.V., 2007, vol. 10, A 141 (2008) 548–557. [49]*

Institute for Applied Computer Science, Forschungszentrum Karlsruhe, Germany

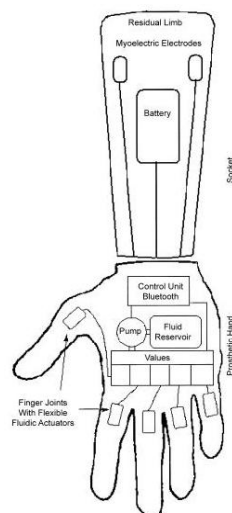
Tento článek prezentuje miniaturní, ale výkonný hydraulický systém, vyznačující se kompaktní konstrukcí, který je určen pro použití jako hybná síla umělých chapadel. Systém byl vyvinut jako alternativa k dnes používaným elektromechanicky poháněným protetickým systémům. Části systému a prototyp ruky odráží dlouholetý výzkum v oblasti rehabilitace, CAD navrhování a prototypingu, mechaniky, elektroniky, konstrukce a programování.

Experiment

Prototyp hydraulicky poháněné ruky byl testován pacienty vybavenými ortoprotetickou pomůckou. Zde jsou poháněcí zařízení umístěny v kloubech. Ukazovák a prostředník je vybaven dvěma ohýbači.



Obr. 39 Hydraulicky poháněný úchop chapadla [49]



Obr. 40 Struktura hydraulického systému [49]

Výsledky

U pomůcek vybavených tímto systémem je patrná výhoda jednoduché konstrukce, výkonu a adaptace během úchopu a držení předmětu. Tento nový systém je konkurenceschopný ke standardním mechanickým systémům elektricky poháněných protetických chapadel. Modulární konstrukce umožňuje použití v rozdílných případech řešení protetické ruky. Komponenty tohoto nového systému a jejich technické charakteristiky mohou být zajímavé pro další vývoj pohonů, automatizaci a mechaniku nejen v protetice.

Závěr

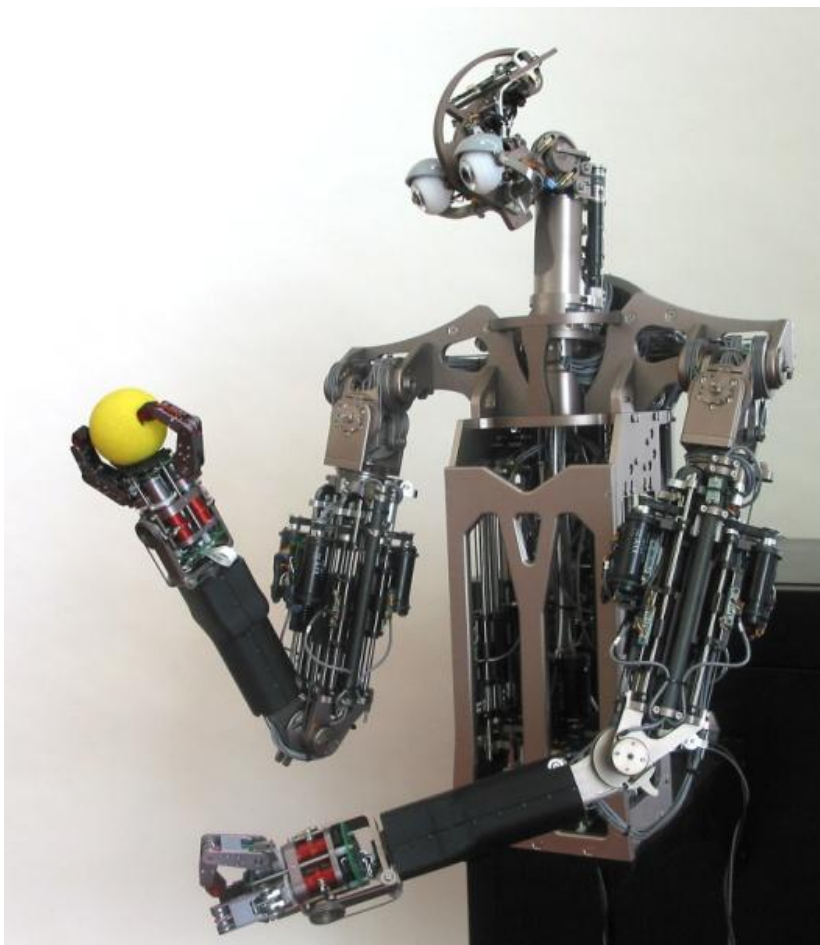
Článek se stal východiskem pro úvahu o využití hydrauliky nebo pneumatiky pro ovládání pomůcky 4TE. Pneumatika je v projektu nakonec uvažována pro pohon teleskopu a případně pro zprostředkování zpětné vazby v ovladači.

EDSINGER, Aaron Ladd. Robot Manipulation in Human Environments [online]. c Massachusetts Institute of Technology, January 2007. 228 s. Disertační práce. B.S., Stanford University, S.M., Massachusetts Institute of Technology. Dostupné z WWW: <http://people.csail.mit.edu/edsinger/doc/edsinger_phdthesis_final.pdf>. [50]

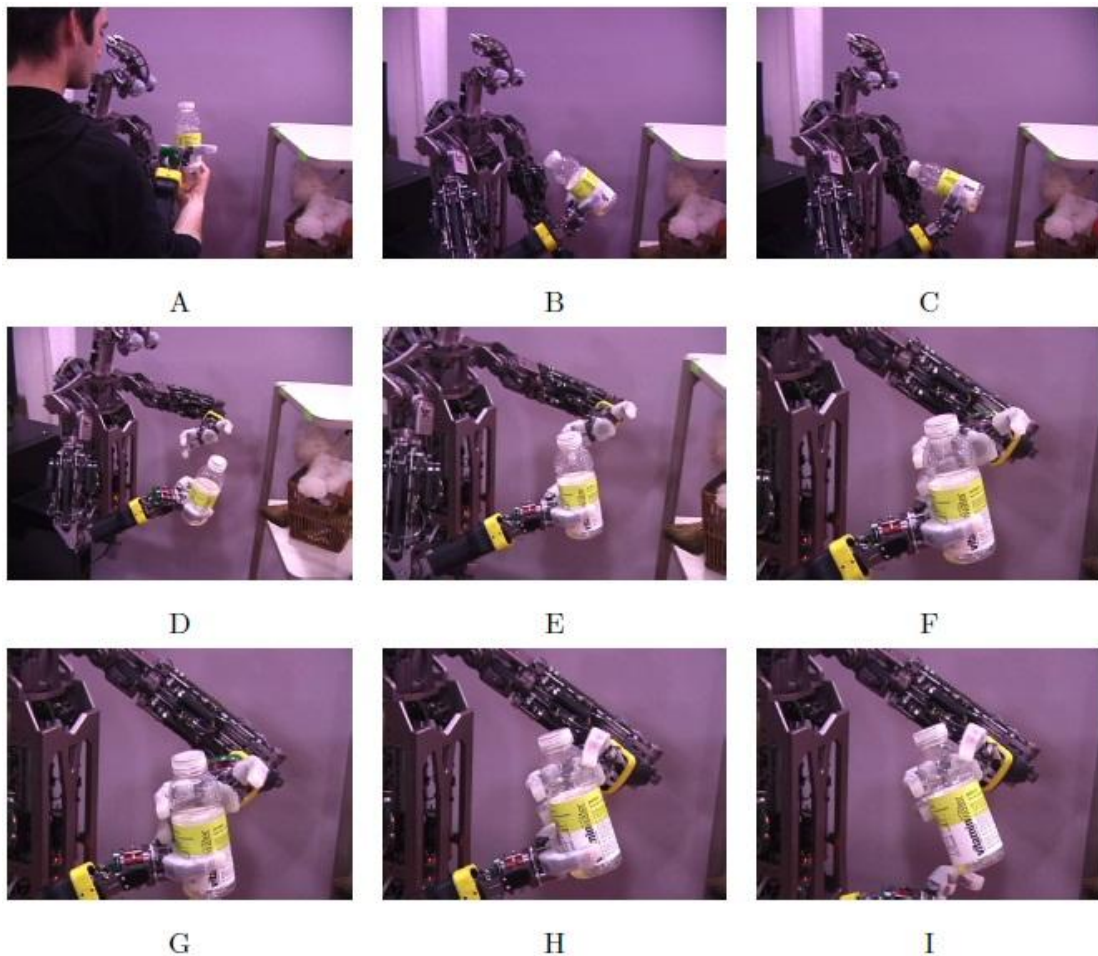
V této práci jsou prezentovány pokroky robota Domo při manipulaci v prostředí specifickém pro člověka. Je zde popsán návrh konstrukce humanoida i metody, které robotu umožňují asistovat člověku při běžných úkolech. V diskuzi jsou probírány všeobecné strategie pro budování robotů, které spolupracují s lidmi v jejich domovech a na pracovištích.

Experiment

Humanoid Domo byl testován z mnoha hledisek – konstrukce, vizuální vnímání, učení, řízení, umělá inteligence atd. Robot dokáže rozeznávat předměty, manipulovat s nimi, i člověka, se kterým dokáže spolupracovat. Práce řeší robota jako komplexní problém. Od jeho detailní konstrukce a realizace, přes umělou inteligenci, systém vizuální pozornosti a zpětnou vazbu až po schopnost kooperativní manipulace a učení.



Obr. 41 Robot DOMO [50]



Obr. 42 Ukázka manipulace robota DOMO [50]

Výsledky

Autoři práce prezentují četné výsledky úspěšného projektu, který se jeví být dobrým výchozím bodem pro další zkoumání v oboru robotů - humanoidů. Předvídají, že v budoucnu budou roboti běžně začleňováni do domácností a pracovního prostředí, například jako pomoc starším osamělým osobám při každodenních úkonech nebo v zaměstnání např. u výrobního pásu.

Závěr

Pro mou práci je robot Domo zajímavý z hlediska přístupu k řešení paží a hlavně rukou. Jejich konstrukce je ve srovnání s jinými systémy poměrně jednoduchá a jsou schopny hned několika typu úchopů.

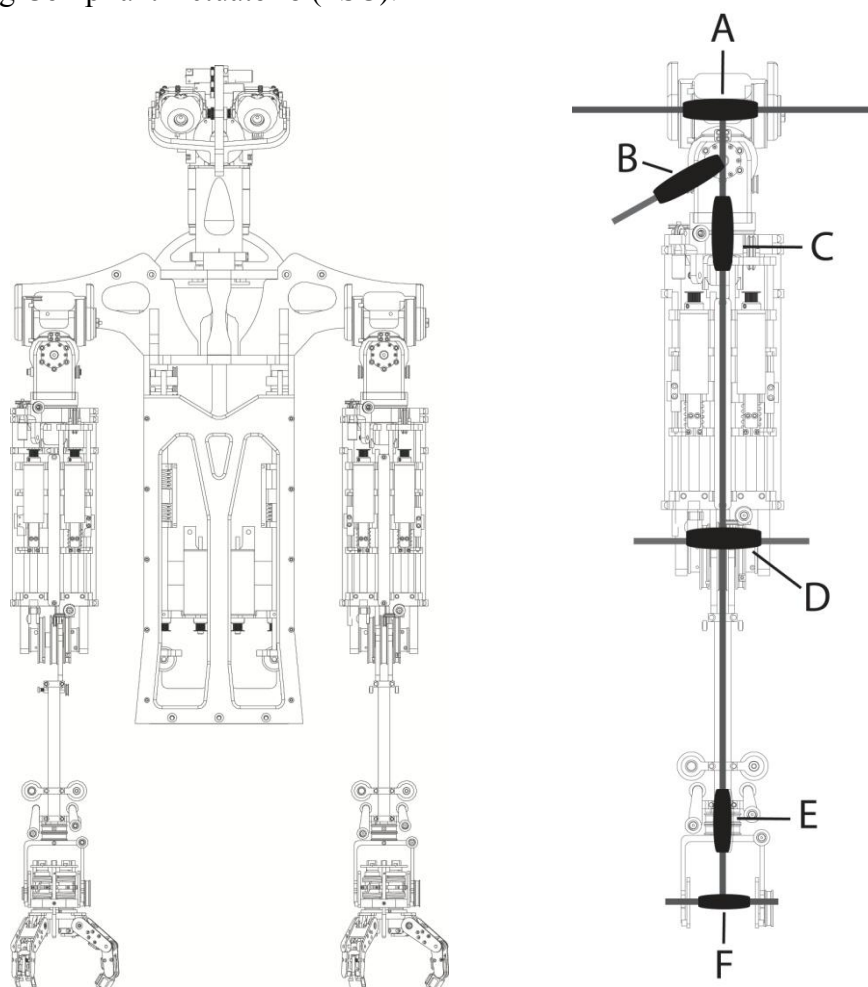
EDSINGER-GONZALES, AARON; WEBER, JEFF. *Domo : A Force Sensing Humanoid Robot for Manipulation Research*. In *Domo : A Force Sensing Humanoid Robot for Manipulation Research* [online]. 31 May 2004. [s.l.] : C World Scientific Publishing Company, 31 May 2004 [cit. 2011-08-08]. Dostupné z WWW: <<http://people.csail.mit.edu/edsinger/doc/humanoids04.pdf>>. [51]

Tento vědecký článek předchází disertační práci s názvem *Robot Manipulation in Human Environments* (viz str. 57) a prezentuje výsledky z doby, kdy byl projekt ještě ve fázi návrhu a vývoje. Obě práce se zabývají stejnou problematikou – humanoidním robotem Domo určeným pro výzkum manipulace. Článek se však zabývá hlavně konstrukcí robota a značná část se věnuje pažím a rukám. Nacházíme zde podrobnosti o jejich konstrukci, technických parametrech, manipulačních schopnostech a možných typech úchopů.

Experiment

Robot Domo má dvě silově kontrolovatelné paže, každá se šesti stupni volnosti, a dvě silově kontrolovatelné ruce, každá se čtyřmi stupni volnosti.

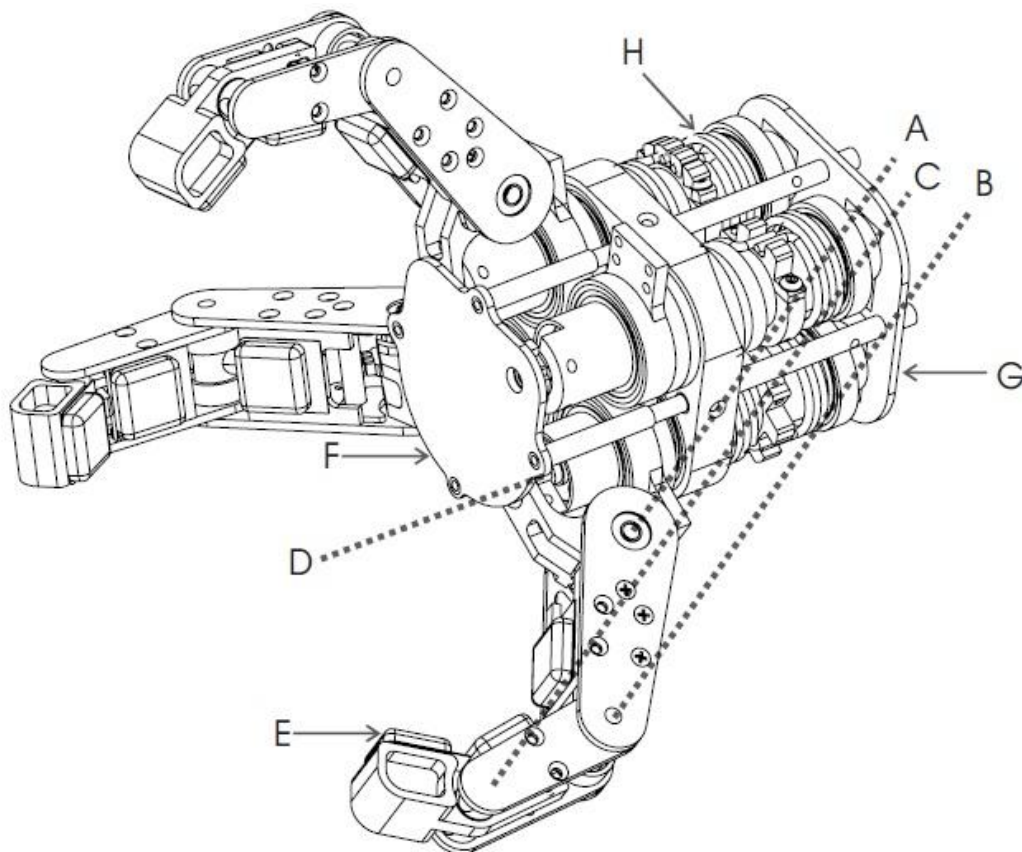
V návrhu rukou jsou použity dva nově navržené typy pohonů: nová verze řady elastického pohonu Series Elastic Actuator 7 (SEA) a neobvyklý pohon se senzorem síly Force Sensing Compliant Actuator 8 (FSC).



Obr. 43 Konstrukce rukou robota DOMO [51]

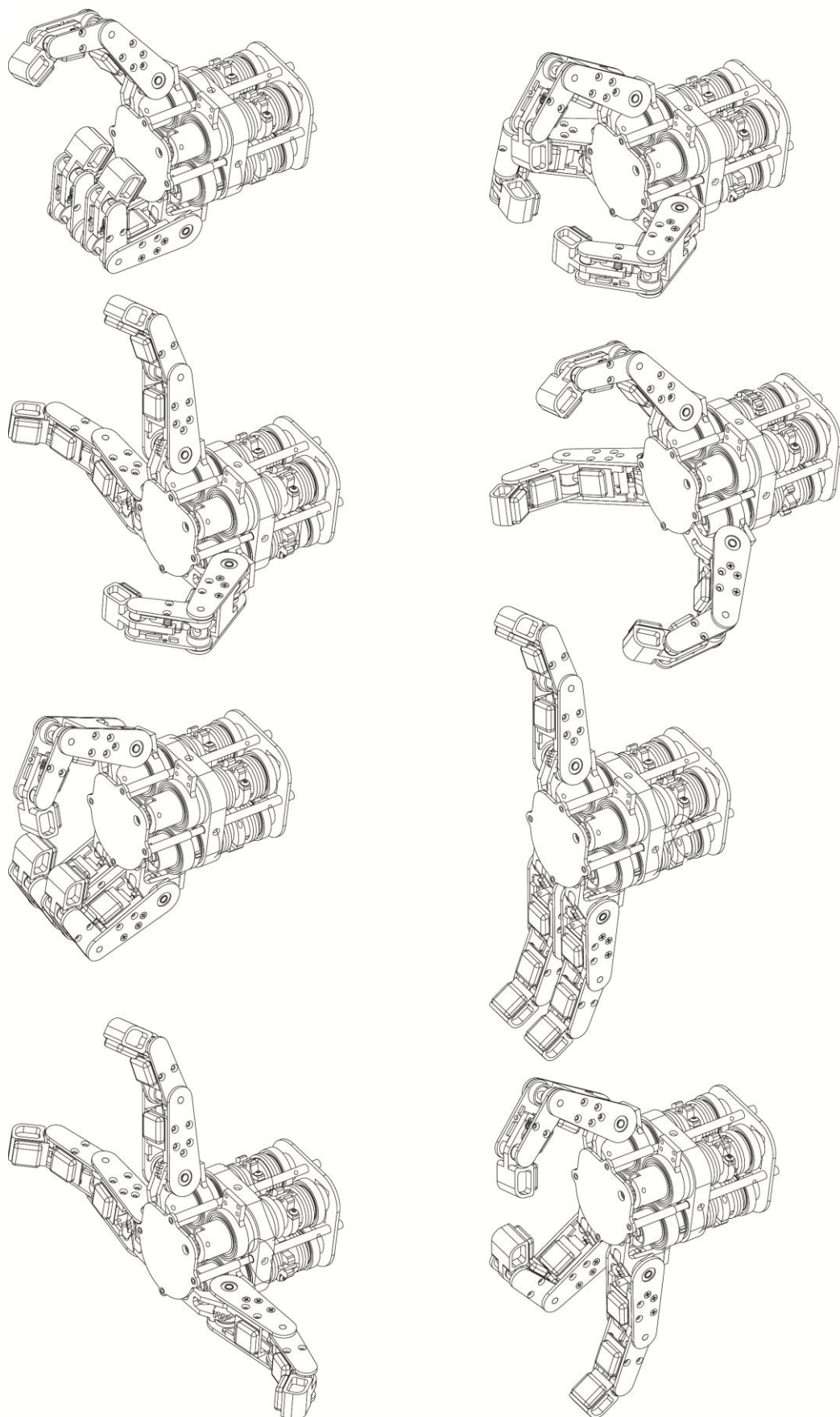
Výsledky

Každý ze tří prstů má tři klouby (A, B, C). Společně jsou poháněny pohonem FSC (H) pomocí lanka. Bod B je pasivně propojen s bodem A prostřednictvím tuhého spoje. Spoj C je pasivně napojen pomocí tlačné pružiny na B. Natočení dvou prstů (kolem osy D) je poháněno FSC pohonem. Každý článek je z vnitřní strany prstu opatřen čidlem (E) a dlaň má řadu hmatových snímačů (F). Elektronika pro pohon, senzory, silové snímače a kontrolní rozhraní jsou umístěny na zadní straně ruky (G).



Obr. 44 Náčrt ruky robota DOMO [51]

Širokou škálu úchopů zajišťují čtyři stupně volnosti na každé ruce v kombinaci s velkým rozsahem pohybů pro každý článek. Rozpětí prstů, jsou-li rozevřeny, je 22,4 cm. Každý koncový článek je schopný rotace až 140°. Kloub mezi dvěma prsty má rozsah pohybu 160°.



Obr. 45 Uchopovací a polohovací možnosti rukou robota DOMO [51]

Technické parametry

Ruka

Celková hmotnost: 0,51 kg
Rozměry těla: 70x50x50 mm
Rozměry prstu: 93x21x18 mm
Tíha vyvinutá prstem: 0,567 kg
Úhel otevření prstů: 140 °
Úhel rozevření dvou prstů: 160 °

Pohon

Hmotnost: 0,088 kg
Velikost: v 25x25x70 mm
Točivý moment statický: 0,539 Nm
Točivý moment průběhový: 0,196 Nm
Maximální rychlost: 3,1 ot./s

Pružina

Aktivní vinutí: 3,25
Průměr: 18 mm
Průměr drátu: 2 mm
Tuhost: 0,02695 Nm/deg
Průhyb max: 20 °

Závěr

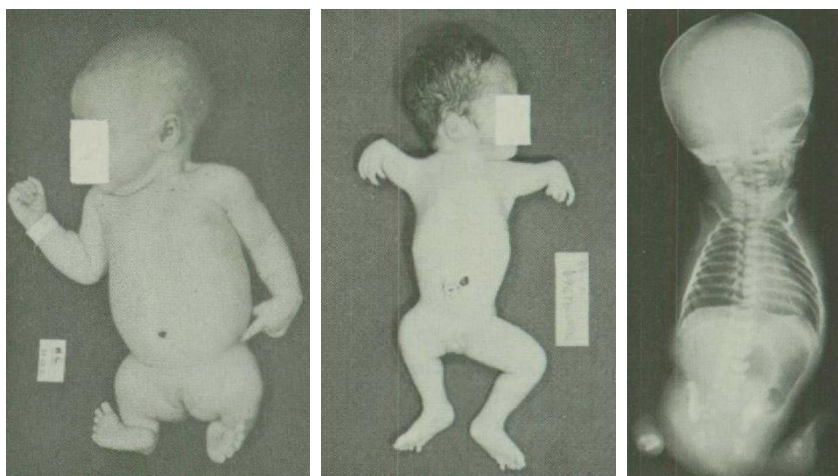
Koncept publikovaný v tomto článku korespondoval s představou o konstrukci chapadla pomůcky **4TE**. Nabízí vyvážené spojení jednoduchosti s funkčností a variabilitou. Proto návrh prstů a chapadla pomůcky **4TE** se inspiroval právě koncepcí robota DOMO.

SPEIRS, A. L. THALIDOMIDE AND CONGENITAL ABNORMALITIES. The Lancet. february 10, 1962, no. 1, s. 303-305. Dostupný také z WWW: <http://www.edric.info/fileadmin/downloads/archive/specific_characteristics/multiple_defects/PD0030.pdf>. ISSN 0140-6736. [52]

Tento článek z počátku roku 1962 poukazuje na zvýšenou četnost výskytu porodů dětí s těžkým postižením končetin v té době. Tato vzácná porucha se ve výrazném zastoupení objevila v západním Německu. Případy byly zaznamenány také ve východním Německu, Belgii a Švýcarsku. Tento článek se zabývá hledáním souvislosti rapidního nárůstu počtu novorozenců s těžkou vývojovou poruchou pohybového aparátu a s užíváním thalidomidu matkami v době těhotenství.

Experiment

Bylo osloveno 10 matek, kterým se v té době narodilo dítě s daným postižením. Spoluprací matek, jejich ošetřujících lékařů a příslušných úřadů byl hledán společný jmenovatel pro tento jev. Matky byly dotazovány na vystavení radiaci, výživu, infekce a drogy obzvláště v prvních týdnech těhotenství, kdy dochází k formování končetin plodu. Zvláště velká pozornost byla směřována na užívání léků s obsahem Thalidomidu.



Obr. 46 Děti postižené působením thalidomidu [52]

Výsledky

Výzkumy prokázaly, že 8 z 10 matek užívalo thalidomid obzvláště v raném stádiu těhotenství. Příčiny vzniku postižení u dalších dvou případů nejsou prokazatelné. Jasným společným faktorem ve většině těchto případů bylo tedy užívání thalidomidu v prvních týdnech těhotenství. V úvahu byly brány ale i jiné faktory. Bylo vyloučeno působení rentgenového záření i nedostatečná nebo chybná výživa matky během těhotenství. Infekční choroby nemohly být zcela vyloučeny u většiny případů.

Závěr

V průběhu roku 1961 se v porodnicích v oblasti Stirlingshire narodilo 10 dětí s významnými defekty končetin. Nejméně 8. matkám byl v prvních týdnech těhotenství předepsán thalidomid. Toto zjištění potvrzuje podobnost s dalšími případy v Evropě i jinde ve světě.

SWANSON, Alfred B. *Phocomelia and congenital limb malformations : Reconstruction and prosthetic replacement. The American Journal of Surgery. March 1965, Volume 109, no. 3, s. 294-299. Dostupný také z WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961065800770>>. ISSN 0002-9610. [53]*

Publikace z poloviny 60. let se zabývá problematikou vrozených postižení hlavně horních končetin a jejich řešením v Michiganském centru pro amputované děti. Představuje zde několik modelových situací, ke kterým je zde přistupováno s nadhledem a dávkou inovace. K jejich řešení je využito nekonvenčních metod z oblasti chirurgie, rehabilitace, psychologie a protetického vybavení.

Experiment

Zdravá lidská ruka využívá běžně pouze 10 procent svého funkčního potenciálu. Mnoho funkcí rukou, které jsou pro zdravého člověka považovány za důležité, je možné díky tréninku nahradit jinou metodou. Tuto skutečnost je velmi důležité si uvědomit obzvláště u dětí s postižením horních končetin, které se samy naučí maximálně využívat potenciál svého těla při každodenních úkonech. Nejdůležitější funkcí ruky je uchopování. Pro pacienta je důležité, aby měl dvě protilehlé části, které je možné časem vytrénovat pro aktivní, ač funkčně omezený, úchop. Proto případy amputace nebo srůstu se často řeší chirurgicky, kdy jsou kosti předloktí nebo ruky od sebe odděleny tak, aby bylo možné je využít jako uchopovací jednotku. V každém případě je důležité provést zákrok v co nejnižším věku, kdy pacient lehce nově situaci přivykne.

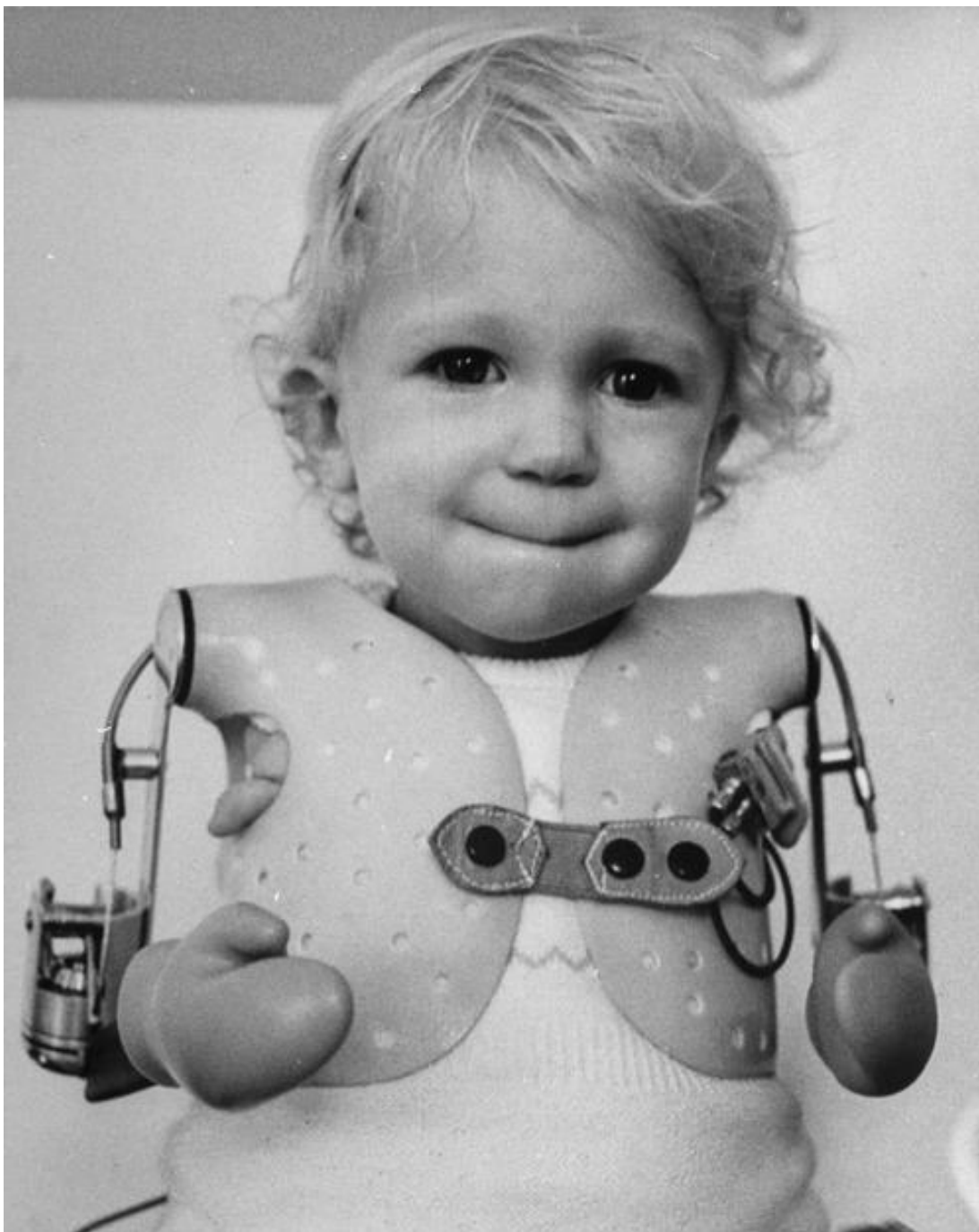
Výsledky

Pro náš projekt je nejzajímavější ta část článku, která se věnuje fokomélii. Je zde prezentováno řešení, kdy postiženému dítěti je na míru navrženo nekonvenční protetické vybavení, které pacient ovládá zbylými částmi ruky. Tyto protézy jsou buď tahové, nebo s elektrickou podporou. Nevýhodou tohoto řešení je, že pacient má pouze vizuální zpětnou vazbu o síle stisku. Problém v navrhování těchto protéz spočívá v tom, že pacienti s fokomélií je často odkládají kvůli přílišné zátěži a omezení, s kterým je jejich používání spojeno.

Závěr

V článku byly vyzdvihnuty přístupy k rehabilitaci pacientů s abnormálními končetinami a důležitá role chirurgické rekonstrukce a protetických náhrad. Pro volbu náhradních modelů horních končetin a jejich indikaci je nutná důkladná analýza a správné porozumění problémové situaci.

Reprodukce v článku jsou ve špatné kvalitě, proto je na následující straně ilustrativní vyobrazení pomůcky, která funguje na stejném principu jako jeden z modelových případů prezentovaný v článku.



Obr. 47 Pomůcka pro děti postižené fokomélií z 60. let [54]

MARQUARDT, ERNST. THE HEIDELBERG PNEUMATIC ARM PROSTHESIS. THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY. August 1965, vol. 47 B, no. 3, s. 425-434. Dostupný také z WWW: <<http://web.jbjs.org.uk/cgi/reprint/47-B/3/425.pdf>>. ISSN 1535-1386. [55]

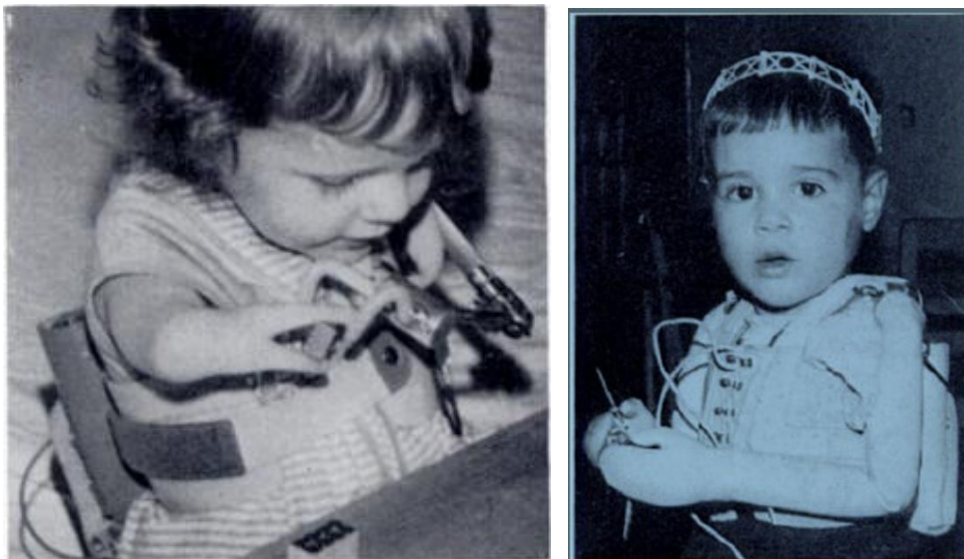
Na univerzitní ortopedické klinice v Heidelbergu se zaměřili na vývoj nového typu protézy obzvláště pro dětské pacienty s vysokou úrovní amputace a s amputací v rameni. Článek se zabývá jak postiženími vrozenými, tak získanými a po úraze. Jedním z příkladů je použití také u fokomelického pacienta.

Experiment

S realizací tohoto projektu začali na klinice již v roce 1948. Šlo tehdy o experimentální vývoj protézy poháněné pneumatically. Heidelbergská protéza je poháněna stlačeným oxidem uhličitým.

Výsledky

Toto řešení má stejné nevýhody jako jiné typy využívající externí napájecí zdroj, tedy potřebu zdroj měnit nebo jej dobít, dále nutný servis a technickou péči. Vývoj tahem ovládaných protéz byl v té době již tak daleko, že autoři článku spekulují nad vhodností vývoje jiného typu pomůcky a kladou na výsledky své práce zvlášť vysoké nároky. Úspěch je prý zaručen pouze tehdy, pokud toto řešení opravdu nabízí amputovaným konkrétní výhody, a to 1) ve výdrži pohonu, 2) v jednoduché manipulaci, 3) v počtu požadovaných pohybů a 4) v ovládacím prvku.



Obr. 48 a 49 Pneumaticky poháněné protézy pro děti s postižením HK [55]

Závěr

U fokomelicky postiženého pacienta je pneumatickou protézou možné ovládat i extrémně slabými prsty. Díky použití této pomůcky byl pacient schopen při hře předávat hračku z ruky do ruky. Přesto autoři poukazují na skutečnost, že děti k sebeobsluze používají raději nohou, než jakoukoliv protézu.

4 VYMEZENÍ CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Hlavní cíl:

Cílem disertační práce je provést redesign kompenzační pomůcky vytvořené specializovanou firmou z dílů homologovaných pro stavbu pomůcek pro pacienty s amputací. Tato pomůcka byla vytvořena na míru konkrétní osobě postižené fokomélií, ale její používání s sebou již od začátku nese četné problémy. Aplikovaný redesign si dává za cíl tyto problémy odstranit a případně vnést do návrhu další užitnou hodnotu při zachování pohyblivosti a komfortu uživatele.

Vedlejší cíle:

Vedlejší cíle této práce lze stručně charakterizovat v následujících bodech:

jednoduchá ale maximálně funkční konstrukce

- možnost skládání
- široký rozsah pohybů
- možnost složeného pohybu

využití nosnosti zad

- komfortní nošení
- příznivý dopad na držení těla

jednoduché nasazování a sundávání

- osamostatnění

ovládání rukama pacienta pomocí ovladače

- intuitivní ovládání
- zpětná vazba
- možnost složeného pohybu

nehumanizovaný vzhled

- přiznání technického charakteru
- atraktivní design

5 METODY PŘÍSTUPU A NÁVRH ZPŮSOBU ŘEŠENÍ

5

Potřeba komplexnějšího a profesionálního řešení vyústila v oslovení firmy MS ortoprotetika, která se problému ujala a vyrobila pomůcku na míru našemu pacientovi. Vznikla pomůcka, která je však ve své podstatě (konstrukce, ovládání, uchycení) určená pro jiný typ postižení (amputace, vrozená amputace). Jde tedy pouze o náhradní řešení a její použití u fokomelického pacienta je spojeno s celou řadou problémů. Přesto je tato pomůcka chvalitebným počinem, který pomohl odhalit problémy spojené s jejím užíváním a upozornit na potřebu vývoje zcela nové a unikátní pomůcky cílené na pacienty postižené fokomélií.

5.1 Kompenzační pomůcka DynamicArm 12K100

5.1

Tato pomůcka posloužila jako výchozí bod pro řešení disertační práce – aplikovaný redesign a návrh zcela nového typu pomůcky.



Obr. 50 Pacient s pomůckou DynamicArm 12K100

5.1.1 Jak vznikala

Vývoj a výroba pomůcky firmou MS Ortoprotetika probíhala od února 2010 do dubna 2011.

Postup vývoje – jednotlivé konzultace v chronologickém pořadí:

22. 2. 2010

Při první návštěvě proběhla rozvaha nad základním konceptem projektu a nad jeho přínosem. Současně se uvažovalo o konstrukčním řešení pomůcky v těchto hlavních bodech:

- Zda se pomůcka vyrobí na obě ruce, nebo prozatím jen na jednu.
- Jak bude pomůcka k tělu uchycená, aby její nasazování bylo co nejjednodušší a přitom uchycení poskytovalo dostatečnou oporu.
- Okrajově proběhla diskuze o možnosti použití výměnných pracovních nástavců.

Závěr

- V případě schválení pojišťovnou bude vyvinuta pomůcka na obě ruce (jednostranná pomůcka by svou vahou nepříznivě působila na držení těla a druhá ruka by chyběla při manipulaci oběma rukama).
- Pomůcka bude zavěšena kolem ramen, aby se tíha přenesla z paže na trup.
- Je žádoucí co nejméně omezit pacientovy ruce tak, aby je mohl používat i přes nasazenou pomůcku.
- Pokud to schválí revizní lékař, pomůcka bude ovládaná myoelektricky. V opačném případě bude pomůcka mechanická.

Proběhlo první měření myosignálů:



Obr. 51 Měření myosignálů

Pozn.: Do 18 let věku je u zdravotní pojišťovny možné nárokovat úpravu pomůcky dle potřeby, pak 1x ročně.

Tzn., že je možné ji doplnit o nějaký nový díl, nástavec apod.

28. 4. 2010

Od pojišťovny byla získána poukázka pro výrobu pomůcky na jednu ruku. Pokud se pomůcka osvědčí, bude možné získat dotaci pro výrobu pomůcky i na druhou ruku. Proběhlo přesné naměření myoelektrických signálů a zaznačení jejich polohy na pacientově paži. Následně byl sejmut sádrový otisk obou ramen kvůli zavěšení. Byla ověřena korektnost bodů a jejich otisknutí na sádrovém modelu. Proběhla zkouška nasazování sádrového lůžka. Byly objednány potřebné díly ze zahraničí.



Obr. 52 Snímání sádrového otisku



Obr. 53 Sádrový otisk

7. 1. 2011

Od poslední návštěvy si pacient nechal vytetovat na paži značky v místech naměřených signálů kvůli jejich lepšímu vyhledání.

Bylo vyrobeno zkušební plastové lůžko, které bylo následně několikrát upraveno (tvarování za tepla, odstranění přebytečného materiálu), dokud dobře nesedlo na paži. Dle tohoto lůžka bylo vytvořeno finální lůžko z transparentního měkčího plastu.



Obr. 54 Zkoušení plastového polotovaru lůžka

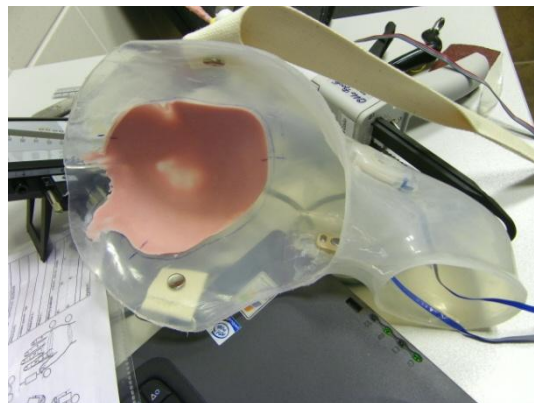


Obr. 55 Plastový polotovar lůžka

10. 1. 2011

Dodatečně bylo provedeno eliminování míst, kde lůžko tlačí, a modelace v místech, kde lůžko těsně nedosedalo na paži.

Polotovár byl doplněn o popruh se suchým zipem, díky kterému je celá pomůcka upevněna pod druhou paží.



Obr. 56 Zkoušení druhého plastového polotovaru

Obr. 57 Druhý plastový díl

13. 1. 2011

Této konzultaci se zúčastnili i technici z firmy OttoBock, která dodává veškeré sériově vyráběné díly a zajišťuje jejich montáž. Na plastové lůžko byly připevněny kovové tyče a za pomoci pásky se k nim přidělal loketní kloub s předloktím. Zkoušela se jeho správná poloha (natočení a délka) vůči lůžku a trupu. Celková délka umělého předloktí byla zkrácena asi o 8 cm na ideální délku. Dále byla přiložena i umělá ruka, aby bylo možné odhadnout správné uložení všech komponentů vůči sobě.



Obr. 58 Zkoušení výrobku s předloktím

Obr. 59 Výrobek s předloktím

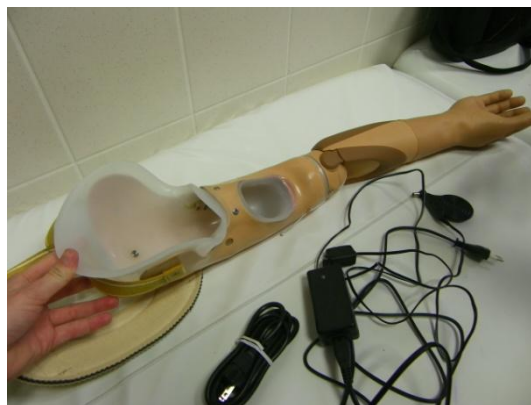
26. 1. 2011

Na již skoro kompletní pomůcce proběhlo ještě pár finálních úprav ze strany techniků společnosti OttoBock. Pomůcka byla vylepšena o polstrovanou objímku kolem protějšího ramene a podpaží. K této objímce je pomůcka připevněna pomocí popruhu, který se na zádech kříží a je pružný. Když byla pomůcka kompletní, proběhl nácvik nasazování a ovládání za pomoci počítače. Během nácviku bylo doladěno softwarové nastavení pomůcky a citlivost elektrod a pacient si mohl pod odborným vedením osahat ovládání a přepínání mezi jednotlivými funkcemi.

Pacientovi byla pomůcka předána pro domácí užití. Nyní bude následovat individuální trénink, při němž se mají odhalit případné nedostatky. Ze začátku je nutné trénovat málo a postupně četnost zvyšovat, aby si záda zvykla na neobvyklou zátěž.



Obr. 60 Zkoušení hotové pomůcky



Obr. 61 Hotová pomůcka

9. 3. 2011

Během doby, co má pacient pomůcku doma, se vyskytly technické problémy, kvůli nimž nemohl pomůcku asi měsíc používat. Na pomůcce se totiž uvolnila elektroda a i přes několik oprav, které rodiče doma podle instrukcí technika provedli, se ji nepodařilo dostatečně připevnit a hrozilo nebezpečí, že se při nasazování poškodí nebo utrhne.

Technik obě elektrody zafixoval lepidlem a ještě zajistil páskami.

27. 4. 2011

I přes odstranění problému s uvolněnou elektrodou setrvává problém s kontaktem mezi bodem na kůži a elektrodami. Nasazování pomůcky je obtížné a namáhavé a často dojde k posunutí tkáně paže tak, že body správně nedosedají na jednu nebo obě elektrody a pomůcka se tím pádem stává neovladatelnou. Není možné kontrolovat správnost pozice bodu vůči elektrodě a správné nasazení je pouze otázkou náhody. Bylo provedeno pár tvarových úprav lůžka, které měly zjednodušit nasazování, ale problém s kontaktem to nevyřešilo.

Technik navrhl řešení problému tak, že by se signály snímaly a ovládaly na druhé paži a pravou ruku by tedy nebylo nutné obtížně vsouvat do lůžka s požadavkem na přesnost. Na levé paži by bylo možné signály jednoduše a přesně lokalizovat. Znamenalo by to ovšem neintuitivní ovládání pomůcky umístěné na pravé ruce signály vysílanými rukou levou. Levá ruka by byla omezena připevněním dalšího aparátu a bylo by nutné vyřešit vedení kabeláže přes záda od receptoru k efektoru.

Zde vznikla myšlenka vrátit se zpět ke koncepci ovládání pomůcky dlaní a prsty pacienta. Bohužel se žádný podobný systém v protetice nevyskytuje a vývoj a výrobu takového specifického charakteru by žádná pojišťovna finančně nepodpořila.

5.1.2 Díly

Pomůcka DynamicArm 12K100 je vyrobená ze standardizovaných dílů vyráběných pod značkou Otto Bock.

DynamicArm 12K100 se skládá z těchto dílů:

- ruka a zápěstí MyoHand VariPlus Speed
 - paže DynamicArm
 - lůžko a upevňovací systém na míru
-
- **MyoHand VariPlus Speed®**
viz blíže kapitola 4.7.1, str. 36



Obr. 62 Mechanismus MyoHand VariPlus Speed ® [56]

- **DynamicArm® / Otto Bock**
viz blíže kapitola 4.7.1, str. 40



Obr. 59 DynamicArm [63]

5.1.3 Specifika

Materiál

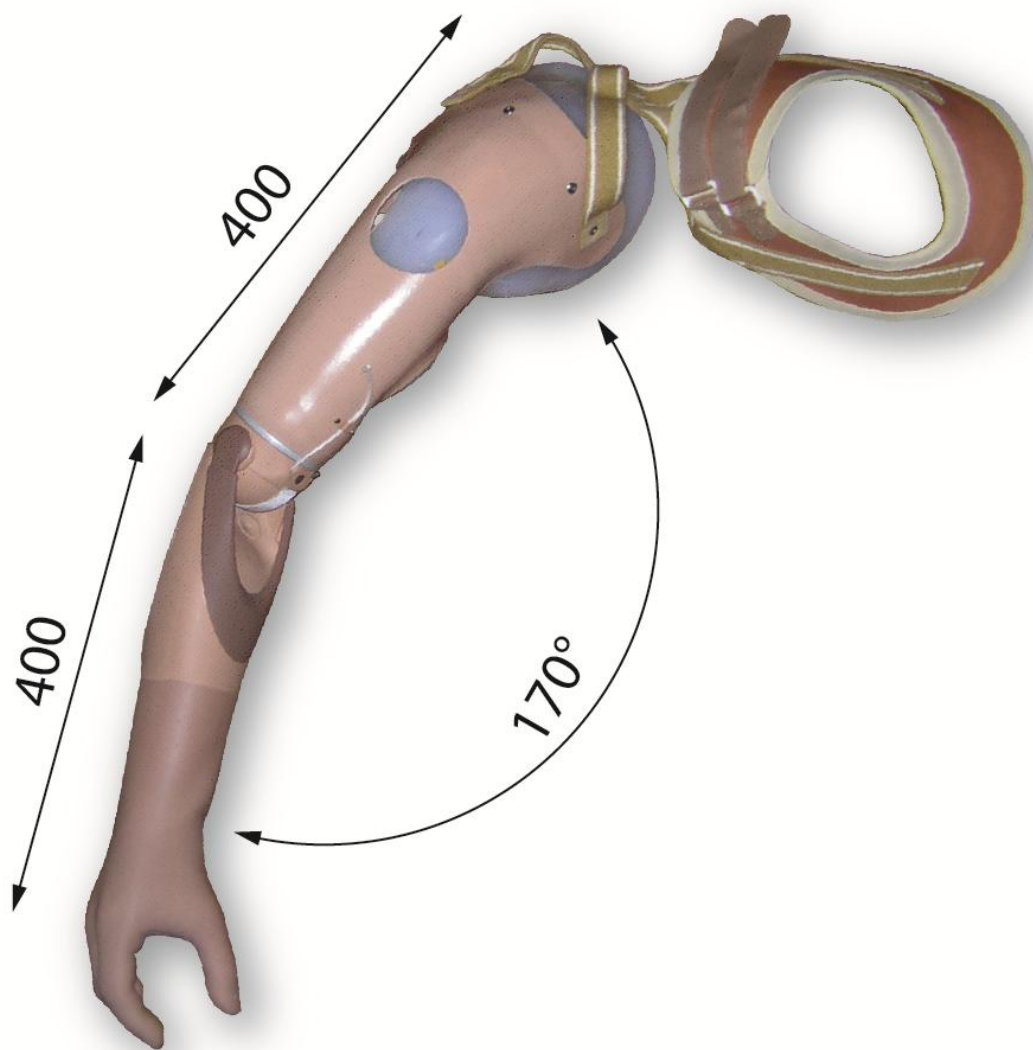
Na výrobu pomůcky jsou použity ověřené materiály běžně používané v protetice. Vnitřní mechanismy jsou standardně vyrobeny z kovu a plastu. Vnější plášť je z praktických důvodů plastový, a tedy odolný a omyvatelný. Část, kde pomůcka doléhá na kůži, je vyroben z měkkého plastu s antibakteriální úpravou.

Ruka protézy je krytá silikonovou rukavicí, která umožňuje pohyb prstů a zároveň chrání její mechanismus. Silikonové prvky mají decentní barevné odstupňování a zároveň zajišťují tlumení hluků a otřesů, které mohou vznikat např. při styku s tvrdým povrchem. Uchycení přes druhou paži je zprostředkováno textilní objímkou. Ta je s protézou spojena pružnou textilní páskou.

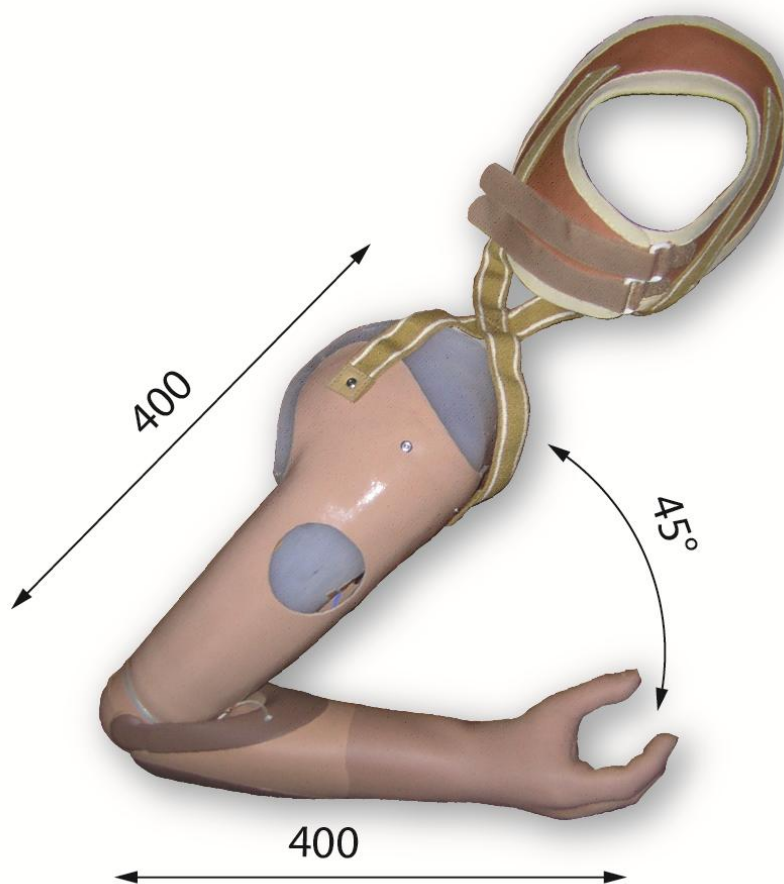
Rozměry a hmotnost

Hmotnost: 2,3 kg

Rozměry:



Obr. 64 DynamicArm 12K100 - základní rozměry a rozsahy v extenzi



Obr. 65 DynamicArm 12K100 - základní rozměry a rozsahy ve flexi



Obr. 66 DynamicArm 12K100 – vnitřní strana

5.1.4 Pozice

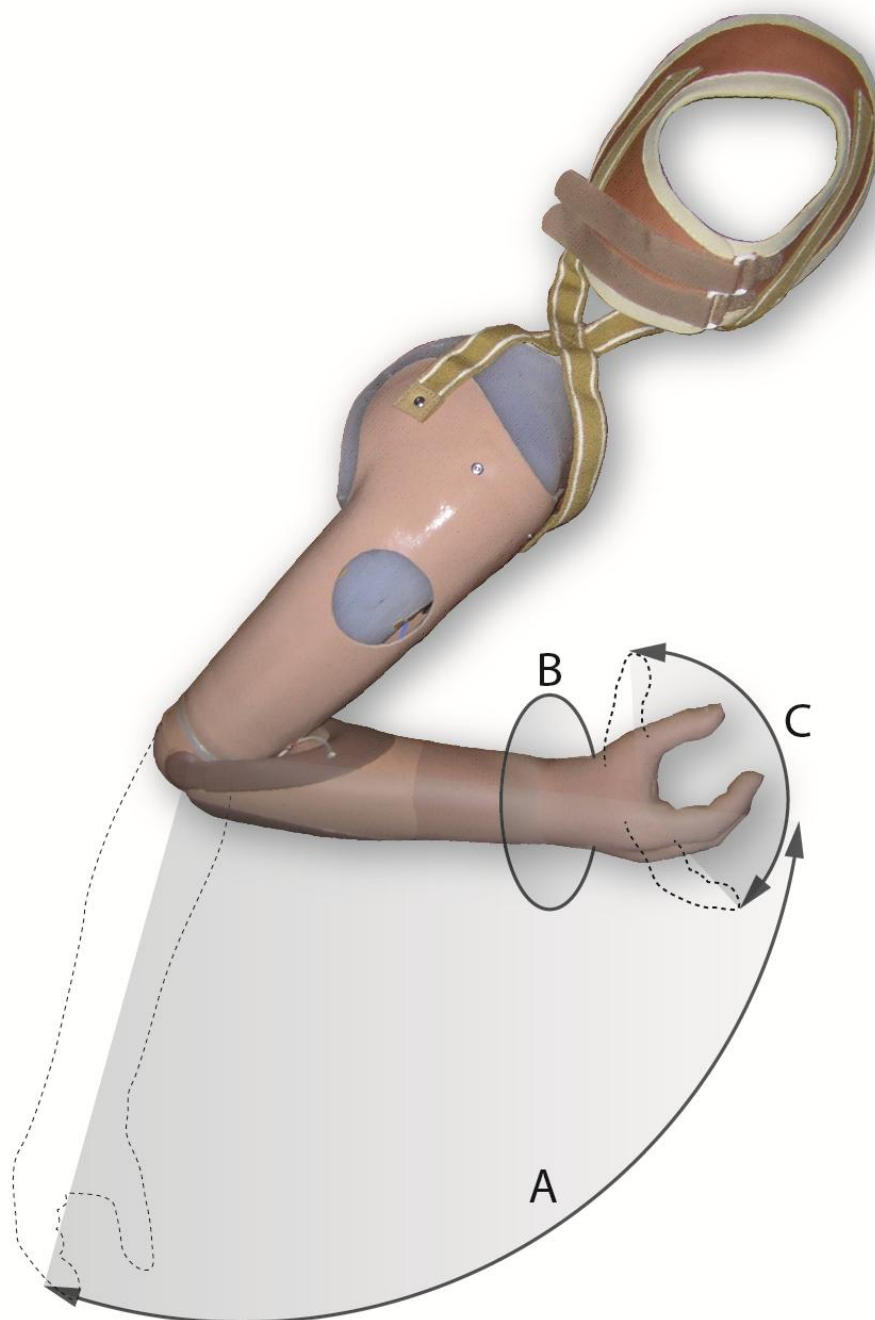
Pomůcka DynamicArm 12K100 vyrobená firmou MS ortoprotetika dovoluje tři různé nezávislé pohyby (Obr. 67):

A ohýbání v lokti

B otáčení zápěstí

C svírání dlaně

Další pohyby jsou již závislé na pohybu ramen a trupu. Avšak omezená pohyblivost ramen v kombinaci s tíhou pomůcky poskytuje jen velmi omezený rozsah dalších pohybů.



Obr. 67 DynamicArm 12K100 – rozsah pohybu

5.1.5 Typy úchopů

Pomůcka zvládá jeden typ univerzálního úchopu. Ten je dán tím, že funkční jsou pouze tři prsty – palec, ukazováček a prostředníček. Palec se proti dvěma prstům pozicuje. Prsteníček a malíček jsou součástí kosmetické rukavice a jsou samostatně nehybné (pohybují se v závislosti na pohybu kosmetické rukavice). Poskytují pouze pasivní podporu.

Úchop, kterého je pomůcka schopná je tedy kombinací silového a přesného úchopu, přesněji jej můžeme specifikovat jako kompromis mezi cylindrickým a špetkovým úchopem. (Obr. 67)

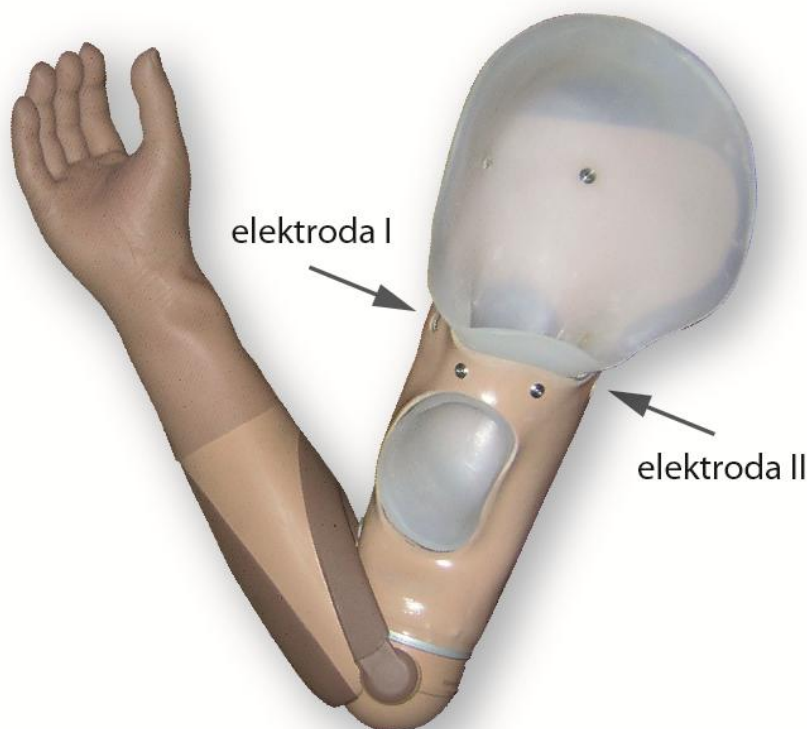
5.1.6 Ovládání

Pomůcka je ovládaná myoelektricky, což znamená, že na kůži jsou detekovány vhodné body a na jejich místech jsou pak elektrodami snímány myoelektrické impulsy, kterými je pak pomůcka ovládána. Elektrody snímají body na horní části paže. Jeden bod je v oblasti bicepsu, druhý v oblasti tricepsu (Obr. 68):

elektroda I ovládá extenzi paže v lokti a v dlani a pronaci v zápěstí

elektroda II pak opačný pohyb, tedy flexi v lokti a dlani a supinaci zápěstí.

Je možné ovládat vždy jen jeden pohyb v daný čas. Přepínání mezi jednotlivými pohyby (loket, zápěstí, dlaň) je řízeno tzv. kokontrakcí, což je aktivace obou signálů zároveň. O úspěšném přepnutí mezi jednotlivými pohyby je uživatel informován buď zvukovým signálem, nebo vibrací. Mód ovládací dlani je signalizován jedním signálem, zápěstí dvěma signály a přepnutí do módu k ovládnutí ohybu v lokti je signalizováno třemi signály.



Obr. 68 DynamicArm 12K100 – umístění elektrod

5.1.7 Komfort nošení

Pomůcka DynamicArm 12K100 se nasazuje na holé tělo. Je nutné, aby uživatel při nasazování i sundávání měl svlečenou horní polovinu těla.



Obr. 69 Zkouška zavěšení DynamicArm 12K100



Obr. 70 Zkouška zavěšení DynamicArm 12K100 – pohled zezadu

Jedním z hlavních cílů při navrhování pomůcky bylo co nejméně omezit pohyb stávajících rukou uživatele, aby bylo možné je alespoň částečně použít, i když je pomůcka nasazena.

Lůžko, v němž je usazena ruka, je tedy netradičně tvarováno jako tunel, na jehož konci vyčnívají prsty. Funkce rukou uživatele je ale i přes tuto snahu o zachování hybnosti omezena nad míru a běžné pohyby jsou znemožněny. Hlavní příčinou je úzký otvor, který paži těsně obepíná a také tíha pomůcky, která shora na ruku tlačí.

Pomůcku si pacient nenasadí ani nesundá sám. Vždy je při tom nutná asistence druhé osoby, kvůli velké obtížnosti nasazování i sundávání. Nejprve je nutné na ruku nasadit textilní návlek, který eliminuje tření kůže o plastové lůžko. Poté je nutné dostat ruku do pomůcky tak, aby ovládací elektrody správně dosedaly na dané body na kůži. Tato operace je nejvíce náročná a nepříjemná, protože otvor pomůcky je úzký a fokomelická ruka má svůj specifický tvar. Často dojde vlivem posunu měkkých tkání ke špatnému sesazení bodu a elektrody a pomůcka je prakticky neovladatelná. Je nutné ji sundat a pokusit se ji nasadit znovu do správné polohy. Když je vše na svém místě, zajistí se pomůcka přes levou ruku a rameno textilní objímkou.

Při nošení se kůže pod pomůckou potí a dochází k nepříjemnému svědění, protože v místě, kde pomůcka pokožku kryje, není možné se poškrábat. Po sundání pomůcky je kůže zarudlá a otláčená. Pomůcku není vhodné nosit delší dobu, protože její tíha působící jen na jednu stranu a má špatný vliv na správné držení těla.

5.1.8 Vzhled

Vnější vzhled pomůcky DynamicArm 12K100 respektuje současné trendy v oblasti protetiky. Pomůcka je humanizována, tzn., napodobuje vzhled lidské ruky jak tvarem, tak barevností. Veškeré vnější plastové díly jsou tělové barvy a kosmetická rukavice se snaží o co nejvěrnější připodobnění k lidské ruce, včetně propracování nehtů, struktury a zvlnění kůže, barevného odstupňování atd. DynamicArm 12K100 je přizpůsobena lidskému tělu tak, aby postižení bylo skryto a tělo na první pohled působilo normálně. Při bližším pohledu je ale jasné, že s rukou není něco v pořádku.

5.1.8



Obr. 71 Kosmetické rukavice [58]

5.1.9 Výhody a nevýhody

Přesto že se tento produkt snaží o maximální krytí handicapu a optická a akustická nenápadnost tomu napomáhají, jeho primární určení je pro osoby po amputaci nebo při vrozeném postižení, kdy není vyvinuta ruka s prsty. Proto jeho použití u fokomelických pacientů s sebou nese četné problémy. Je třeba však zdůraznit, že pomůcka DynamicArm 12K100 je prvním pokusem o moderní kompenzační vybavení pro osoby postižené fokomélií u nás.

Výhody:

Dostupnost

Pomůcka byla vyvinuta specializovanou firmou a financována zdravotní pojišťovnou. Dá se o ní tedy říct, že při splnění podmínek daných zdravotní pojišťovnou je pro postižené fokomélií dostupná.

Nevýhody:

Nesamostatnost

Uživatel si pomůcku sám nenasadí ani nesundá. Vždy je potřeba asistence další osoby.

Obtížné nasazování a sundávání

Proces nasazování a sundávání je nepříjemný a bolestivý a dochází při něm k otláčení.

Časté problémy s kontaktem elektrody a bodu na kůži

Někdy je nutné pomůcku nasazovat několikrát, než elektrody dosednou na správná místa. Tento opakující se proces vede ke ztrátě motivace.

Neintuitivní ovládání

Pomůcka je ovládaná myoelektricky a nevyužívá potenciálu vlastních rukou pacienta. Učení precizního ovládání je otázkou delší doby. V daný čas je možné ovládat pouze jeden pohyb.

Není zpětná vazba

Uživatel má pouze vizuální zpětnou vazbu. Necítí sílu stisku a při zavřených očích nemá představu o pohybu pomůcky.

Omezení pohybu

Uživatel je schopen vykonávat spoustu sebeobslužných úkonů vlastníma rukama a bez pomoci. Pomůcka těsně obepíná převážnou část paže a podstatnou vahou tlačí na ruku, čímž její pohyb radikálně omezuje.

Nevhodný design

Pomůcka působí jako náhrada chybějící končetiny. Při fokomélii ale končetina nechybí, je pouze zkrácená a navíc je v podstatné míře funkční. Skrývání handicapu v tomto případě postrádá smysl.

5.2 4TE pomůcka – výsledný design

5.2

konstrukce v podobě batohu

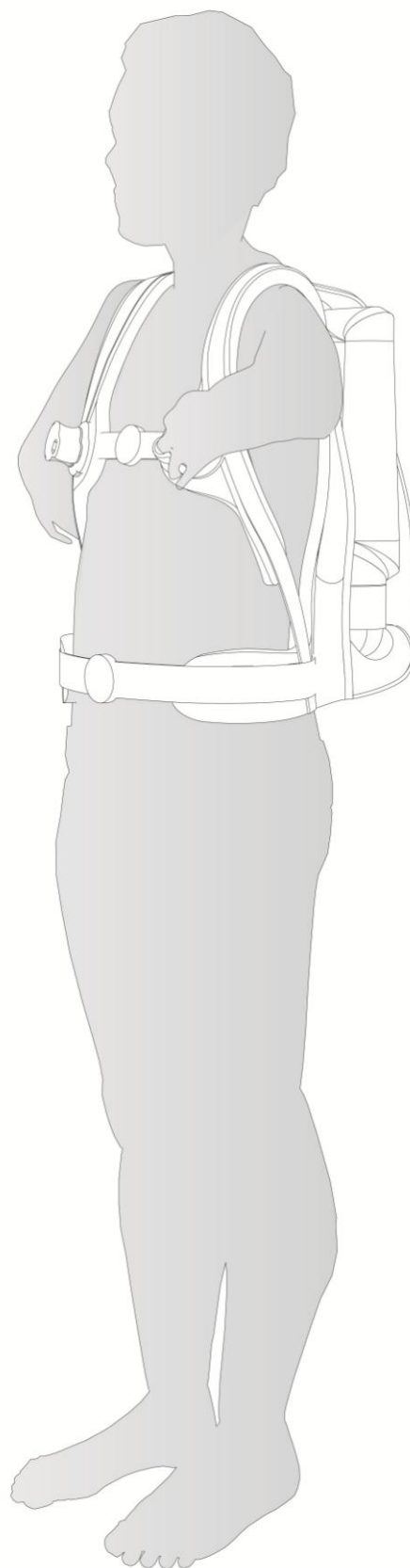
intuitivní ovládání se zpětnou vazbou

jednoduché nasazování a sundávání
bez nutnosti asistence druhé osoby

pohodlné, přirozené a zdravé nošení

ruce nejsou omezeny v přirozeném pohybu

čitelný, upřímný a čistě funkční design



Obr. 72 Pomůcka 4TE

Na základě zadání disertační práce (Redesign kompenzační pomůcky horní končetiny) vznikl designérský návrh pomůcky, který řeší odstranění všech nedostatků, které se vyskytly u pomůcky DynamicArm 12K100.

Pomůcka nese pracovní označení **4TE** [forte] – protože **forte** = **silná stránka**
VÝSLEDNÝ NÁVRH KORESPONDUJE S NÁZVEM, SNAŽÍ O ZMĚNU NEVÝHODY VE VÝHODU – SILNOU STRÁNKU.

5.2.1 Jak vznikala

Vývoj pomůcky 4TE byl dlouhý proces, během kterého se základní koncept od základu několikrát změnil. Objevovaly se nové poznatky a s nimi se proměňoval celý přístup a náhled na problém. Mezním momentem byla spolupráce s firmou MS Ortoprotetika, která vyrobila pomůcku konvenčními metodami. Tato pomůcka posloužila jako základní kámen při odhalování nedostatků a pro stanovení základních parametrů, které by měla mít kompenzační pomůcka pro osobu postiženou fokomelií. Tato kapitola názorně ukazuje tři hlavní přístupy včetně finálního v chronologickém pořadí doprovázené skicami.

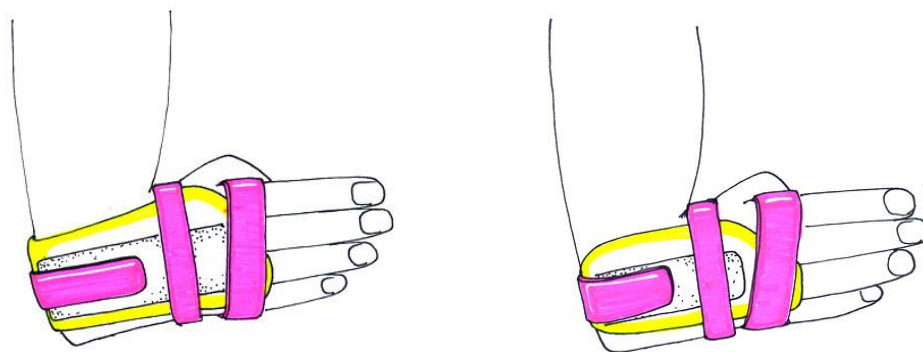
1. KONCEPT

Experiment

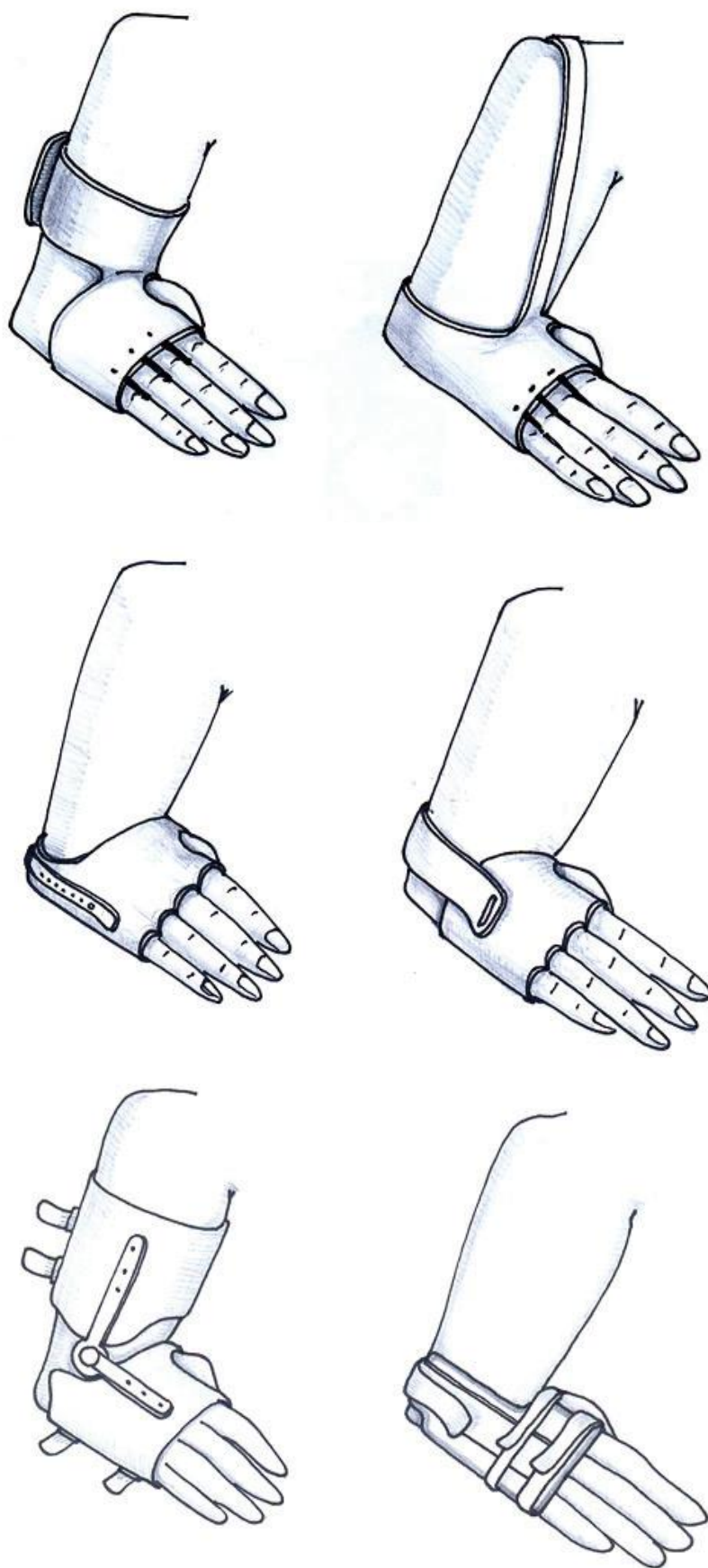
Prvotní zamyšlení nad možným řešením pomůcky s sebou přineslo úvahy nad základními požadavky, které by pomůcka měla splňovat:

- počet náhrad (na jednu ruku x na obě ruce)
- ovládání (mechanicky x elektricky)
- způsob uchycení (na ruku a zápěstí jako rukavice x celou paži x rameno)
- při stisku dojde (k sevření x rozevření)
- zakončení pomůcky (chapadlo x univerzální upínák + nástroje)
- nekonvenční design
- výstup (funkční model)

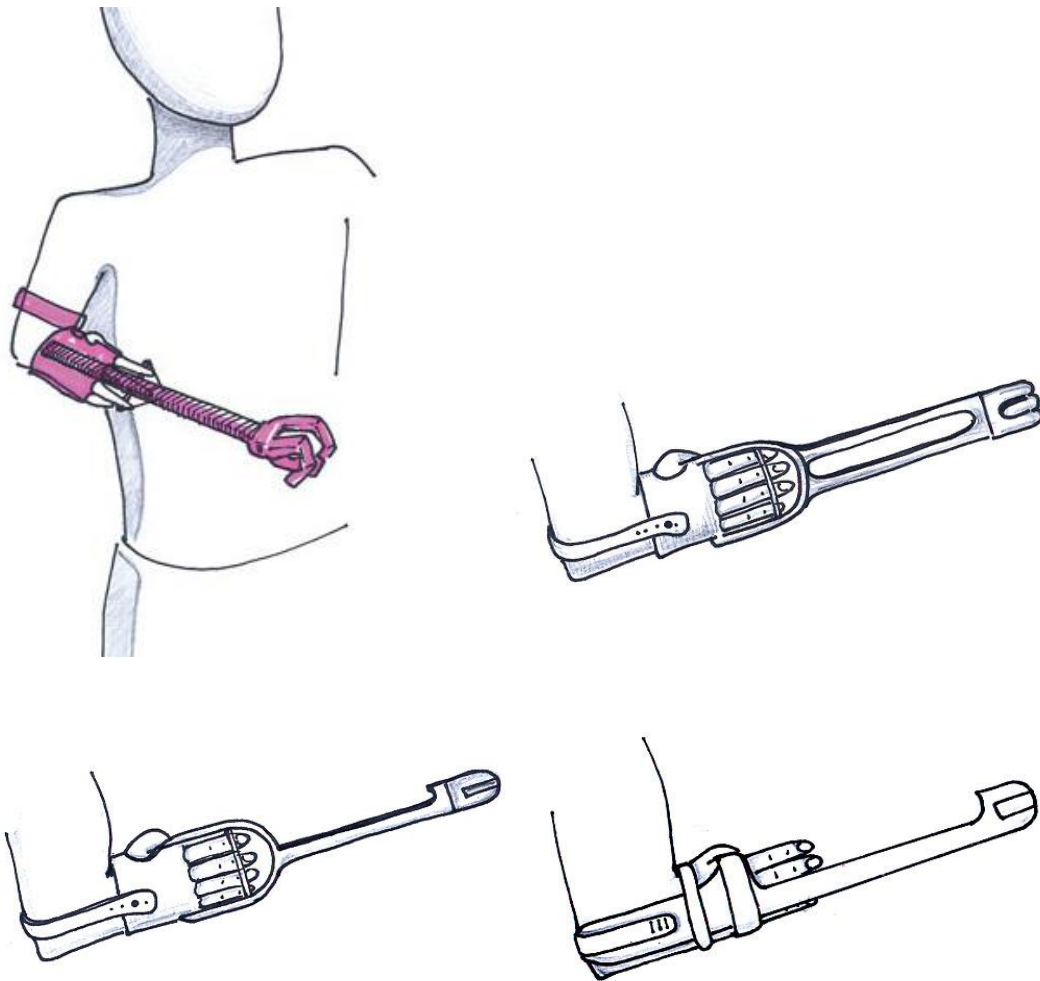
uvažované možnosti přichycení pomůcky k ruce:



Obr. 73 Varianty přichycení pomůcky k ruce



Obr. 74 Varianty přichycení pomůcky k ruce



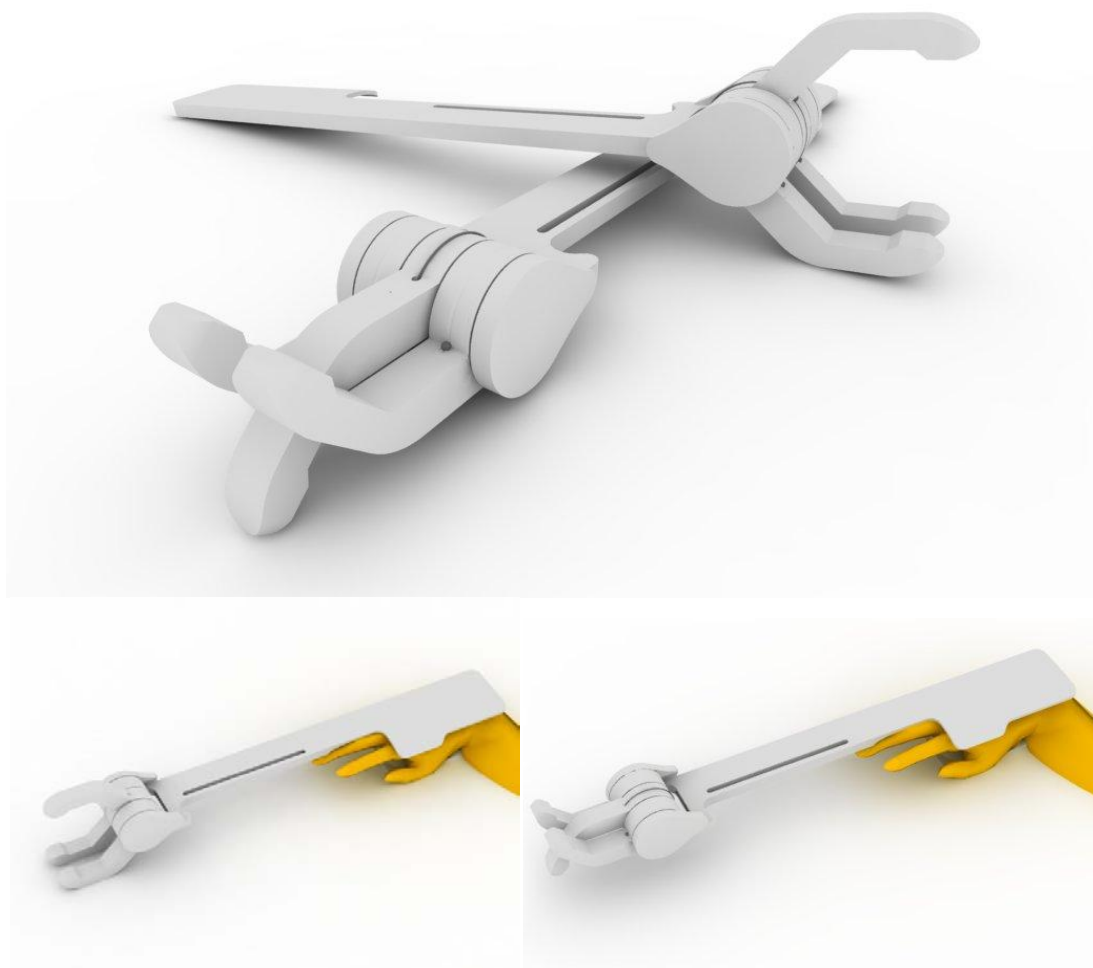
Obr. 75 Varianty koncového chapadla a celkové podoby

Výsledky

Byl vytvořen přibližný sádrový model ruky a pomocí 3D tisku i funkční model pomůcky včetně táhla a svinuté pružiny (Obr. 77).

Výsledný návrh měl tyto parametry:

- nekonvenční řešení
- jednoduchá a lehká konstrukce
- určeno na pravou ruku
- jednoduché mechanické ovládání s využitím síly rukou uživatele
- zpětná vazba – uživatel má představu o vyvíjené síle
- přenos síly realizován pomocí lanek
- koncové prsty opatřeny svinutou pružinou, která je automaticky vrací zpět do výchozí polohy
- háček na konci - přitahování předmětů k sobě
 - nošení lehčích břemen
- přichycení na ruku prostřednictvím suchých zipů



Obr. 76 První koncept – 3D model

Závěr

Model byl vyzkoušen a konzultován s pacientem. Výsledkem bylo odhalení problémů, kvůli nimž se tento koncept ukázal jako nevyhovující z následujících důvodů:

- nevhodně zvolené rozměry v upínací části
- nedostatečná pevnost uchycení na paži
- pacient dokáže zatáhnout za táhlo, ale fokomelická ruka je příliš slabá na to, aby manipulace mohla být komfortní a efektivní



Obr. 77 První koncept – fyzický model



Obr. 78 Výsledná podoba prvního konceptu – zkouška s pacientem

2. KONCEPT

V této fázi do projektu vstupuje firma MS ortoprotetika s pomůckou DynamicArm 12K100, ze které 2. koncept z velké části vychází. Nesnaží se o kompletní redesign, ale zaměřuje se na odstranění dílčích problémů při zachování primární podoby, proporčních vztahů a rozložení hybných mechanismů pomůcky DynamicArm 12K100. Zde byla důležitým faktorem pojišťovna, která uznala nárok na pomůcku prozatím pouze na jednu ruku. (Pokud to bude v budoucnu žádoucí, bude možné vyrobit pomůcku i na ruku druhou.)

Experiment

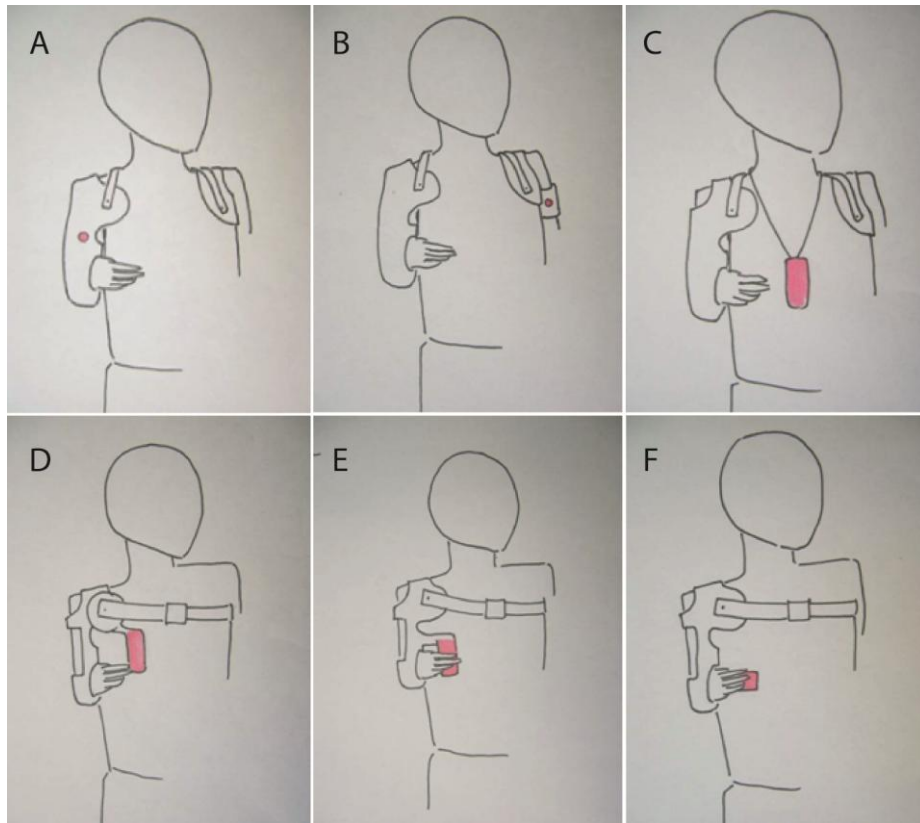
- požadavky na pomůcku ze strany pojišťovny - pro jednu ruku
- požadavky na pomůcku ze strany firmy - odnímatelná, jednoduchá manipulace, využití nosnosti ramen a trupu, ovládání myoelektricky

Při návrhu 2. konceptu byla pozornost zaměřena na hlavní problém - obtížné nasazování pomůcky, při kterém často dojde k nesprávnému sesazení snímaných bodů s elektrodou a pomůcka se tak stane neovladatelnou. Proto byl druhý koncept založen na tom, aby pomůcka byla ovládaná pomocí ovladače, který by byl umístěn nadosah pacientovy ruky.

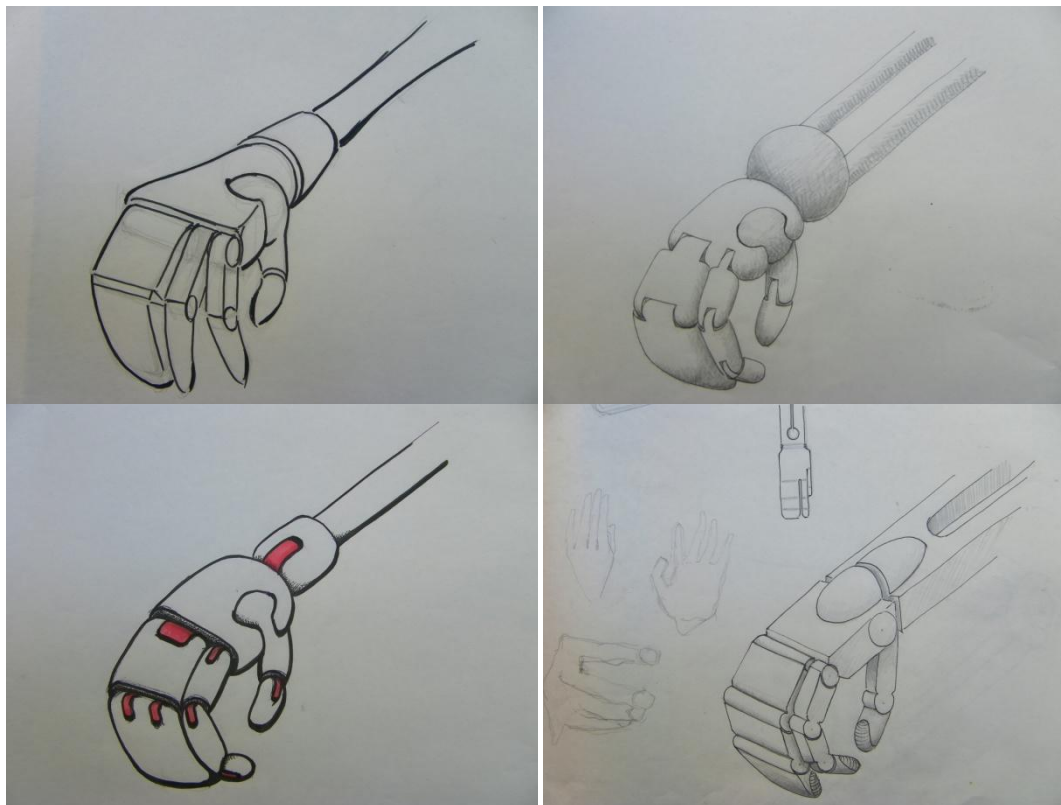
Před samotným návrhem byly stanoveny tyto **základní parametry**:

- ovládání pomocí ovladače
 - intuitivní ovládání
 - zpětná vazba
 - možnost složeného pohybu
- nebudou použity elektrody
 - odlehčená konstrukce
- nehumanizovaný vzhled
 - přiznání technického charakteru
 - atraktivní design
- doplnění o přídavné funkce
 - handsfree, Mp3 přehrávač, platební karta

Na následujících obrázcích jsou prezentovány variantní návrhy umístění ovladače a uchycení pomůcky. Obrázek A prezentuje nevhodné stávající řešení pomocí elektrod. Obrázek B prezentuje způsob, jak by problém s nepasujícími elektrodami řešili ve firmě MS ortoprotetika. Jde o řešení, kde by signály pro ovládání byly snímány na levé ruce, kde by bylo možné je přesně a jednoduše zaměřit.



Obr. 79 Variantní řešení druhého konceptu – skici umístění ovladače



Obr. 80 Variantní řešení druhého konceptu – podoba chapadla

Výsledky

Při řešení bylo vytvořeno několik skic a modelů, které posloužily při hledání ideálního tvaru ovladače, podoby antropomorfního chapadla a tvaru lůžka, ve kterém bude paže uložena.



Obr. 81 Hmotová studie druhého konceptu – modely chapadel a lůžek z claye



Obr. 82 Hmotová studie druhého konceptu – modely ovladačů a lůžek z claye

Závěr

Během práce bylo zjištěno, že pouze částečný redesign je nedostatečný a neřeší v dostatečné míře problémy s nasazováním a komfortem nošení. Proto bylo od tohoto konceptu upuštěno.

FINÁLNÍ KONCEPT – 4TE



Obr. 83 4TE - vizualizace

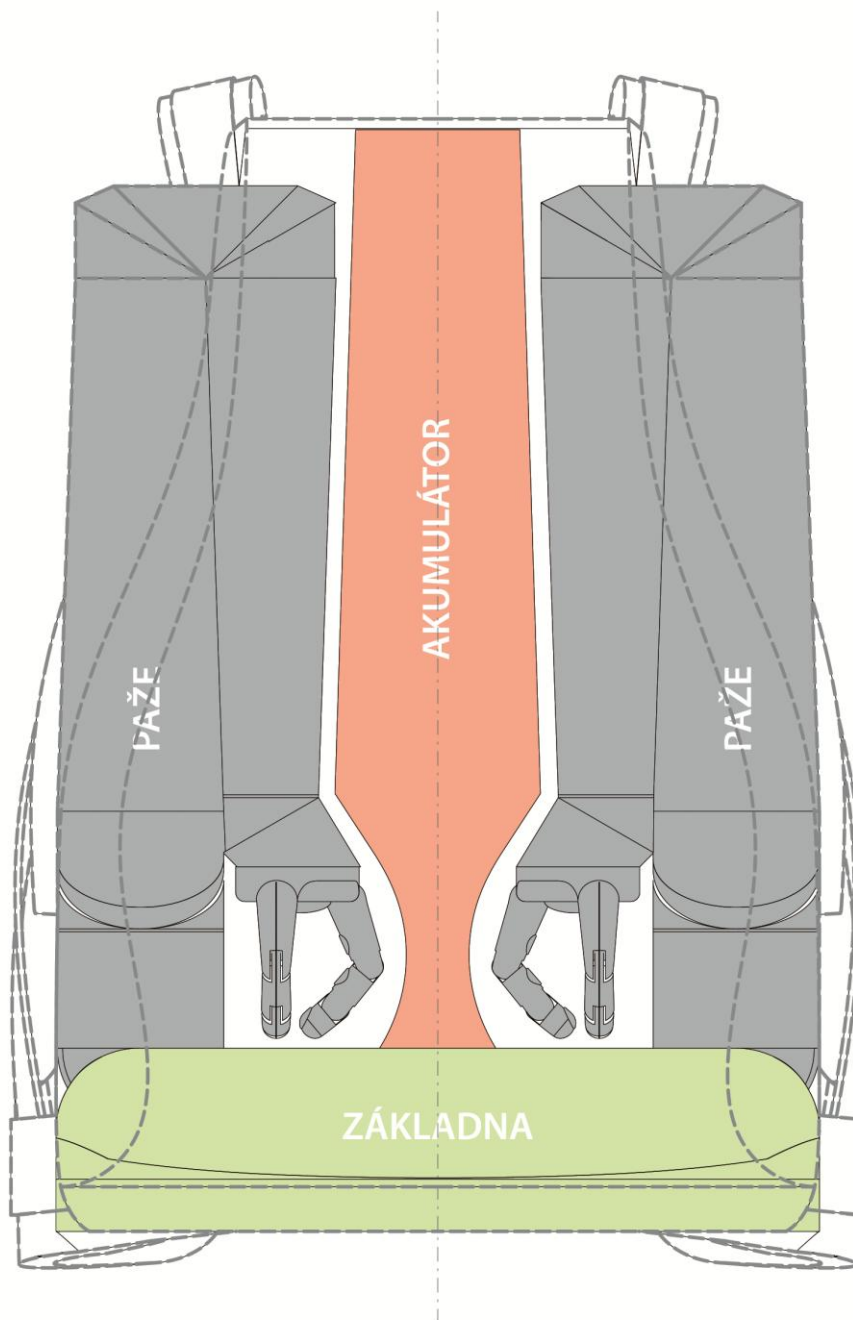
Finální podoba vychází z hlubšího zamyšlení nad podstatou problému a z potřeby komplexnějšího řešení, které by odstranilo veškeré problémy, se kterými jsme se během projektu setkali.

Výsledný koncept se snaží být plnohodnotnou pomůckou poskytující široké možnosti polohování při zachování přirozené pohyblivosti uživatele. Vyznačuje se vysokým komfortem nošení, jednoduchým a intuitivním ovládním se zpětnou vazbou, kdy má uživatel představu o síle stisku chapadla. Velkou výhodou tohoto řešení je osamostatnění – nasadit, sundat i ovládat a obsluhovat pomůcku zvládne uživatel bez větších potíží sám, bez potřeby asistence další osoby.

5.2.2 Specifika

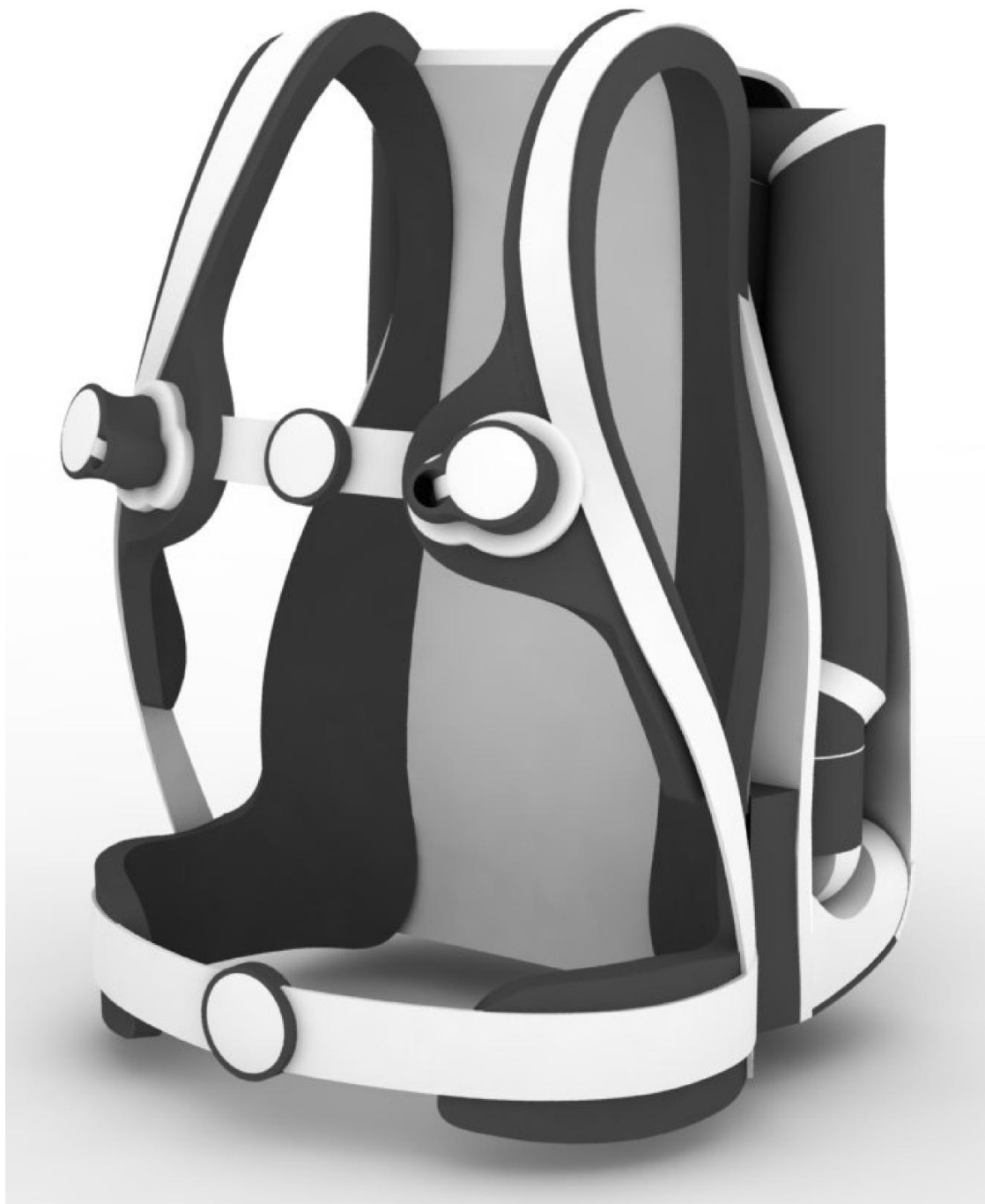
Konstrukce

Konstrukce se snaží o kompaktní tvar a efektivní využití místa při zachování minimálních rozměrů. Hlavním konstrukčním prvkem jsou otočné klouby pod úhlem 45° . Sestava tak umožňuje jednoduchý princip skládání a zároveň široké možnosti polohování. V centrální části batohu je místo pro akumulátor, ve spodní části se nachází základna pro hlavní výklopné klouby. Ramena jsou dostatečně robustní, aby pojaly vnitřní mechanismy pro klouby i teleskopické vysouvání chapadla.



Obr. 84 4TE – pohled do útroh

Návrh má podobu batohu, ve kterém se skrývají robotické paže, které se v případě potřeby vysunou. Pokud pomůcku nebude potřeba použít po delší dobu, paže se zasunou a batoh se jednoduše sundá. Při nasazování a sundávání není nutné převlékání, pomůcka **4TE** může být nošena na zimní bundu i na holé tělo stejně jako obyčejný batoh.



Obr. 85 4TE – složený stav zepředu

Ve složené podobě pomůcka **4TE** směrem dozadu od zad vystupuje jen 105 mm.



Obr. 86 4TE – složený stav zezadu

Pomůcka **4TE** má dvě nezávislé paže, každou se 6 stupni volnosti. Paže jsou zakončené antropomorfními chapadly. Každé chapadlo má 3 stupně volnosti a 10 tlakových senzorů. Pohyb paží je ovládán ovladači typu SpaceNavigátor a uživateli poskytují zpětnou vazbu. Ovladače jsou umístěny tak, aby na ně uživatel postižený fokomélií pohodlně dosáhl.



Obr. 87 4TE – rozložený stav zepředu

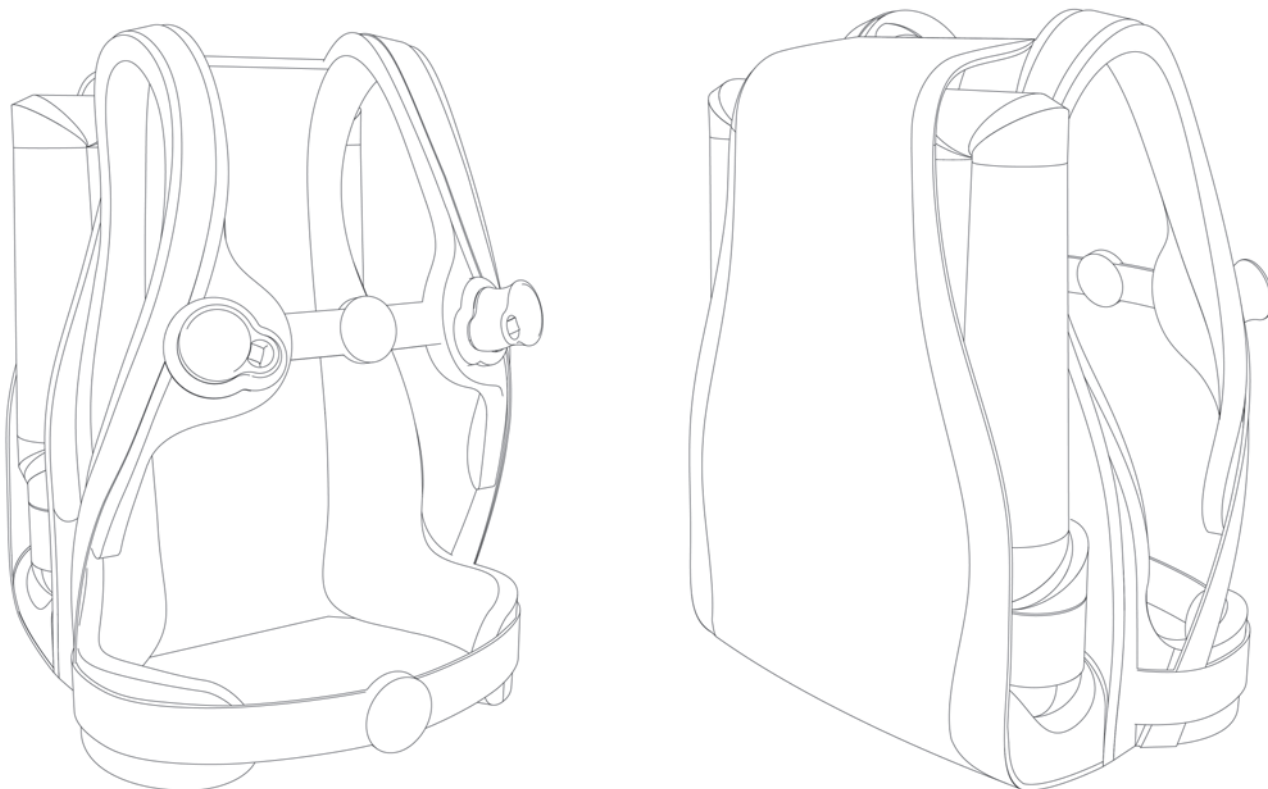
Rozměry a hmotnost

- Hmotnost: bude se odvíjet od použitých materiálů a mechanismů. Předpokládaná hmotnost by se měla pohybovat mezi 5 až 8 kg.
- Základní rozměry:

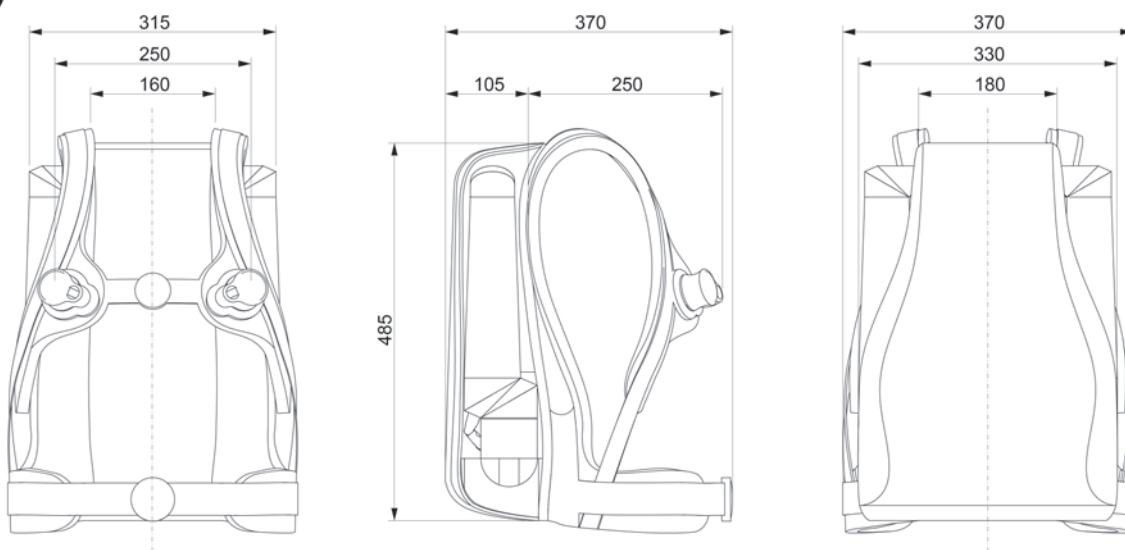


Obr. 88 4TE – základní rozměry

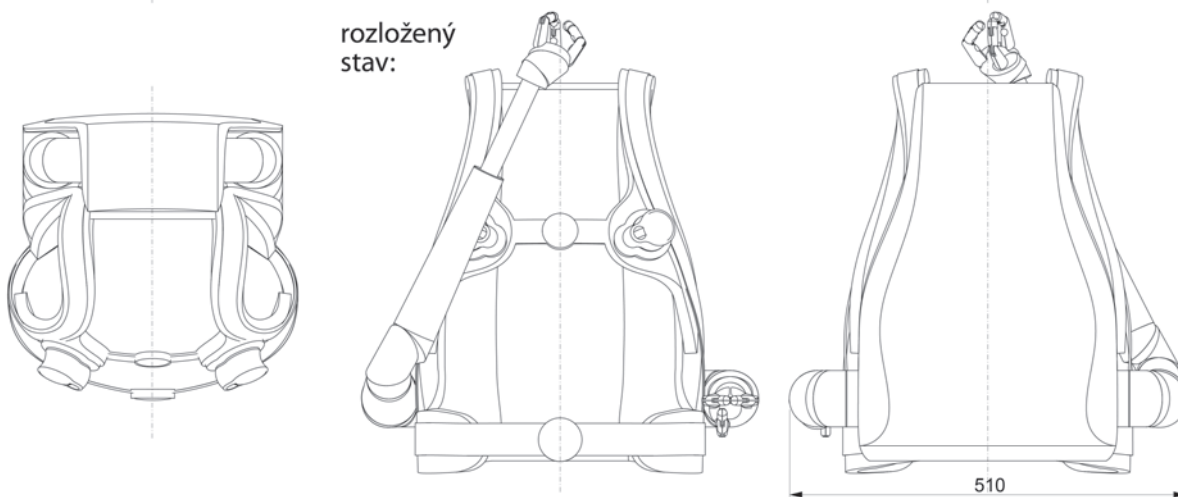
4TE - základní pohledy a rozměry



složený stav:



rozložený stav:



Materiál

Volba materiálů pro výrobu pomůcky **4TE** bude odvislá od zvolených typů vnitřních mechanismů a výrobního postupu. Důležitými parametry bude jejich hmotnost a dostatečná pevnost a odolnost. Pro vnitřní mechanismy je uvažována kombinace lehkých slitin a pro vnější krytí použití plastů. Pro popruhy a polstrované části batohu bude použito klasických materiálů jako při výrobě batohů.

Části, u kterých se předpokládá častý kontakt s pokožkou, by měly být vyrobeny z materiálů s přídavkem stříbra. Takovéto materiály jsou dostupné v podobě termoplastu i tkaniny. Funkční antibakteriální přísada vede k výraznému snížení výskytu bakterií a má dlouhodobý účinek.

5.2.3 Pozice

5.2.3

Díky soustavě otočných kloubů pod úhlem 45° je pomůcku možné pozicovat do mnoha různých poloh. Základní poloha je ve složeném stavu, kdy jsou ramena úsporně složena v nitru batohu. Při aktivaci pomůcky nejprve dojde k jejich vyklopení a pak nastavení do pohotovostní polohy (kolmo k tělu), z níž je možné pomůcku libovolně ovládat pomocí SpaceNavigátoru. Chapadla pomůcky je možno vysunout o dalších 155 mm díky teleskopům. Pomůcka se tak dostane i do vzdálených poloh.

Kolem těla uživatele bude nutné před finální aktivací vytyčit bezpečnostní hranice, přes které nebude možné pomůcku manipulovat, aby nedošlo k nechtěnému zranění uživatele. Tyto hranice by z bezpečnostních důvodů neměly přesáhnout zorné pole uživatele, aby mohl mít pohyb pomůcky i vizuálně stále pod kontrolou. Jinak by měl být pohyb plynulý a neomezený.

Pomůcka **4TE** fukomelikům výrazně rozšíří manipulační rozsah, který je v některých pozicích větší ve srovnání s průměrnou mužskou postavou vzhledem ke své konstrukci.



Obr. 89 4TE – pozice



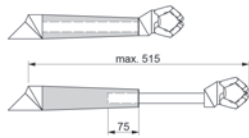
Obr. 90 4TE – použití 4TE v praxi I



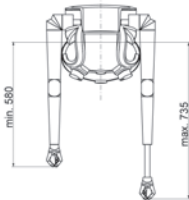
Obr. 91 4TE – použití 4TE v praxi II

4TE . PAŽE - mezní pozice

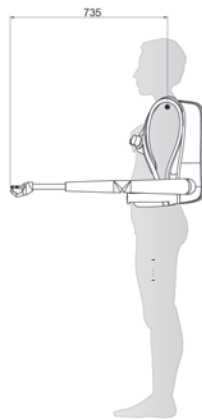
teleskop . řez



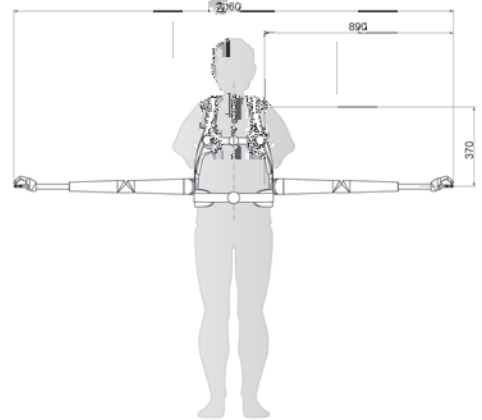
rozsah posunu teleskopu . předpažení



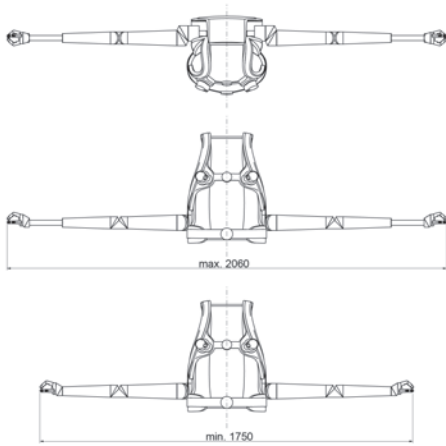
předpažení



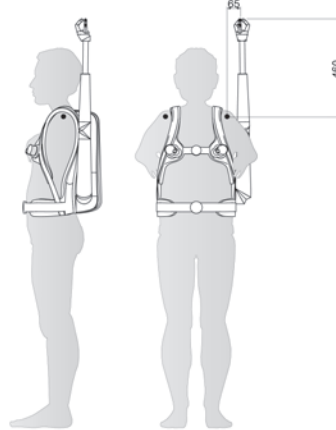
upažení



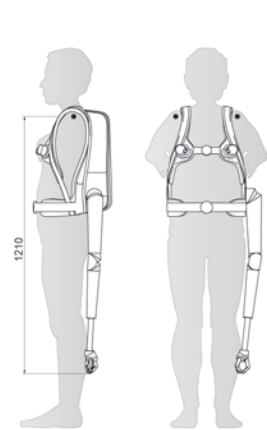
rozsah pohybu teleskopu . upažení



vzpažení

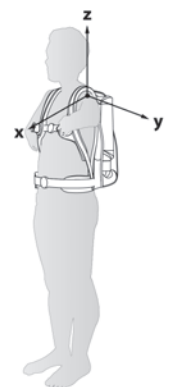


připažení

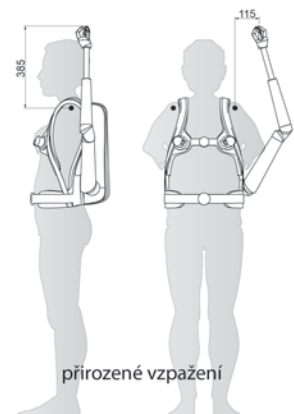
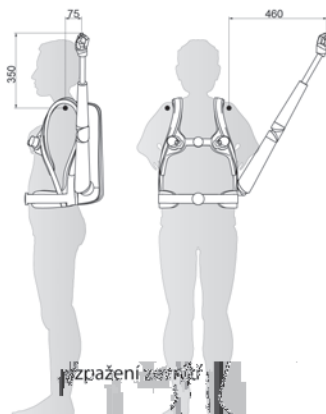
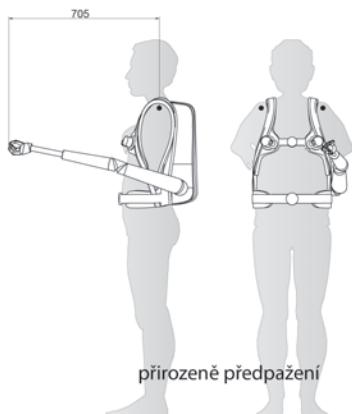


dosahy chapadla v mezních pozicích . měřeno v mm ke vztažnému bodu - ramenní kloub

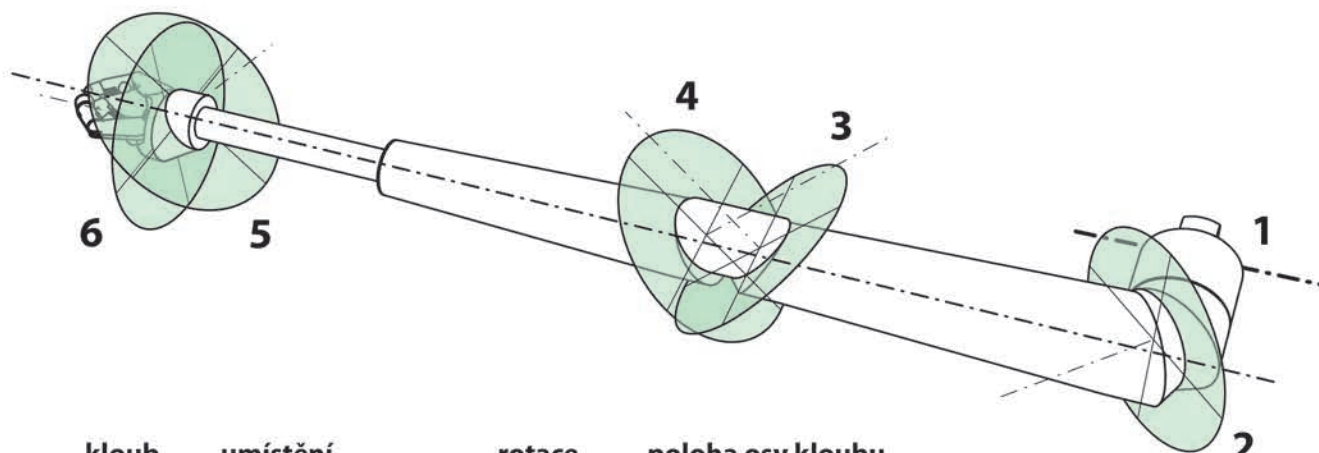
	předpažení	upažení	vzpažení	připažení
x	735	-75	-75	-75
y	65	890	65	65
z	-370	-370	460	-1210



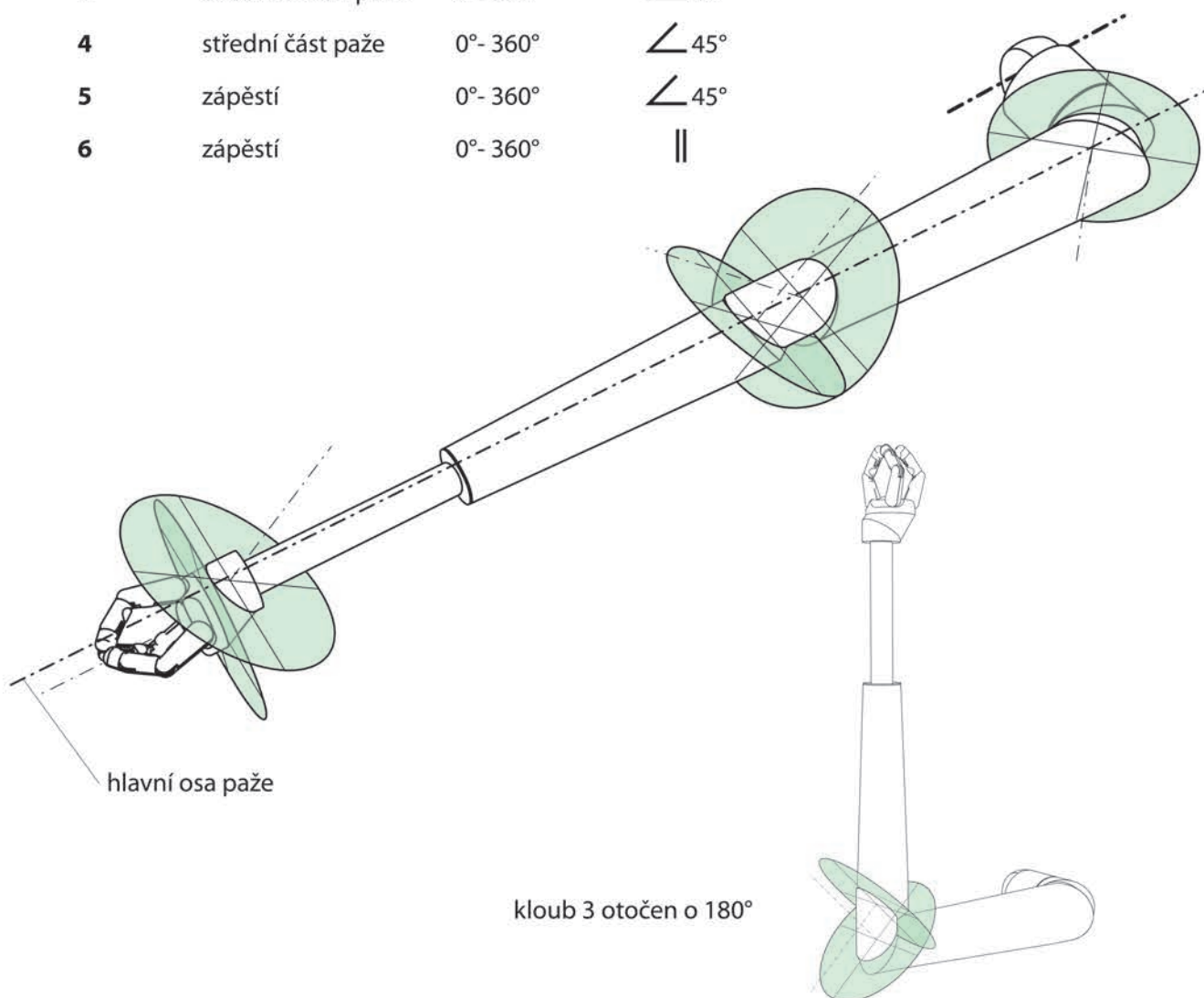
další pozice:



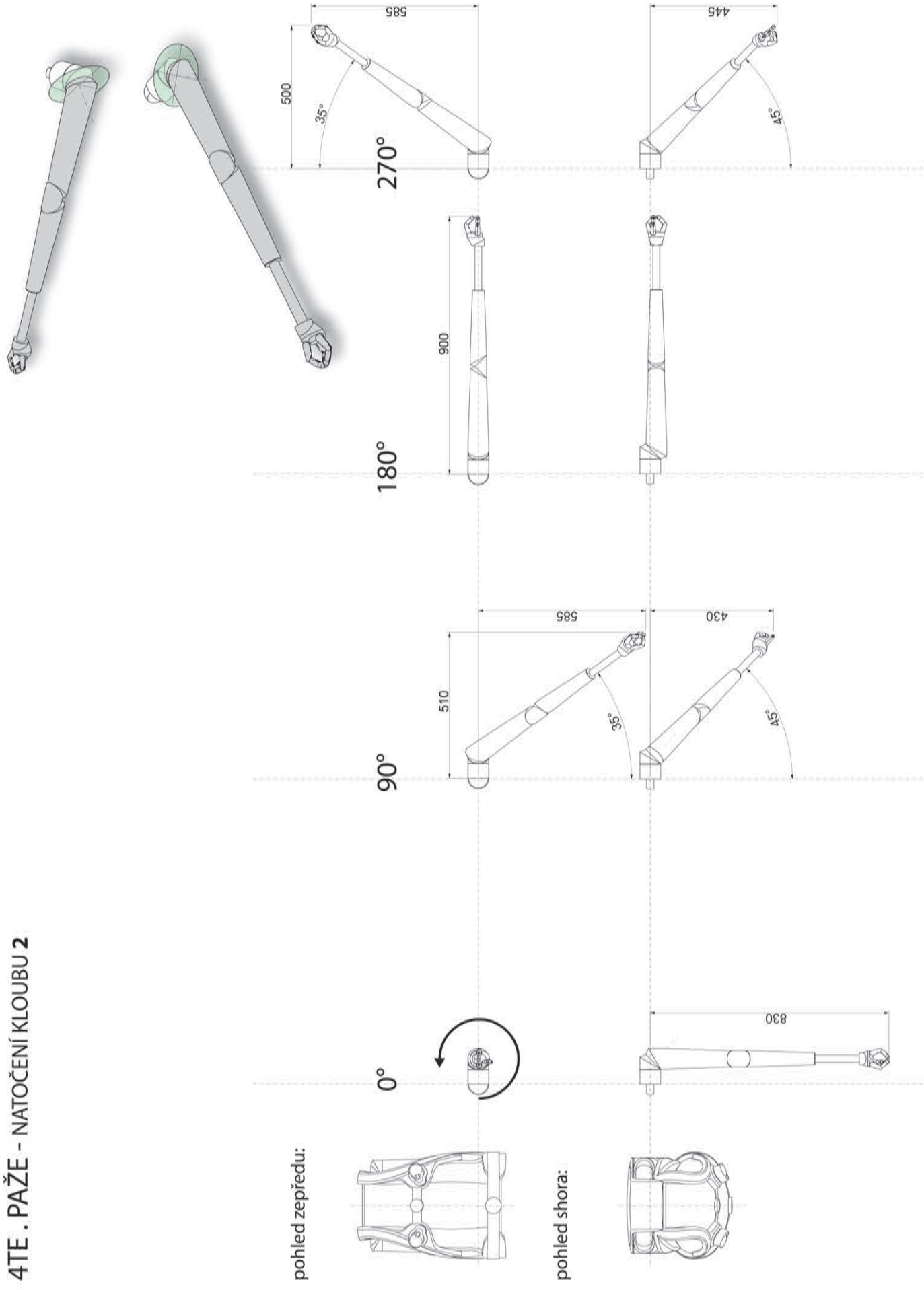
4TE . PAŽE - osy a směry otáčení



kloub	umístění	rotace	poloha osy kloubu vůči hlavní ose
1	konstrukce batohu	0° - 90°	⊥
2	základna paže	0°- 360°	∠ 45°
3	středním část paže	0°- 360°	∠ 45°
4	střední část paže	0°- 360°	∠ 45°
5	zápěstí	0°- 360°	∠ 45°
6	zápěstí	0°- 360°	



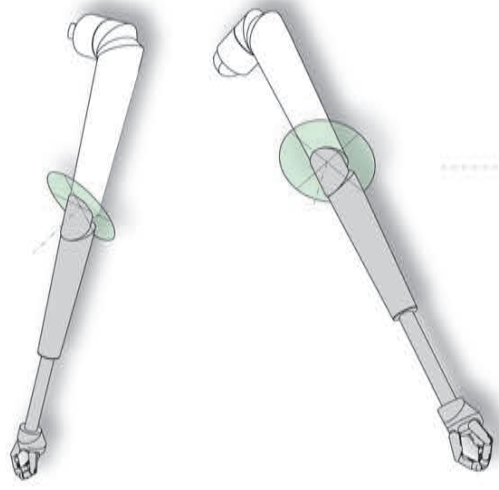
4TE . PAŽE - NATOČENÍ KLOUBU 2



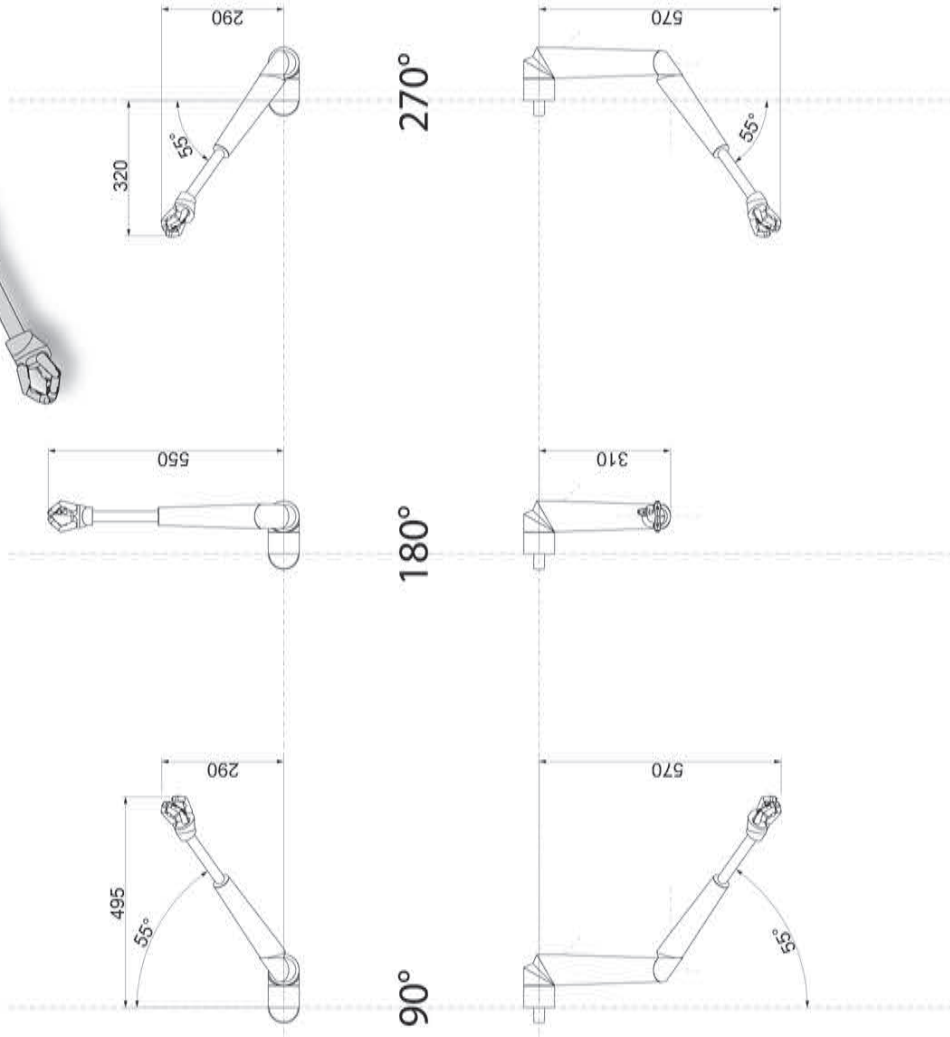
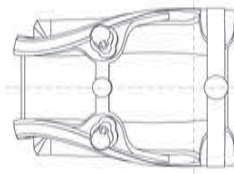
pohled zepředu:

pohled shora:

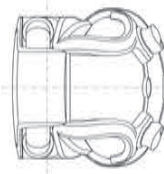
4TE . PAŽE - NATOČENÍ KLOUBU 3



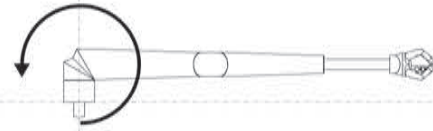
pohled zepředu:



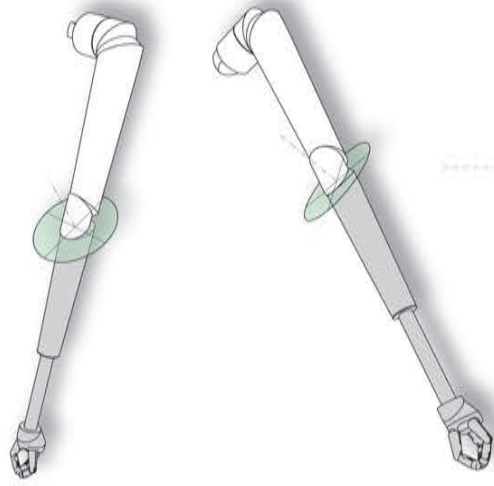
pohled shora:



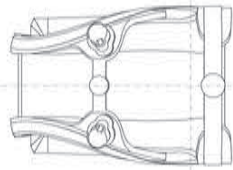
0°



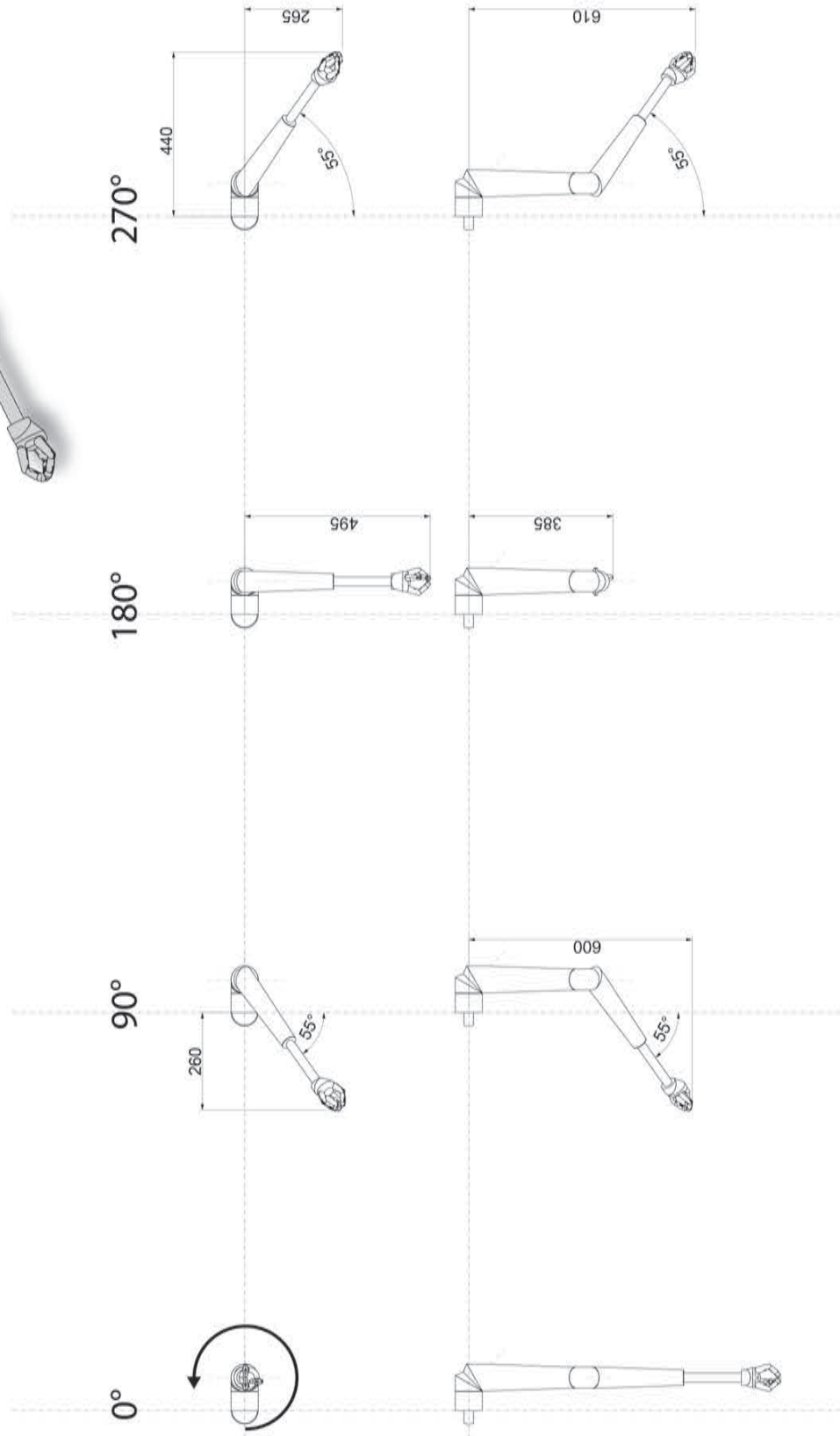
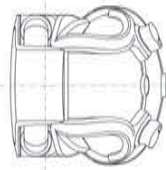
4TE . PAŽE - NATOČENÍ KLOUBU 4



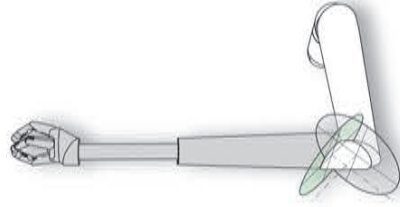
pohled zepředu:



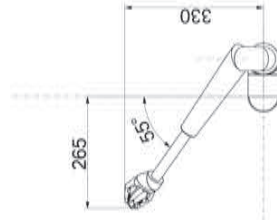
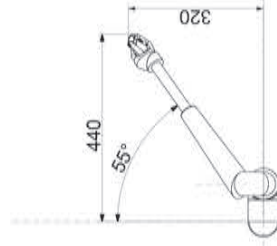
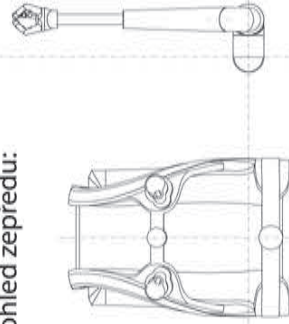
pohled shora:



4TE . PAŽE - NATOČENÍ KLOUBU 4 při natočeném kloubu 3 o 180°



pohled zepředu:



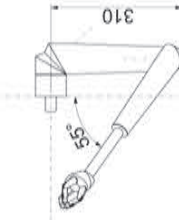
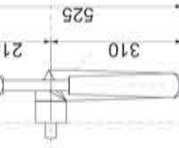
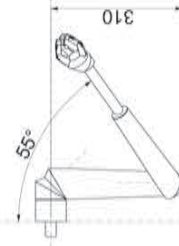
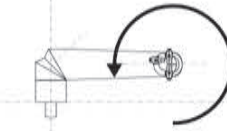
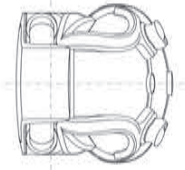
0°

90°

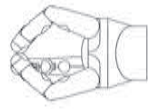
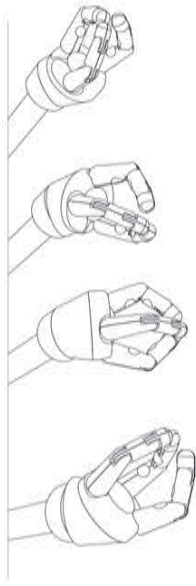
180°

270°

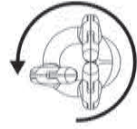
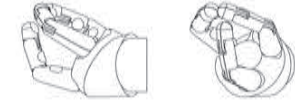
pohled shora:



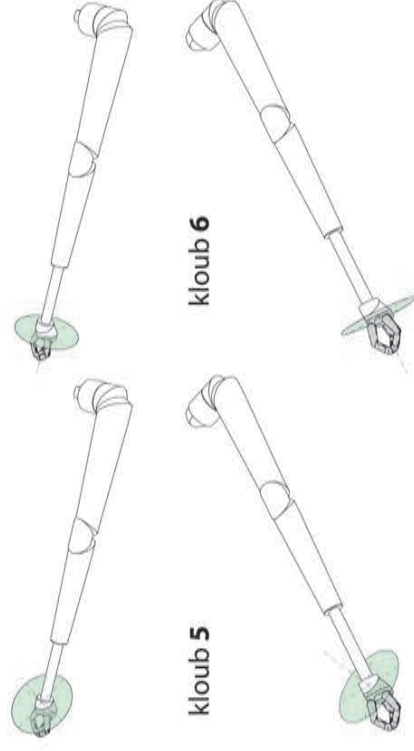
4TE . PAŽE - NATOČENÍ KLOUBU 5 a 6



pohled zespodu:

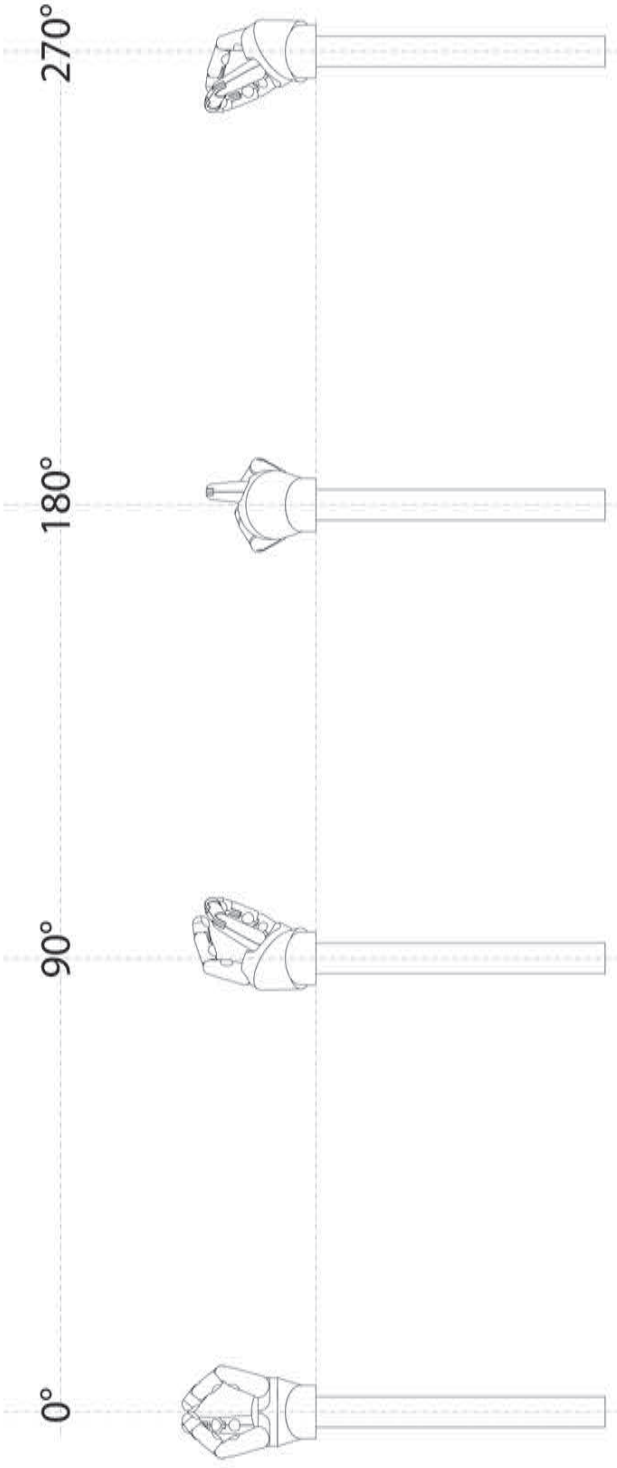


pohled zepředu:



kloub 5

kloub 6



kloub 5

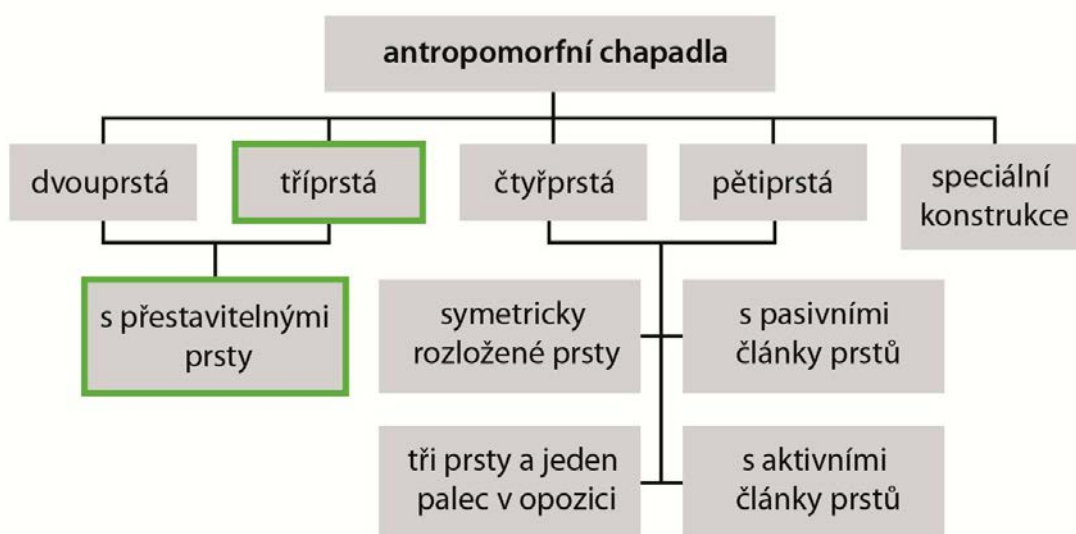
kloub 6 se otáčí kolem osy rovnoběžné s hlavní osou paže

5.2.4 Chapadla – typy úchopů

Chapadla, jak bylo zmíněno v rešeršní části, jsou inspirována robotem DOMO (viz str. 59).

Jde o antropomorfní tříprstá chapadla s přestavitelnými prsty [59], (viz obr. 92). Dva ze tří prstů je možné vzájemně symetricky natáčet a změnit tak typ úchopu z cylindrického v kulovitý. Široké rozevření chapadla umožní nést placatý nebo široký předmět, např. talíř. Sevřením chapadla vzniká mezi prsty špetkový úchop pro jemnou manipulaci s menšími předměty.

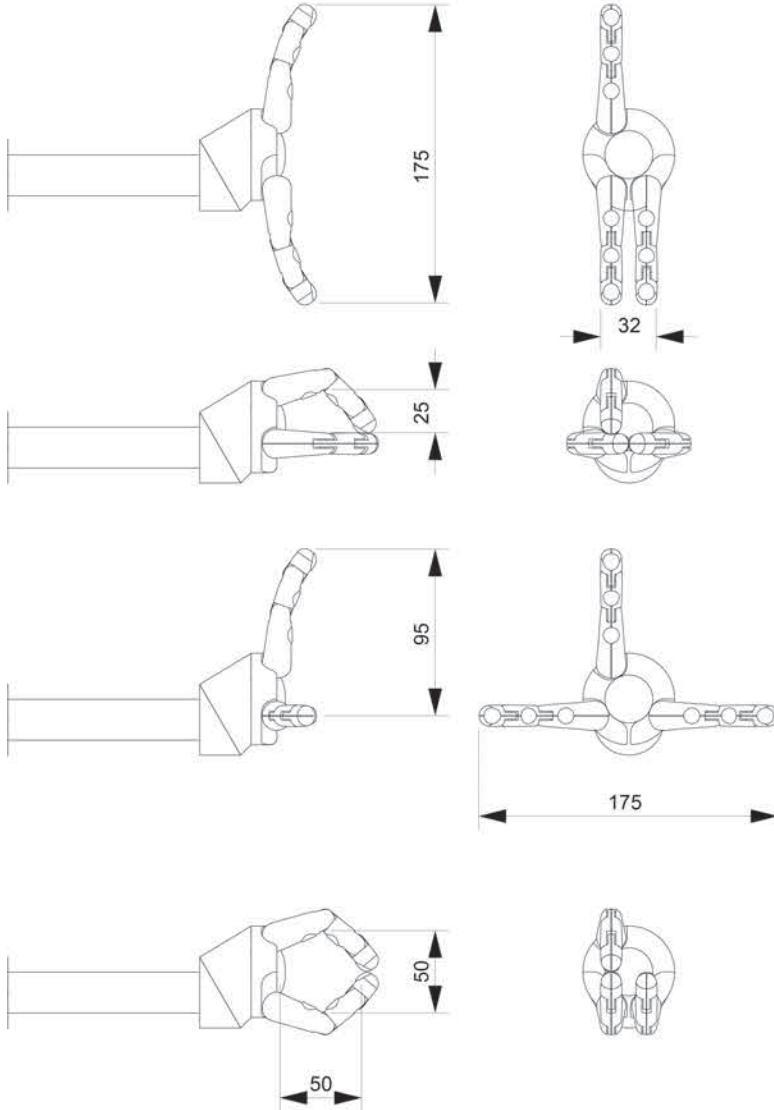
Každé chapadlo má 3 stupně volnosti a 10 tlakových senzorů. Snímaný tlak se projevuje jako zpětná vazba na haptické části ovladače.



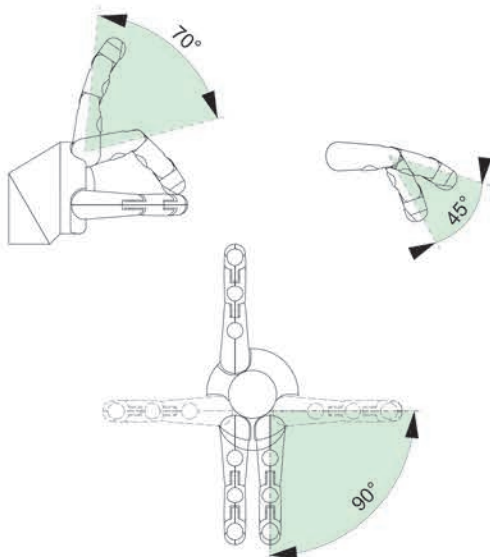
Obr. 92 4TE – rozdělení antropomorfních chapadel dle Žajdlíka [59]

4TE . CHAPADLO

základní pohledy a rozměry:

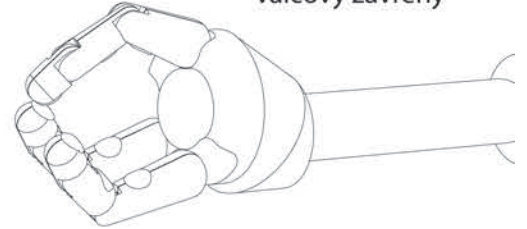


rozsahy natočení prstů chapadla:



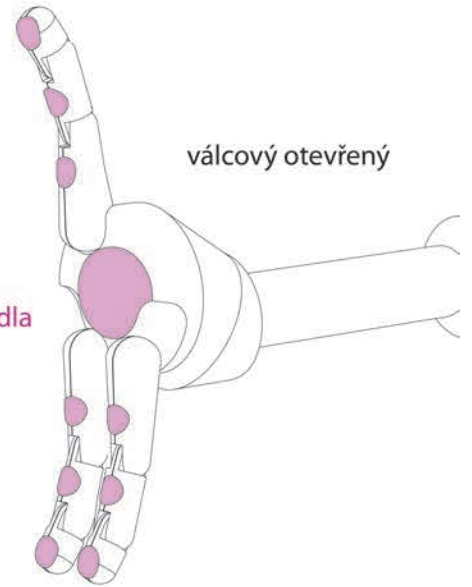
typy úchopů

válcový zavřený

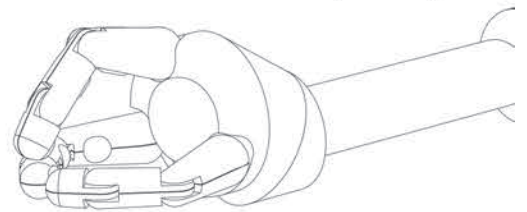


válcový otevřený

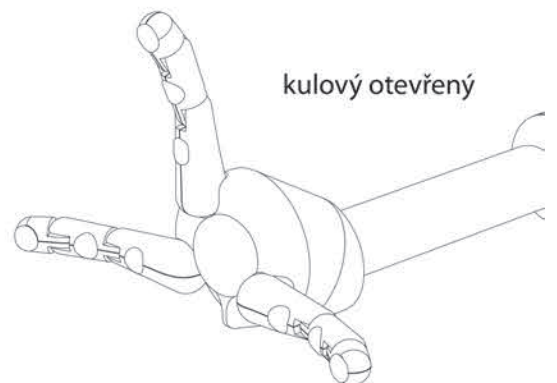
tlaková čidla



kulový zavřený



kulový otevřený





Obr. 93 4TE – úchopy

5.2.5 Ovládání

Ovladač

Ovládání pomůcky **4TE** probíhá prostřednictvím ručního ovladače, který funguje na principu zařízení zvaného SpaceNavigator.

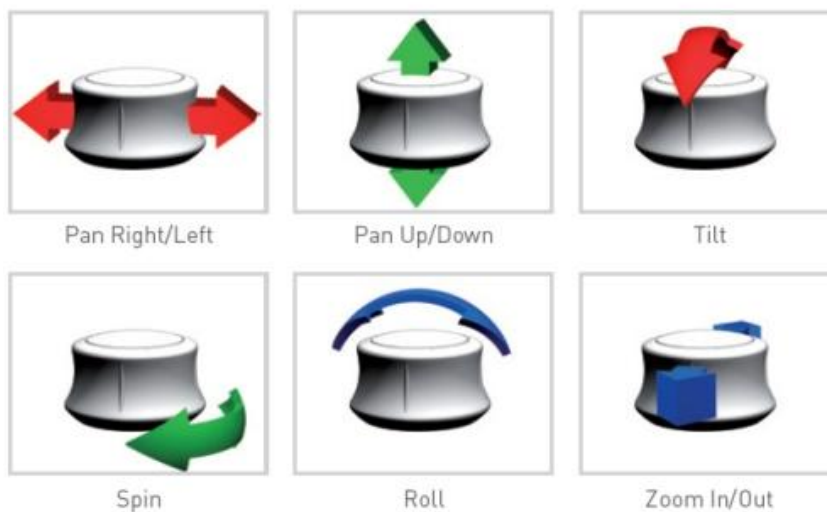
Co je SpaceNavigator - Jde o specifické polohovací zařízení, které vzniklo primárně jako nový typ ovládacího nástroje pro uživatele různých 3D aplikací. Jeho primárním úkolem je tedy usnadnění prostorové navigace.



Obr. 94 4TE – SpaceNavigator [60]

Ovladač pomůcky **4TE** umožňuje rychlé polohování s okamžitou odezvou. Hlavní výhodou SpaceNavigatoru je možnost složeného pohybu. Celkem je k dispozici 6 jednoduchých pohybů, které ale nejsou od sebe odděleny, takže ovladačem je možné pohybovat, otáčet a naklánět všemi směry zároveň. Tak dochází k jejich kombinaci a je možné se pohybovat po libovolné trajektorii. Tento ovládací prvek nám tedy umožňuje pohyb ve všech třech osách prostoru (XYZ) a to najednou.

Simply push, pull, twist and tilt the controller cap for responsive control.



Obr. 95 4TE – Manipulace SpaceNavigátoru [61]

Ovladač se skládá ze dvou základních částí (viz str. 112). Z masivní základny, na níž je gumová prstencová podložka, a hlavy přístroje, který vykazuje vzhledem k pohybu ruky dynamický odpor, který roste s vychýlením ze základní polohy. Například čím více hlavu navigátoru otáčíme, tím rychlejší je otáčení chapadla, avšak vyšší je i odpor navigátoru. To dává dobrou odezvu uživateli ovládajícímu přístroj o intenzitě pohybu, čímž se celý proces zpřesňuje [62].

Ovladače má pomůcka 4TE dva, pro každou ruku jeden, a jsou umístěny na popruzích batohu na hrudníku tak, aby byly pohodlně dosažitelné pro ruce uživatele. Ergonomické tvarování umožňuje pohodlné držení i při nefunkčním palci.



Obr. 96 4TE – ovladače

Haptické zařízení

Ovladač je vybaven haptickým zařízením, kterým se ovládá stisk chapadla a zároveň dovoluje cítit zpětnou vazbu síly stisku. Toto zařízení je umístěno v asymetrické části těla ovladače. Jde o objímku, do které uživatel zasune jeden z prstů. Objímka pak snímá pohyb prstu (flexi a extenzi) a reflektuje jej na pohybu chapadla. Uvnitř objímky jsou pneumatické polštářky, které se nafukují podle síly, kterou vyvíjí chapadlo na stiskání předmět a kterou snímá 10 dotykových snímačů umístěných na prstech a těle chapadla.

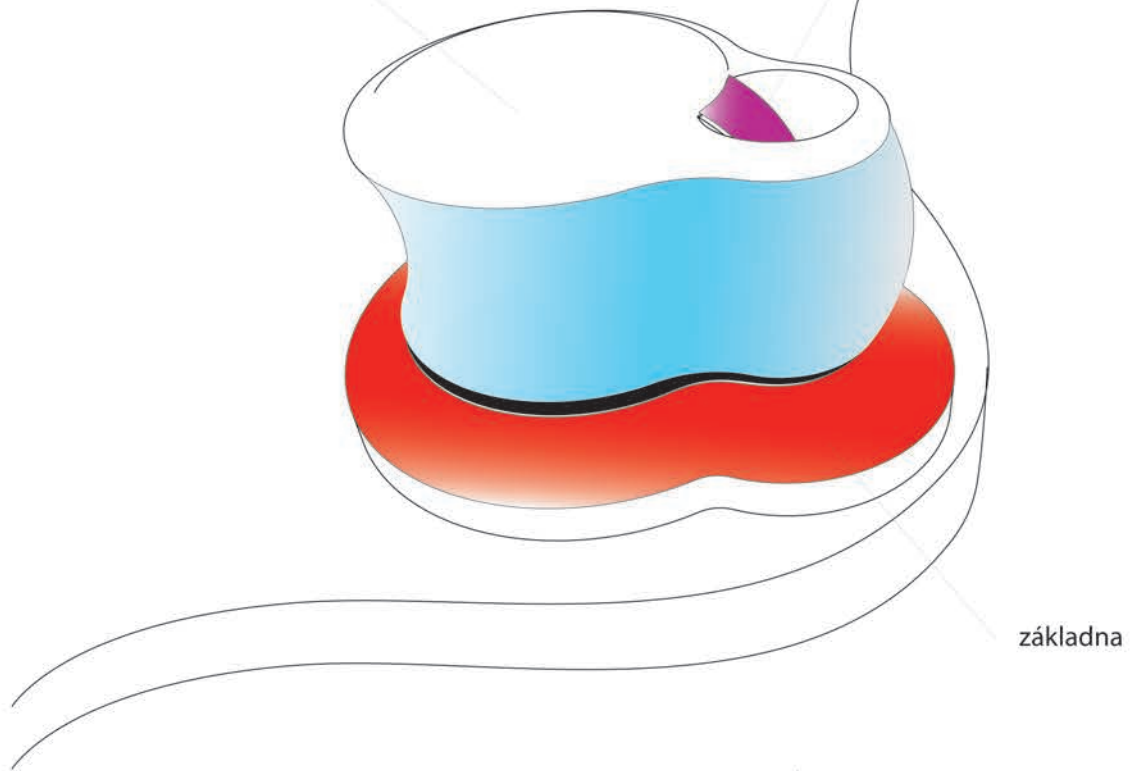


Obr. 97 4TE – ovládací prvek

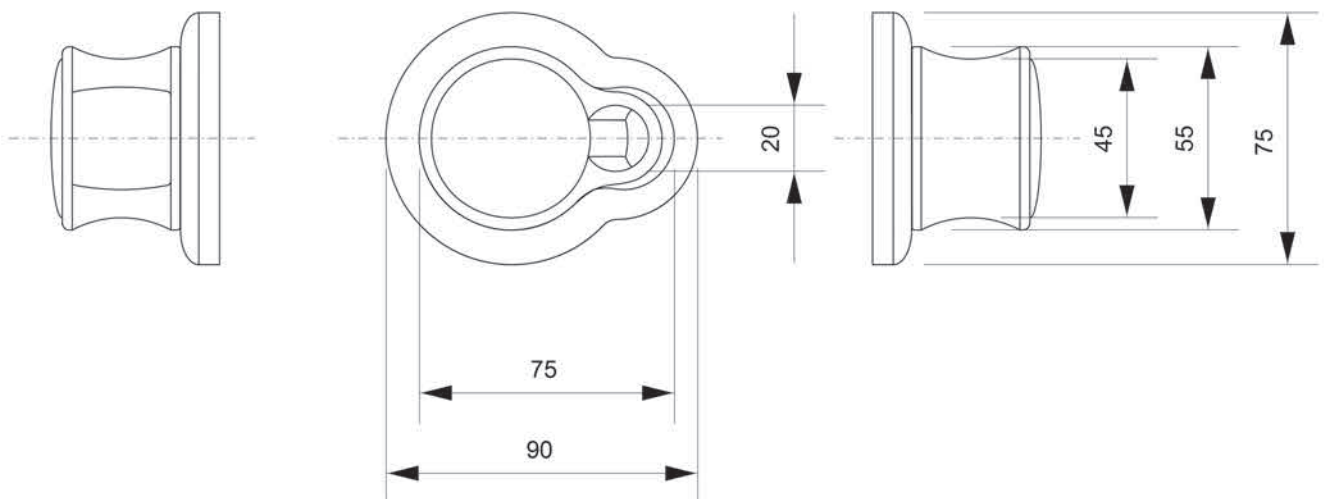
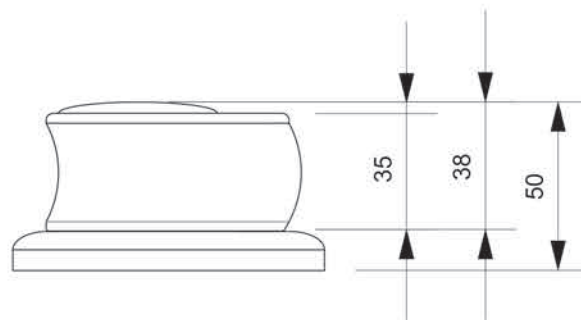
4TE . OVLÁDACÍ PRVEK

ergonomicky tvarovaná rukojeť

otvor pro prst,
uvnitř čidlo detekující
pohyb prstu a poskytující
zpětnou vazbu



základní pohledy a rozměry:



5.2.6 Komfort nošení

Díky konceptu batohu je nasazování i sundávání velmi jednoduché a rychlé. Jak jsme se přesvědčili, pacient si zvládne nasadit školní batoh naprosto sám a zabere mu to pár sekund. Dále je nutné zapnout bederní a hrudní pás, aby byla zajištěna stabilita pomůcky vůči trupu a zabráněno nechtěnému posunutí. Manipulace s pásy by mohla být jedním z možných problémů, se kterými by se uživatel mohl setkat. Tento předpoklad je však ještě nutné ověřit v praxi.

Při nošení pomůcky není nutné, aby se uživatel vysvlékal nebo převlékal. Pomůcku je možné nosit, stejně jako obyčejný batoh, jak v zimě na bundu, tak v létě na holé tělo. Nutná je jen úprava délky popruhů, aby pomůcka seděla na těle pevně.

Konstrukce typu batoh umožňuje dlouhé nošení bez omezení. Zátěž rozložená rovnoměrně na nosnost celého trupu je nejzdravější variantou pro nošení břemene pro zdravého člověka i člověka postiženého fokomélií.

4TE . složená



4TE . vyklopená



levá paže v pohotovostní poloze



Obr. 98 4TE – způsob nošení

5.2.7 Vzhled

5.2.7

Vzhled pomůcky **4TE** nemá nic společného s dnes uplatňovanou humanizací protéz horních končetin. Čistě technický charakter je úmyslně podtržen strohými geometrickými tvary a křivkami. Tento špičkový robotický systém, který je navržen tak, aby byl co nejvíce funkční a spolehlivě sloužil svému majiteli. Celkový design je striktní a otevřený pozorovateli, kterého nemá šokovat, ale zaujmout a zapůsobit příjemným dojmem.

Zvolená kontrastní barevnost se snaží co nejčitelněji prezentovat hlavní koncept pomůcky **4TE**. Černá barva působí na jednu stranu nenápadně, bílá vyzdvihuje konstrukční a funkční uzly. Bílé kontury krycího pláště mají pomůcku opticky zeštíhlit a zvýraznit základnu ve spodní části. Ve složeném stavu tak vznikl zajímavý prvek, kdy paže pomůcky jsou v horní části viditelné a v nezastvěceném pozorovateli mohou vyvolat zvědavost.

5.2.8 Výhody a nevýhody

5.2.8

Pomůcka **4TE** nabízí pro uživatele postiženého fokomélií celou řadu výhod. Vznikla primárně proto, aby odstranila nedostatky spojené s užíváním pomůcky, která je dnes pro fokomeliky sice k dostání, ale její použití je spojeno s četnými problémy od obtížného nasazování, až po nevhodné ovládání díky kterým se nakonec stává pro uživatele přítěží.

Souhrnný výčet **výhod**, které pomůcka **4TE** uživateli přináší:

Jednoduché nasazování a sundávání

Jak jsme se přesvědčili, nasazení batohu a jeho nošení je pro postiženého fokomélií běžná věc. Nasadit i sundat batoh zvládne během pár sekund jako zdravý člověk. Jednoduchá obsluha dovoluje uživateli dle potřeby pomůcku **4TE** bez problémů sundat a zase nasadit.

Osamostatnění - není nutná asistence dalšího člověka

Není nutné, aby u jakékoliv manipulace s pomůckou **4TE** asistovala další osoba. To je pro fokomelika, který je běžně odkázán na pomoc asistenta, v jeho životě významný krok v začlenění do společnosti a psychickou pohodu.

Není nutné se při nasazování a sundávání svlékat

Pomůcka **4TE** se nosí jako běžný batoh. Není proto nutné, aby se uživatel před nasazením nebo sundáním svlékal, jak je to běžné u myoelektricky ovládaných pomůcek. Celá operace se tedy výrazně zrychlí a zjednoduší.

Méně omezení - více pohybu

Konstrukce typu batoh nijak výrazně neomezuje stávající ruce fokomelika v jejich přirozeném pohybu. Ve složeném stavu pomůcka **4TE** nezabírá příliš mnoho místa – výška i šířka kopírují záda uživatele a na hloubku zabírá **4TE** pouhých 105mm.

Variabilita - je variabilní v použití na jednu/obě strany

Pomůcka **4TE** je sice primárně konstruovaná pro oboustranně postiženého člověka, ale je možné ji upravit a použít i pro jednostranné postižení. V takovém případě by se akumulátor a mechanismy, u kterých by to bylo možné, přesunuly na stranu ke zdravé ruce, aby co nejvíce vyvažovaly tíhu paže **4TE**.

Intuitivní ovládání

Práce se zařízením SpaceNavigátor je intuitivní a rychle naučitelná na rozdíl od myoelektricky ovládaných pomůcek. Pomůcka **4TE** je ovládána podobným typem ovladače, který se ze SpaceNavigátoru vychází. Umožňuje přirozené ovládání rukama uživatele. Pohyb pomůcky kopíruje pohyb navigátoru, jde tedy o plynulý složený pohyb. Ovladač navíc klade proti pohybu odpor, takže uživatel má představu, jaký pohyb právě vykonává i bez vizuální kontroly.

Zpětná vazba – vnímání síly stisku

V těle ovladače je integrovaný ovladač pro stisk chapadla. Ovládání se provádí jedním prstem, který se zasune do otvoru, kde je jeho pohyb snímán a tak ovládáno sevření nebo otevření chapadla. Vnitřní pneumatický mechanismus, který přenáší informace z tlakových snímačů umístěných na chapadlech, navíc poskytuje zpětnou vazbu – pocit dotyku. Tak je možné přenášet i křehké a měkké předměty bez poškození.

Nemá negativní vliv na držení těla – podporuje správné držení

Konstrukce pomůcky typu batoh je nejzdravější variantou nošení břemene. Váha je rovnoměrně rozložena na ramenou a nezatěžuje ruce.

Je skladný

Malé rozměry, kompaktní tvar a nízká váha zaručují jednoduchou manipulaci, přenášení i skladnost.

Upřímný a atraktivní technický vzhled - nešokuje okolí

Pomůcka **4TE** záměrně nenapodobuje reálný vzhled lidské paže. Hned na první pohled je jasné, že jde o technické vybavení, u něhož je hlavní prioritou funkce a bezchybná služba uživateli. Kontrastní barevnost vyzdvihuje konstrukční uzly.

Nevýhody:

Nebylo prokázáno, zda uživatel bez problému zvládne manipulaci s popruhy batohu a přezkami. Nejspíš bude nutné vymyslet jednoduchý systém zapínání přezek a manipulace s popruhy a pravděpodobně tato operace bude vyžadovat dlouhodobější nácvik.

6 ANALÝZA A INTERPRETACE ZÍSKANÝCH POZNATKŮ

6

Pomůcka 4TE nabízí pro uživatele postiženého fokomélií celou řadu výhod. Vznikla primárně proto, aby odstranila nedostatky spojené s užíváním pomůcky, která je dnes pro fokomeliky sice k dostání, ale jde o náhradní řešení primárně určené pro jiné postižení a její použití je spojeno s četnými problémy od obtížného nasazování, až po nevhodné ovládání, díky kterým se nakonec může stát pro uživatele přítěží.

Byla vyvinuta maximální snaha k odstranění problémů, které se projevíly během užívání pomůcky DynamicArm 12K100.

Nebylo prokázáno, zda uživatel bez problému zvládne manipulaci s popruhy a přezkami batohu. Tuto skutečnost bude nutné ověřit v praxi. Pokud se klasické přezky ukáží jako nevyhovující, bude navrženo nestandardní řešení na míru.

6.1 Srovnání vlastností obou pomůcek

6.1

Srovnání zjištěných a předpokládaných parametrů, které jsou společné pro pomůcku DynamicArm 12K100 i **4TE**, prezentuje z pohledu autora práce tabulka na následující dvojstraně. Parametry jsou typu kvalitativního i kvantitativního a jsou hodnoceny barevnou škálou od pozitivního hodnocení přes spíše pozitivní, spíše negativní po negativní hodnocení.

Z tabulky je zřetelné, že pomůcka **4TE** má výrazně lepší hodnocení u většiny parametrů. Můžeme tedy říci, že se aplikovaným redesignem podařilo výrazně eliminovat nežádoucí vlastnosti pomůcky a negativní vlivy na uživatele, které byly odhaleny u pomůcky DynamicArm 12K100.

Tabulka rozděluje jednotlivé parametry podle tří základních požadavků – komfort, funkce a vzhled (viz kap. 1.5 a 2.6.1), které se vzájemně ovlivňují a prolínají.

6.2 Vliv na zdraví uživatele

6.2.1 Rozložení hmotnosti a držení těla

Srovnání z hlediska vlivu na zdraví uživatele.

Každé břemeno má vliv na člověka, který ho nosí. Záleží v první řadě na jeho hmotnosti, způsobu uchycení na těle uživatele a poloze těžiště břemene vůči tělu.

Pomůcka DynamicArm 12K100 je jednostranně řešená pomůcka, kdy její váha zatěžuje pouze jednu polovinu těla. Primárně je určena pro osoby po amputaci, jejichž tělo bylo zvyklé na zátěž, kterou představovala ruka před amputací. Protézy se snaží tuto ztracenou hmotnost kompenzovat vlastní vahou a tak dopomoci k opětovnému vyváženému rozložení hmotnosti a správnému držení těla.

Postižení fokomélií jsou zvyklí na přirozené rozložení hmotnosti svého těla. Nepotřebují kompenzovat hmotnost toho, co nikdy neměli. Pomůcku DynamicArm 12K100 je možné řešit i jako oboustrannou, čímž by se problém s jednostrannou zátěží vyřešil. V současné podobě ale neumožňuje dlouhodobé nošení kvůli nerovnoměrnému zatěžování zad a neblahému vlivu na držení těla. Časem by se doba nošení měla prodlužovat, jak si budou záda na neobvyklou zátěž zvykat.

Pomůcka **4TE** řeší vzniklý problém nekonvenčním uchycením, které vychází z konstrukce batohu. Zátěž je tak rozložena rovnoměrně bez negativního vlivu na držení těla.

6.2.2 Uchycení na těle a zdravotní komplikace

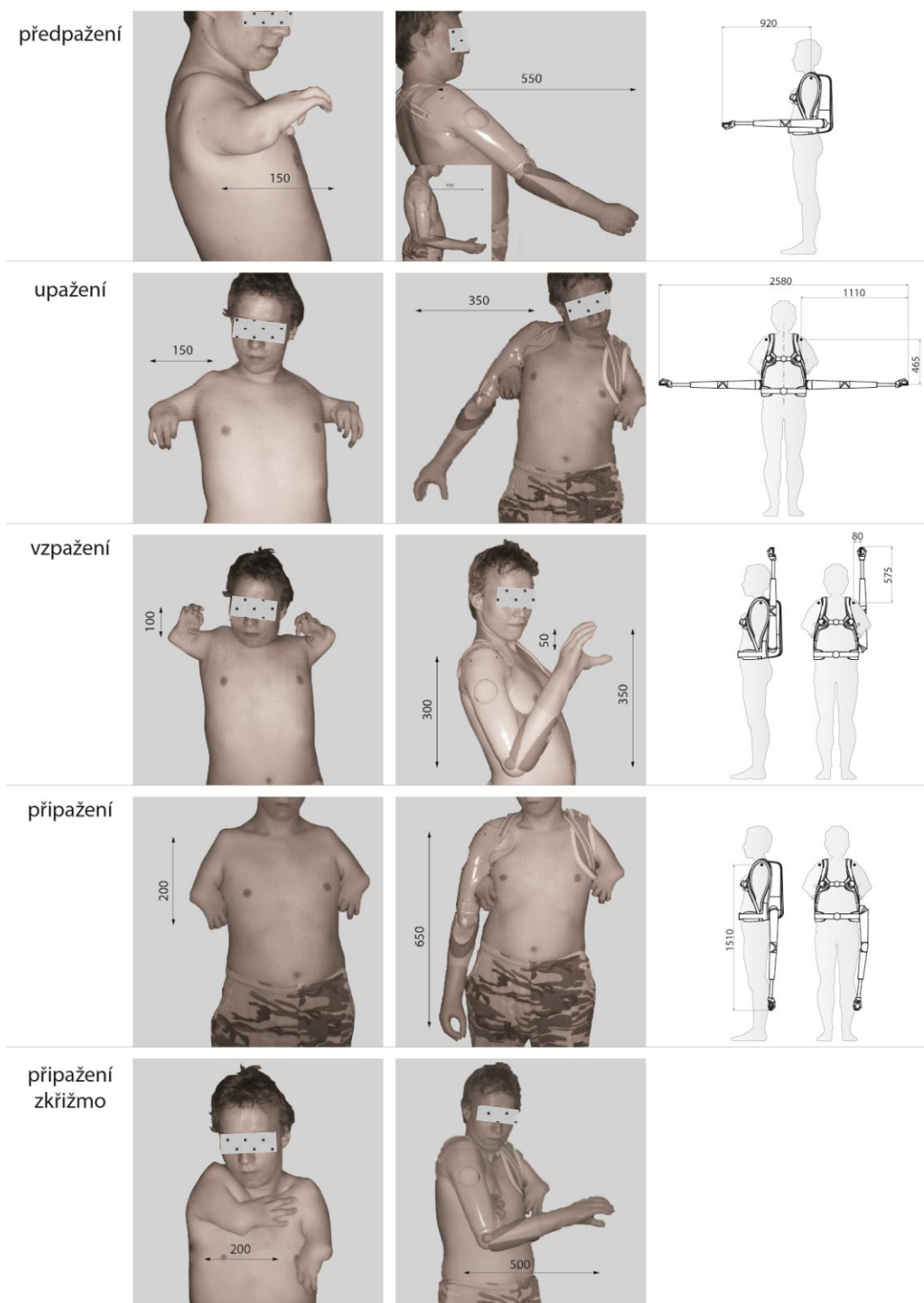
Pomůcka DynamicArm 12K100 je k tělu uživatele přichycena kombinací dvou systémů. Prvním z nich je plastové lůžko, které těsně obepíná paži fokomelika, druhým systémem je zachycení měkkou textilní objímkou kolem druhého ramene. Přestože se druhý systém snaží o odlehčení zatížené paže, je síla na ni působící stále nepřiměřená a dochází k otláčeninám zvláště ve spodní části, kde ruka postiženého vystupuje ven. V tomto místě je paže zohnutá a plastové lůžko tlačí na její horní část. Kůže je pak zarudlá a nošení je nepříjemné až bolestivé.

Pod plastovým lůžkem se navíc kůže potí a může docházet k nepříjemnému svědění.

Pomůcka **4TE** nemá negativní vliv na paže a ruce uživatele. Ty jsou při jejím použití zcela volné. Měkké polstrování popruhů eliminuje otláčeniny a jejich délka je nastavitelná. Při nošení bude docházet k pocení jako u klasického batohu.

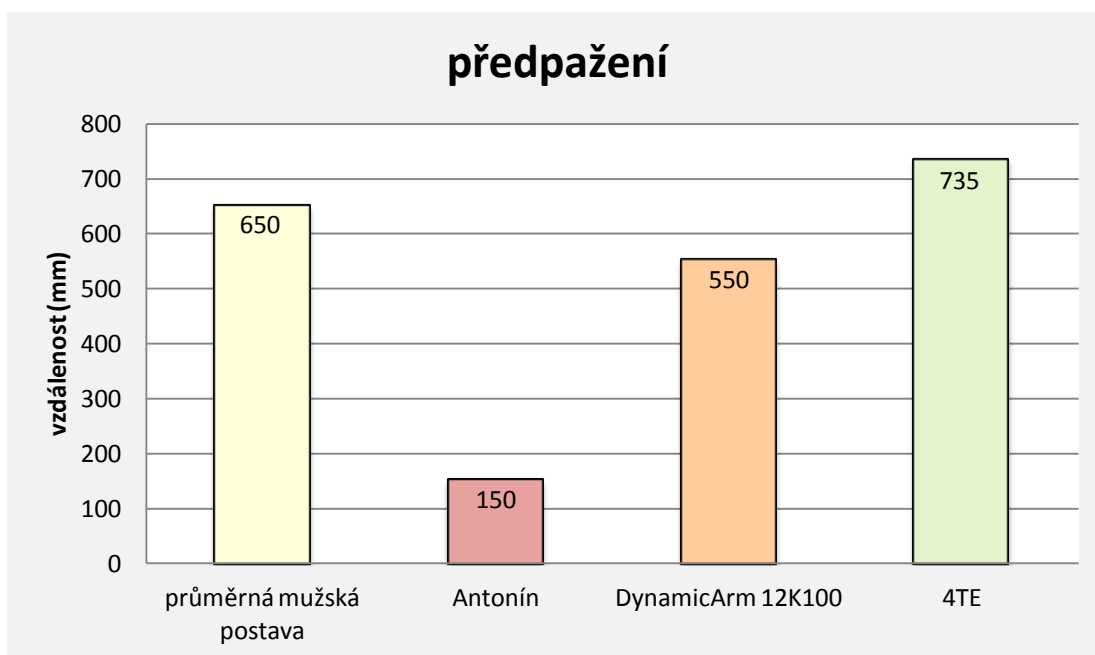
6.3 Manipulační prostor

Tato kapitola se věnuje srovnání manipulačního prostoru. Na obrázcích, grafech a schématech jsou prezentovány mezní polohy (předpažení, upažení, vzpažení, přípažení) a manipulační prostor obou pomůcek a jejich srovnání s možnostmi našeho pacienta a zdravého člověka.

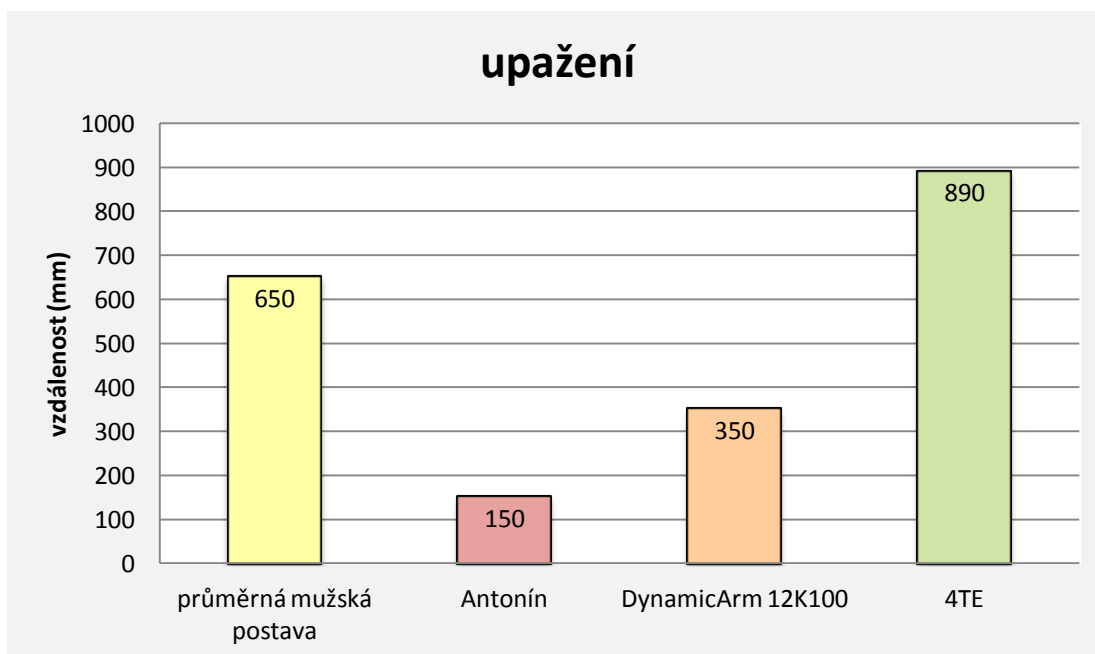


Obr. 99 Srovnání mezních poloh manipulačního prostoru – pacient/ DynamicArm 12K100/ 4TE

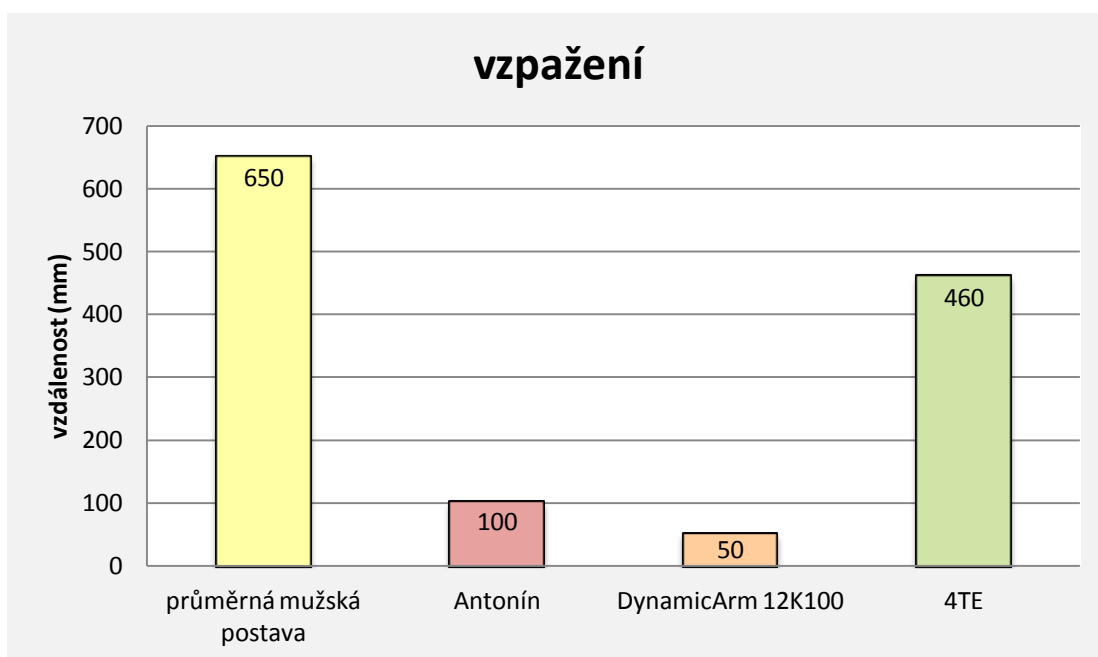
Grafy názorně srovnávají dosah v jednotlivých mezních polohách. Je zřejmé, že ve třech případech pomůcka **4TE** dokonce předčí možnosti zdravého člověka. Pomůcka DynamicArm 12K100 se zdravému člověku vyrovná pouze v jednom případě (přípažení) a v jednom případě (vzpažení) dokonce dosahuje horšího výsledku než pacient bez pomůcky.



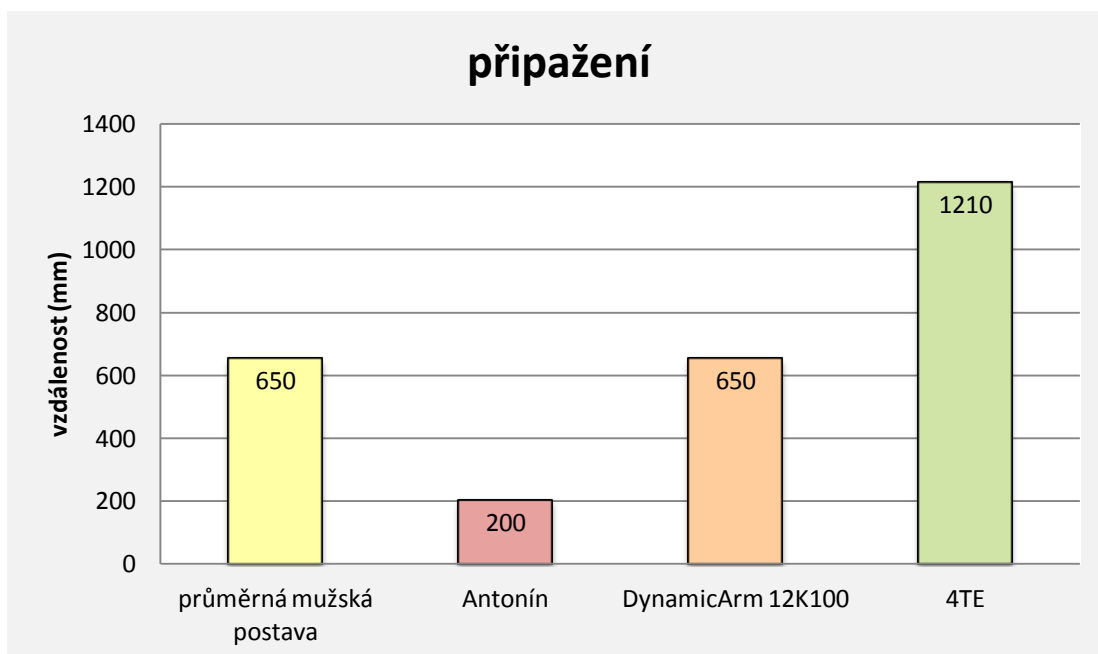
Obr. 100 Srovnání v předpažení



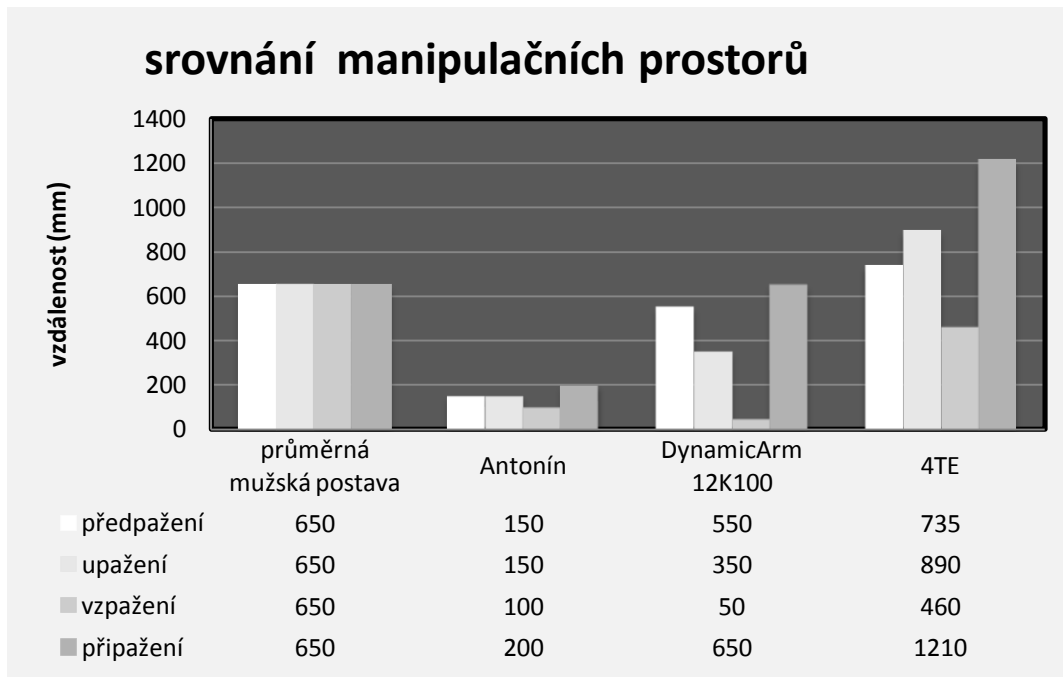
Obr. 101 Srovnání v upažení



Obr. 102 Srovnání ve vzpažení



Obr. 103 Srovnání v připažení



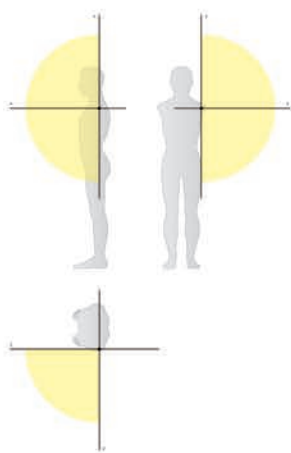
Obr. 104 Souhrnné srovnání manipulačních prostorů

Graf na obr. 104 souhrnně ukazuje srovnání manipulačních prostorů pro obě pomůcky, zdravého člověka a pacienta.

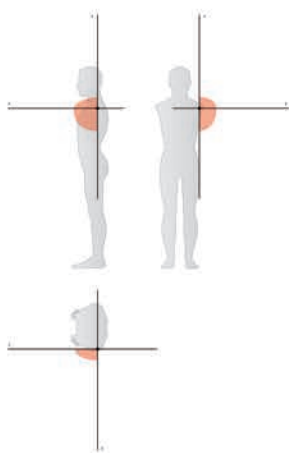
Názorné schéma na následující straně graficky znázorňuje srovnání manipulačních prostorů z předchozích grafů.

SROVNÁNÍ MEZNÍCH POLOH V DOSAHU - xyz

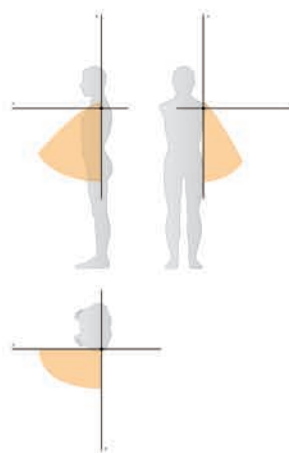
průměrná mužská postava



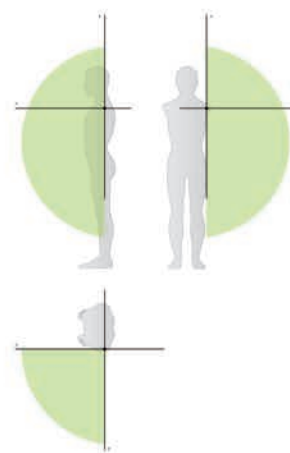
Antonín



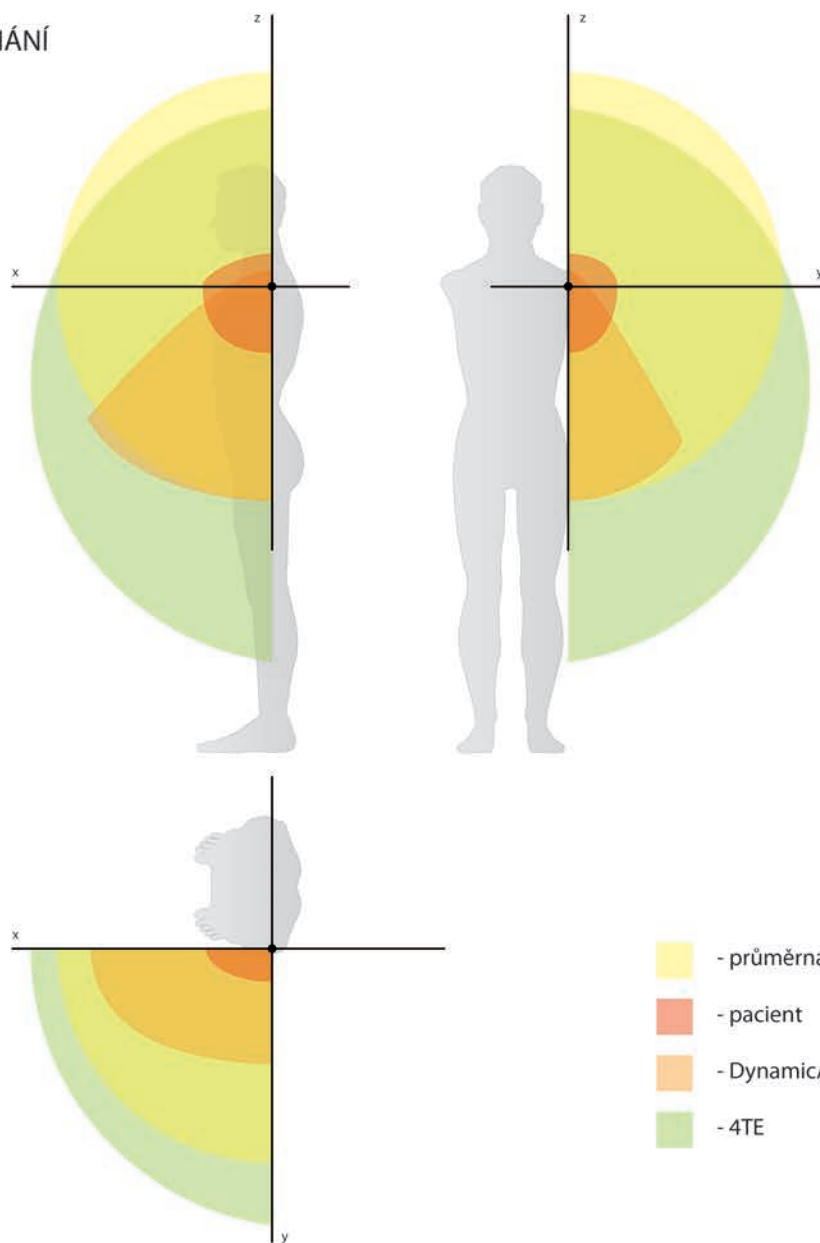
DynamicArm 12K100



4TE



CELKOVÉ SROVNÁNÍ



- průměrná mužská postava
- pacient
- DynamicArm 12K100
- 4TE

6.4 Vzhled

Srovnání z hlediska vzhledu je vždy otázkou subjektivního hodnocení pozorovatele.

Z pohledu designu není v případě fokomeliků žádoucí jejich ruce zakrývat nebo na ně něco věšet, a tím jejich pohyb ještě více omezit. Postižení fokomélií svoje ruce normálně používají a zvládají celou řadu činností. U lidí po amputaci bývá chybějící ruka nahrazena rukou umělou, která bývá co nejvěrněji připodobněna ruce zdravé nebo původnímu vzhledu. Toto napodobování je u fokomélie neopodstatněné a bezpředmětné. U ostatních lidí může zdánlivý vzhled zdravého člověka při bližším kontaktu vést k nepříjemnému překvapení nebo šoku. Proto i z hlediska psychologického je vhodné volit přímý technický vzhled a pomůcka **4TE** je navržena tak, aby bylo okamžitě jasné, že jde o technické zařízení.

7 ZÁVĚR A POHLED DO BUDOUCNA

V této práci byl prezentován nový přístup v navrhování a konstrukci pomůcek v ortopedické protetice. Výsledek práce – návrh nového způsobu řešení designu unikátní ortoprotetické pomůcky – nastínil nový směr v řešení pomůcek pro lidi s vrozenou vývojovou vadou zvanou fokomélie, pro něž nejsou v současné době na trhu žádné speciální pomůcky dostupné, poslední známé pomůcky byly vyvíjeny v 60. letech 20. století.

Designérský přístup, který zde byl prezentován, je založen na netradičním pojetí pomůcky jako technické věci, kterou není potřeba připodobňovat lidskému tělu. Práce není řešena do detailu po stránce konstrukční, což ani nebylo jejím cílem. Snaží se o inovativní řešení a věříme, že poslouží jako ukázka zcela nového přístupu k řešení pro další vývoj v této oblasti a přispěje k nalezení optimálního řešení pro nelehkou situaci lidí postižených fokomélií, nebo bude přínosem a dobrým startovacím bodem v dalších oblastech bádání, např. v oblasti pracovní manipulace člověka i stroje.

7.1 Splnění cílů práce

Hlavní cíl:

Cílem disertační práce bylo provést redesign kompenzační pomůcky vytvořené specializovanou firmou. Tato pomůcka byla vytvořena na míru konkrétní osobě postižené fokomélií, ale její používání s sebou již od začátku neslo četné problémy. Aplikovaný redesign si dal za cíl tyto problémy odstranit a případně vnést do návrhu další užitnou hodnotu při zachování pohyblivosti a komfortu uživatele. Hlavní cíl byl splněn po teoretické stránce. Prakticky jej bude možné ověřit až za pomoci prototypu testovaného přímo na pacientovi.

Získané výsledky ve většině případů kvalitativně i kvantitativně potvrdily korektnost aplikovaného redesignu, jeho teoretický přínos a potenciál.

Vedlejší cíle:

Vedlejší cíle byly splněny. Jejich jednoduchá charakteristika je prezentována v následujících bodech:

Jednoduché nasazování a sundávání

Jak jsme se přesvědčili, nasadit i sundat batoh zvládne náš pacient během pár sekund jako zdravý člověk. Jednoduchá obsluha dovoluje uživateli dle potřeby pomůcku **4TE** bez problémů sundat a zase nasadit. Otázkou zůstává manipulace s popruhy a přezkami, což bude možné objasnit až praktickou zkouškou s pacientem.

Osamostatnění - není nutná asistence dalšího člověka

Není nutné, aby u jakékoliv manipulace s pomůckou **4TE** asistovala další osoba. To je pro fokomelika, který je běžně odkázán na pomoc asistenta, v jeho životě významný krok v začlenění do společnosti a psychickou pohodu.

Není nutné se při nasazování a sundávání svlékat

Pomůcka **4TE** se nosí jako běžný batoh. Není proto nutné, aby se uživatel před nasazením nebo sundáním svlékal, jak je to běžné u myoelektricky ovládaných pomůcek. Celá operace se tedy výrazně zrychlí a zjednoduší.

Méně omezení - více pohybu

Konstrukce typu batoh nijak výrazně neomezuje stávající ruce fukomelika v jejich přirozeném pohybu. Ve složeném stavu pomůcka **4TE** nezabírá příliš mnoho místa – výška i šířka kopírují záda uživatele a na hloubku zabírá **4TE** pouhých 105mm.

Variabilita - je variabilní v použití na jednu/obě strany

Pomůcka **4TE** je sice primárně konstruovaná pro oboustranně postiženého člověka, ale je možné ji upravit a použít i pro jednostranné postižení. V takovém případě by se akumulátor a mechanismy, u kterých by to bylo možné, přesunuly na stranu ke zdravé ruce, aby co nejvíce vyvažovaly tíhu paže **4TE**.

Intuitivní ovládání

Práce se zařízením SpaceNavigátor je intuitivní a rychle naučitelná na rozdíl od myoelektricky ovládaných pomůcek. Pomůcka **4TE** je ovládána podobným typem ovladače, který se ze SpaceNavigátoru vychází. Umožňuje přirozené ovládání rukama uživatele. Pohyb pomůcky kopíruje pohyb navigátoru, jde tedy o plynulý složený pohyb. Ovladač navíc klade proti pohybu odpor, takže uživatel má představu, jaký pohyb právě vykonává i bez vizuální kontroly.

Zpětná vazba – vnímání síly stisku

V těle ovladače je integrovaný ovladač pro stisk chapadla. Ovládání se provádí jedním prstem, který se zasune do otvoru, kde je jeho pohyb snímán a tak ovládáno sevření nebo otevření chapadla. Vnitřní pneumatický mechanismus, který přenáší informace z tlakových snímačů umístěných na chapadlech, navíc poskytuje zpětnou vazbu – pocit dotyku. Tak je možné přenášet i křehké a měkké předměty bez poškození.

Vyloučení negativního vlivu na držení těla – podpora správného držení

Konstrukce pomůcky typu batoh je nejzdravější variantou nošení břemene. Váha je rovnoměrně rozložena na ramenou a nezatěžuje ruce.

Skladnost

Malé rozměry, kompaktní tvar a nízká váha zaručují jednoduchou manipulaci, přenášení i skladnost.

Upřímný a atraktivní technický vzhled - nešokuje okolí

Pomůcka **4TE** záměrně nenapodobuje reálný vzhled lidské paže. Hned na první pohled je jasné, že jde o technické vybavení, u něhož je hlavní prioritou funkce a bezchybná služba uživateli. Designová úroveň tohoto robotického systému je podtržena kontrastní barevností.

7.2 Další možný postup výzkumu

Tento projekt by mohl mít návaznost nebo iniciovat nové projekty z oblasti např. konstrukce, řízení, automatizace, pohonů, mechaniky:

- Návrh vhodných pohonů pomůcky
- Naprogramování osobního počítače, který bude řídit pohyby pomůcky
- Materiálová a zátěžová analýza
- Detailní návrh konstrukce ovladače
- atd.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

4TE	pracovní označení pomůcky – výsledek disertační práce
AFB	automatické vyvážení předloktí protetické paže
CAD	Computer Aided Design - počítačem podporované navrhování - zkratka označující software (nebo obor) pro projektování či konstruování na počítači
DynamicArm 12K100	tovární označení pomůcky vyrobené specializovanou firmou
FSC	Force Sensing Compliant Actuator
ortoprotetika	ortopedická protetika
SEA	Series Elastic Actuator

VYSVĚTLIVKY ODBORNÝCH VÝRAZŮ

extenze – natažení, natahování končetiny, napínání svalu

fetální vývoj – (fetus – plod), následuje po embryonálním vývoji, od 9. týdne těhotenství, dokončuje se vývoj orgánových systémů a probíhá růst

flexe – ohnutí, ohýbání končetiny

humerus – kost pažní

malformace – vrozená vývojová úchylka tvaru

morfogeneze – vývoj tvaru, změna tvarových vlastností

myoelektrické signály – vznikají při stahování svalových vláken, jsou snímány elektrodami na kůži

prevalence – demografický ukazatel, poměr počtu nemocných k počtu obyvatel

pronace – rotace předloktí, kterou se u končetiny visící podél těla otočí hřbet ruky dopředu a dlaň dozadu, tzn. palcem k tělu

radius – kost vřetenní

supinace – rotace předloktí, kterou se u končetiny visící podél těla otočí dlaň dopředu a hřbet ruky dozadu, tzn. malíkem k tělu

teratogen – exogenní faktor, který může způsobit narušení vývoje orgánu nebo poruchu jeho funkce během embryonálního či fetálního vývoje

ulna – kost loketní

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Pacient	12
Obr. 2 Průběh skenování	13
Obr. 3 3D skeny	13
Obr. 4 3D sken	13
Obr. 5 Přepracovaný model horní poloviny těla	14
Obr. 6 Snímání odlitku pravé ruky	14
Obr. 7 Sádrový odlitek ruky	15
Obr. 8 Sádrový odlitek ruky po úpravě	15
Obr. 9 Tři základní principy uplatňované při vývoji v protetice	17
Obr. 10 Malformace horních končetin [6]	19
Obr. 11 Rozdělení úkonů a příklady	22
Obr. 12 Způsoby úchopů [18]	24
Obr. 13 Ergotechnické pomůcky [22]	26
Obr. 14 Díly myoelektrické protézy [23]	27
Obr. 15 Protéza myoelektrická [24]	28
Obr. 16 Protéza ovládaná táhlem [24]	28
Obr. 17 Protéza kosmetická [24]	29
Obr. 18 Chapadlo myoelektrické protézy [26]	31
Obr. 19 MyoHand VariPlus Speed® [28]	33
Obr. 20 Elektrická ruka a pracovní násadec [30]	34
Obr. 21 Elektrický násadec v praxi [6]	35
Obr. 22 DynamicArm [30]	37
Obr. 23 Otto Bock Movohook 2GRIP 10A80 [32]	38
Obr. 24 Tahem ovládaná protéza [30]	39
Obr. 25 Vnitřní/vnější tah [30]	39
Obr. 26 Tahová bandáž [30]	40
Obr. 27 Kosmetická protéza [6]	41
Obr. 28 i Limb [37]	44
Obr. 29 Luke [38]	44
Obr. 30 Proto 1 I [42]	46
Obr. 31 Proto 1 II [43]	47
Obr. 32 Proto 2 [44]	47
Obr. 33 Protetika budoucnosti [45]	48
Obr. 34 Protéza ovládaná tahem bicepsu [46]	49
Obr. 35 Aplikace myoelektrické protézy [46]	49
Obr. 36 Mechanická protéza ovládaná tahem ramen [46]	49
Obr. 37 CyberHand [47]	50
Obr. 38 Schéma návrhu prstu s lankem a pružinami [48]	51
Obr. 39 Hydraulicky poháněný úchop chapadla [49]	52
Obr. 40 Struktura hydraulického systému [49]	52
Obr. 41 Robot DOMO [50]	53
Obr. 42 Ukázka manipulace robota DOMO [50]	54
Obr. 43 Konstrukce rukou robota DOMO [51]	55
Obr. 44 Náčrt ruky robota DOMO [51]	56
Obr. 45 Uchopovací a polohovací možnosti rukou robota DOMO [51]	57
Obr. 46 Děti postižené působením thalidomidu [52]	59

Obr. 47 Pomůcka pro děti postižené fokomélií z 60. let [54]	61
Obr. 48 Pneumaticky poháněné protézy pro děti s postižením HK [55]	62
Obr. 49 Pneumaticky poháněné protézy pro děti s postižením HK [55]	62
Obr. 50 Pacient s pomůckou DynamicArm 12K100	69
Obr. 51 Měření myosignálů	70
Obr. 52 Snímání sádrového otisku	71
Obr. 53 Sádrový otisk	71
Obr. 54 Zkoušení plastového polotovaru lůžka	71
Obr. 55 Plastový polotovar lůžka	71
Obr. 56 Zkoušení druhého plastového polotovaru	72
Obr. 57 Druhý plastový díl	72
Obr. 58 Zkoušení výrobku s předloktím	72
Obr. 59 Výrobek s předloktím	72
Obr. 60 Zkoušení hotové pomůcky	73
Obr. 61 Hotová pomůcka	73
Obr. 62 Mechanismus MyoHand VariPlus Speed ® [56]	74
Obr. 63 DynamicArm [57]	75
Obr. 64 DynamicArm 12K100 - základní rozměry a rozsahy v extenzi	76
Obr. 65 DynamicArm 12K100 - základní rozměry a rozsahy ve flexi	77
Obr. 66 DynamicArm 12K100 – vnitřní strana	77
Obr. 67 DynamicArm 12K100 – rozsah pohybu	78
Obr. 68 DynamicArm 12K100 – umístění elektrod	79
Obr. 69 Zkouška zavěšení DynamicArm 12K100	80
Obr. 70 Zkouška zavěšení DynamicArm 12K100 – pohled zezadu	80
Obr. 71 Kosmetické rukavice [58]	81
Obr. 72 Pomůcka 4TE	83
Obr. 73 Varianty přichycení pomůcky k ruce	84
Obr. 74 Varianty přichycení pomůcky k ruce	85
Obr. 75 Varianty koncového chapadla a celkové podoby	86
Obr. 76 První koncept – 3D model	87
Obr. 77 První koncept – fyzický model	88
Obr. 78 Výsledná podoba prvního konceptu – zkouška s pacientem	88
Obr. 79 Variantní řešení druhého konceptu – skici umístění ovladače	89
Obr. 80 Variantní řešení druhého konceptu – podoba chapadla	90
Obr. 81 Hmotová studie druhého konceptu – modely chapadel a lůžek z claye	91
Obr. 82 Hmotová studie druhého konceptu – modely ovladačů a lůžek z claye	91
Obr. 83 4TE – vizualizace	92
Obr. 84 4TE – pohled do útroh	93
Obr. 85 4TE – složený stav zepředu	94
Obr. 86 4TE – složený stav zezadu	95
Obr. 87 4TE – rozložený stav zepředu	96
Obr. 88 4TE – základní rozměry	97
Obr. 89 4TE – pozice	99
Obr. 90 4TE – použití 4TE v praxi I	100
Obr. 91 4TE – použití 4TE v praxi II	101
Obr. 92 4TE – rozdělení antropomorfních chapadel dle Žajdlíka [59]	109
Obr. 93 4TE – úchopy	111
Obr. 94 4TE – SpaceNavigátor [60]	112

Obr. 95 4TE – Manipulace SpaceNavigátoru [61]	113
Obr. 96 4TE – ovladače	113
Obr. 97 4TE – ovládací prvek	114
Obr. 98 4TE – způsob nošení	116
Obr. 99 Srovnání mezních poloh manipulačního prostoru	123
Obr. 100 Srovnání v předpažení	124
Obr. 101 Srovnání v upažení	124
Obr. 102 Srovnání ve vzpažení	125
Obr. 103 Srovnání v připažení	125
Obr. 104 Souhrnné srovnání manipulačních prostorů	126

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BENDO VÁ, P., JEŘÁBKOVÁ, K., RŮŽIČKOVÁ, V. Kompenzační pomůcky pro osoby se specifickými potřebami. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006. ISBN 80-244-1436-8.
- [2] Ottobock.cz [online]. 2001 [cit. 2011-10-11]. Otto Bock ve světě. Dostupné z WWW: <http://www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/312.html>.
- [3] HADRABA, I. Protetika a ortotika. 1. vydání. Praha: Vydavatelstvo Státní pedagogické nakladatelství, n. p., 1987. 100 s. číslo publikace: 1041-5191
- [4] Wwv.protetikafm.cz [online]. 2010 [cit. 2011-10-14]. SLUŽBY. Dostupné z WWW: <<http://www.protetikafm.cz/sluzby-protetika.html>>.
- [5] FIELL, Charlotte; FIELL, Peter. Design 20. století. Koln : TASCHEN, 2003. 191 s. ISBN 3-8228-2575-1.
- [6] Katalog Otto Bock HealthCare (EN): Anatomy and Nomenclature : Amputations and Congenitally Deformed Limbs. Otto Bock HealthCare GmbH : Everything within Reach!. 2006, n. 1, s. 42-43.
- [7] Fokomelie. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 28. 9. 2009, last modified on 17. 1. 2011 [cit. 2011-06-30]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Fokomelie>>.
- [8] Phocomelia, Flexion Deformities and Absent Thumbs: A New Hereditary Upper Limb Malformation · Holmes, et al. Pediatrics 1974; 54:4 461-465
- [9] GOLDFARB, Charles, et al. Upper-Extremity Phocomelia Reexamined : A Longitudinal Dysplasia. THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY. 2005, vol. 87 , n. 12, s. 2639–2648.
- [10] HOLOMÁŇ, J., et al. FARMAKOVIGILANCIA pre praktických lekárov. In BENDO VÁ, J. FARMAKOVIGILANCIA pre praktických lekárov [online]. [s.l.] : [s.n.], 2008 [cit. 2011-07-01]. Dostupné z WWW: <http://www.vpl.sk/files/file/51-30konf-data/04_Bendova_Farmakovig_PL-prednaska_16-OKT-08.pdf>.
- [11] HUNG, Leung Kim; WONG, Margaret - Wan Na. Congenital hand anomalies : Principles of management. Journal of the american society for surgery of the hand. November 2002, 2, 4, s. 204 – 224.
- [12] NEWMAN, Raymond. Shoulder joint replacement for osteoarthritis in association with thalidomide-induced phocomelia. Clinical Rehabilitation. 1999, n. 13, s. 250–252.
- [13] DUNGL, P., et al. Ortopedie. 1. vydání. Praha : Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-0550-8.
- [14] SOSNA, A. – VAVŘÍK, P. – KRBEC, M., et al. Základy ortopedie. 1. vydání. Praha : Triton, 2001. ISBN 80-7254-202-8.
- [15] Teratogen. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 7. 10. 2006, last modified on 13. 5. 2011 [cit. 2011-06-30]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Teratogen>>.
- [16] Thalidomid. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 31. 7. 2005, last modified on 20. 10. 2011 [cit. 2011-11-08]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Thalidomid>>.

- [17] BRUTHANSOVÁ, Daniela, et al. FUNKČNÍ TEST MOTORIKY RUKY. In Vypracování metody pro zjišťování pracovního potenciálu osob se zdravotním postižením vzniklým po pracovním úrazu nebo nemoci z povolání : Závěrečná zpráva k projektu VÚPSV [online]. Praha : VÚPSV, 2005 [cit. 2011-10-11]. Dostupné z WWW: <http://praha.vupsv.cz/Fulltext/vz_269.pdf>.
- [18] IVAN, HADRABA. Úchop v protetice, 2. část. Ortopedická protetika [online]. 1999, č. 5, [cit. 2011-10-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.ortotikaprotetika.cz/oldweb/Wc2bfee47eea.htm>>.
- [19] ABBAS, Nizar. Léčebně-rehabilitační plán a postup u amputace na dolních končetinách. Brno, 2006. 67 s. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně, Lékařská fakulta. Dostupné z WWW: <http://is.muni.cz/th/82316/lf_b/nizarabbas.txt>.
- [20] HADRABA, I. Stavba protetických pomocok III. 1. vydání. Martin: Vydavatelstvo Osveta n. p., 1985. 124 s. číslo publikace: 2737.
- [21] HADRABA, I. Ortopedická protetika. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n. p., 1986. 64 s. číslo publikace: 1002-5202.
- [22] Katalog Meyra (GE): Rehabilitationsmittel: Das grosse Programm der kleinen Hilfen. Meyra Wilhelm Meyer: Meyra. Kalletal – Kalldorf, Juni 1994, 138 s.
- [23] JAKUB, ŽAJDLÍK. Návrh prstů antropomorfní protézy ruky. Brno, 2004. 66 s. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, Fakulta strojního inženýrství.
- [24] Katalog Otto Bock HealthCare (EN): Prosthetic Fitting. Otto Bock HealthCare GmbH : Everything within Reach!. 2006, n. 1, s. 12-13.
- [25] MICHAELA, PAIGEROVÁ. Srovnání jednotlivých typů protéz horních končetin. Ortopedická protetika [online]. 1999, č. 5, [cit. 2011-10-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.ortotikaprotetika.cz/oldweb/Wc1dfa89a7ea17.htm>>.
- [26] Ottobock : Main myoélectrique [online]. 2011 [cit. 2011-10-26]. Téléchargement de photos. Dostupné z WWW: <http://www.healthcare.ottobock.de/oba/fr/usercopy/sites/Espace%20Presse/Telechargement_photo/Photos_Ortho/Photos_HD/Main_Myo1.gif>.
- [27] Ottobock : Users & Patients [online]. 2011 [cit. 2011-08-10]. MyoHand VariPlus Speed®. Dostupné z WWW: <http://www.ottobock.com/cps/rde/xbcr/ob_com_en/im_646d321_gb_myohand_variplus_speed.pdf>.
- [28] OttoBock [online]. 2011 [cit. 2011-10-26]. Upper Extremity Prosthetics. Dostupné z WWW:<http://www.ottobock.de/cps/rde/xbcr/ob_de_de/img_press_myohand_variplus_speed_300.jpg>.
- [29] http://www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/3359.htm [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>.
- [30] Otto Bock quality for life : MYOBOCK Arm Components. Duderstadt : Otto Bock, 2007. iv, 125 s.
- [31] http://www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/3713.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>.
- [32] Swisswuff [online]. 2006 [cit. 2011-10-26]. Images. Dostupné z WWW: <<http://www.swisswuff.ch/images/mh6.jpg>>.

- [33] http://www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/3733.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>.
- [34] http://www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/3730.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>.
- [35] http://www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/1941.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>.
- [36] http://www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xsl/1939.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>.
- [37] <http://www.touchbionics.com/i-LIMB> [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.touchbionics.com>.
- [38] HSU, Jeremy. Popsci [online]. 06.01.2009 [cit. 2011-10-26]. „Luke“ Arm Begins Widespread Testing Among Veterans. Dostupné z WWW: <http://www.popsci.com/files/imagecache/article_image_large/articles/dekas-luke-arm.jpg>.
- [39] http://www.dekaresearch.com/deka_arm.shtml [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.dekaresearch.com>.
- [40] http://twitter.com/DARPA_News [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.darpa.mil/>>.
- [41] BEARD, Jonathan. DARPA'S BIO-REVOLUTION. Biology-biomedical_services [online]. 2008 [cit. 2009-11-25], s. 4-6.
- [42] UMBEHR, Josh. Medgadget [online]. Apr 27, 2007 [cit. 2011-10-26]. Bionic Arm 2.0, Watch Out Dean Kaman. Dostupné z WWW: <<http://www.medgadget.com/archives/img/Proto1a.jpg>>.
- [43] Photobucket [online]. 2011 [cit. 2011-10-26]. Ramsey67's album. Dostupné z WWW: <http://s138.photobucket.com/albums/q246/ramsey67/?action=view¤t=bioarm_embed1.jpg>.
- [44] CLARK, Emily. Gizmag : HEALTH AND WELLBEING [online]. February 21, 2008 [cit. 2011-10-26]. New funds for development of high tech prosthetic limb. Dostupné z WWW: <http://images.gizmag.com/hero/8840_22020860753.jpg>.
- [45] HUSEKLEPP, Hans. Coroflot : Portfolios [online]. 2011 [cit. 2011-10-26]. Hans Alexander Huseklepp. Dostupné z WWW: <<http://www.coroflot.com/hhuseklepp/Immaculate/1>>.
- [46] MATUSSEK, J. – NEFF, G. DIE KUNSTHAND – Ein Überblick über die prothetische Versorgung der Hand. Orthopäde, 2003, vol. 7, DOI 10.1007/s00132-003-0465-7.
- [47] CARROZZA, M. C. – CAPIELLO, G. – MICERA, S. – EDIN, B. B. – BECCAI L. – CIPRIANI, C.. Design of a cybernetic hand for perception and action. Biol Cybern, 2006, vol. 16. DOI 10.1007/s00422-006-0124-2.
- [48] ŽAJDLÍK, J. Design fingers anthropomorphic prosthesis hand and motion 139lee139ru. Proceedings of the 11th Conference and Competition STUDENT EEICT, 2005, vol. 2, no. 1, s. ISBN: 80-214-2889-9.
- [49] KARLOV, A. – WERNER, T. – PYLIATIUK, C. – SCHULZ, S. Development of a miniaturised hydraulic actuation system for artificial hands. Elsevier B.V., 2007, vol. 10, A 141 (2008) 548–557.

- [50] EDSINGER, Aaron Ladd. Robot Manipulation in Human Environments [online]. c Massachusetts Institute of Technology, January 2007. 228 s. Disertační práce. B.S., Stanford University, S.M., Massachusetts Institute of Technology. Dostupné z WWW: <http://people.csail.mit.edu/edsinger/doc/edsinger_phdthesis_final.pdf>.
- [51] EDSINGER-GONZALES, AARON; WEBER, JEFF. Domo : A Force Sensing Humanoid Robot for Manipulation Research. In Domo : A Force Sensing Humanoid Robot for Manipulation Research [online]. 31 May 2004. [s.l.] : C World Scientific Publishing Company, 31 May 2004 [cit. 2011-08-08]. Dostupné z WWW: <<http://people.csail.mit.edu/edsinger/doc/humanoids04.pdf>>.
- [52] SPEIRS, A. L. THALIDOMIDE AND CONGENITAL ABNORMALITIES. The Lancet. february 10, 1962, no. 1, s. 303-305. Dostupný také z WWW: <http://www.edric.info/fileadmin/downloads/archive/specific_characteristics/multiple_defects/PD0030.pdf>. ISSN 0140-6736.
- [53] SWANSON, Alfred B. Phocomelia and congenital limb malformations : Reconstruction and prosthetic replacement. The American Journal of Surgery. March 1965, Volume 109, no. 3, s. 294-299. Dostupný také z WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961065800770>>. ISSN 0002-9610.
- [54] Analparade [online]. 2.4.2011 [cit. 2011-11-09]. Flipper baby. Dostupné z WWW: <http://analparade.tumblr.com/tagged/flipper_baby>.
- [55] MARQUARDT, ERNST. THE HEIDELBERG PNEUMATIC ARM PROSTHESIS. THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY. August 1965, vol. 47 B, no. 3, s. 425-434. Dostupný také z WWW: <<http://web.jbjs.org.uk/cgi/reprint/47-B/3/425.pdf>>. ISSN 1535-1386.
- [56] http://www.ottobock.com/cps/rde/xchg/ob_com_en/hs.xsl/19932.html [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>.
- [57] http://www.ottobock.de/cps/rde/xbcr/ob_de_de/img_press_dynamic_arm_product_72.jpg [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>
- [58] http://www.healthcare.ottobock.de/oba/fr/usercopy/sites/Espace%20Presse/Telechargetment_photo/Photos_Ortho/Photos_HD/Gants-esthetiques.gif [online]. 2009 [cit. 2009-11-25]. Dostupný z WWW: <www.ottobock.cz>.
- [59] JAKUB, ŽAJDLÍK. Návrh prstů antropomorfní protézy ruky. Brno, 2004. 66 s. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, Fakulta strojního inženýrství.
- [60] Ubergizmo : Computers [online]. 04/08/2008 [cit. 2011-10-26]. 3Dconnexion SpaceNavigator for Notebooks. Dostupné z WWW: <<http://cdn.ubergizmo.com/photos/2008/4/spacenavigator-nb.jpg>>.
- [61] PATTERSON, Paul. Slipperybrick : Accessories [online]. November 28th, 2006 [cit. 2011-10-26]. 3Dconnexion 140lee SpaceNavigator to Line of 3D Navigation Devices. Dostupné z WWW: <<http://www.slipperybrick.com/wp-content/uploads/2006/11/spacenavigator-control.jpg>>.
- [62] ZOCH, Pavel . 3dsoftware.cz : 3dportal [online]. 21.6.2007 [cit. 2011-08-15]. SpaceNavigator, jiný způsob pohybu. Dostupné z WWW: <<http://www.3dsoftware.cz/3dportal/clanek.aspx?id=827>>.

PUBLIKACE AUTORA

Články v časopise

MINAŘÍKOVÁ, Olga, David PALOUŠEK a Daniel KOUTNÝ. Design of upper limb assistive device. PRACOVNÍ LÉKAŘSTVÍ: Časopis společnosti pracovního lékařství. 2012, roč. 2012, č. 2. ISSN 1803-6597.

Články ve sbornících

MINAŘÍKOVÁ, Olga; KŘENEK, Ladislav. Design alternativního porodního lůžka. In Konference diplomových prací 2007 - sborník prací. č. 1. Brno : FSI Brno, 2007. ISBN 978-80-214-3406-6.

MINAŘÍKOVÁ, Olga. VÝVOJ A ŘEŠENÍ DESIGNU UMĚLÉ RUKY. In FSI Junior konference 2008 Prezentace vědeckovýzkumných prací doktorandů. Brno : FSI Brno, 2008. s. 142-147. ISBN 978-80-214-3834-7.

ŠKAROUPKA, David; MINAŘÍKOVÁ, Olga. BUDOUCNOST AUTOMOBILOVÉHO DESIGNU. In sborník příspěvků 50. Medzinárodná vedecká konferencia katedier častí a mechanizmov strojov. Žilina: Žilinská univerzita v Žiliné - EDIS, 2009. ISBN: 978-80-554-0081- 5.

Průmyslové vzory

MINAŘÍKOVÁ, Olga. Variabilní porodní lůžko. Patent – Průmyslový vzor, ÚPV Praha, 11. 02. 2009, č. zápisu: 34441

MINAŘÍKOVÁ, Olga. Externí kardiostimulátor. Patent – Průmyslový vzor, ÚPV Praha, 12. 05. 2011, č. zápisu: 35094

Funkční vzorky

MINAŘÍKOVÁ, Olga. Design umělé ruky. Funkční vzorek, umístění: B2/304 ÚK-o.PD, ÚK, FSI, VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 BRNO, Česká Republika

UHLÍŘ, Filip; MINAŘÍKOVÁ, Olga. Stereoscopic scene generator. Funkční vzorek, umístění: B2/306 ÚK-o.PD, ÚK, FSI, VUT v Brně, Technická 2896/2, 616 69 BRNO, Česká Republika

PŘÍLOHY

Na následujících stránkách naleznete přílohy disertační práce v tomto pořadí:

Souhlas se zpracováním osobních údajů

Sumarizační poster

Ergonomický poster

Technický poster

Kompletní DVD

