

Univerzita Karlova

1. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Ergoterapie



Klára Gazdová

**Návrh a realizace kompenzačních pomůcek pro pacienty se získaným
poškozením mozku pomocí 3D tiskárny**

The Proposal and Implementation Assistive Devices for Patients with Acquired
Brain Injury Using 3D Printer

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: Bc. Zuzana Rodová, M.Sc.

Praha, rok 2020

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucí bakalářské práce paní Bc. Zuzaně Rodové, M.Sc. za vedení, cenné poznámky, odborné připomínky a podněty.

Dále bych chtěla poděkovat ergoterapeutce Mgr. et Bc. Anně Rejtarové, která mi umožnila absolvovat odbornou praxi na pracovišti Lůžek včasné rehabilitace iktového centra VFN a své znalosti si prakticky ověřit.

Chtěla bych poděkovat také panu Ing. Janu Fojtů za odbornou pomoc při vytváření 3D modelů a Antonínu Gazdovi za odborné vedení v oblasti 3D tisku.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité literární zdroje. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 07. 04.2020

Klára Gazdová
Podpis studenta

IDENTIFIKAČNÍ ZÁZNAM

GAZDOVÁ, Klára. *Návrh a realizace kompenzačních pomůcek pro pacienty se získaným poškozením mozku pomocí 3D tiskárny. [The Design and Implementation Assistive Devices for Patients with Acquired Brain Injury Using 3D Printer]*. Praha, 2020. 104 stran, 8 příloh. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Klinika rehabilitačního lékařství. Vedoucí bakalářské práce Bc. Zuzana Rodová, M.Sc..

ABSTRAKT BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno, příjmení: Klára Gazdová

Vedoucí práce: Bc. Zuzana Rodová, M.Sc.

Název bakalářské práce: Návrh a realizace kompenzačních pomůcek pro pacienty se získaným poškozením mozku pomocí 3D tiskárny

Abstrakt bakalářské práce:

Východiska: Získané poškození mozku způsobuje disabilitu, která ovlivňuje soběstačnost. Pro zvýšení soběstačnosti lze použít kompenzační pomůcky. Technologie 3D tisku se zdá být vhodnou alternativou pro vytváření pomůcek na míru. Tento trend se již v zahraničí formuje.

Formulace cíle: Hlavním cílem je vytvoření kompenzačních pomůcek na míru pro pacienty se získaným poškozením mozku pomocí 3D tiskárny. Dílčí cíl je zhodnocení finanční a technické náročnosti technologie pro běžnou ergoterapeutickou praxi.

Metodika: Pěti pacientům se získaným poškozením mozku, byla v rámci bakalářské práce vytvořena kompenzační pomůcka na míru a vytištěna pomocí 3D tisku. Pomůcky byly zaměřené na všední denní činnosti, které pacienti nebyli schopni bez pomůcky provádět.

Výsledky: Bylo vytvořeno šest pomůcek pro sebesycení. Jedné pacientce musela být po testování pomůcky vytvořena nová. Jeden pacient potřeboval měkkou pomůcku, kterou 3D tisk neumožňuje. Vytvořené pomůcky umožnily čtyřem pacientům zapojení paretické horní končetiny do sebesycení.

Závěr: 3D tisk je velmi perspektivní technologií využitelnou v každodenní praxi většiny zdravotnických odborností. Mezi jeho hlavní výhody patří možnost vytvoření modelu na míru pacientovi a přizpůsobování pomůcky na základě vývoje schopností pacienta, dostupnost, u většiny pomůcek také cena.

Klíčová slova: 3D tisk, kompenzační pomůcky, ergoterapie, získané poškození mozku

ABSTRAKT BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno, příjmení: Klára Gazdová

Vedoucí práce: Bc. Zuzana Rodová, M.Sc.

Title: The Proposal and Implementation Assistive Devices for Patients with Acquired Brain Injury Using 3D Printer

Abstract:

Background: Acquired brain injury cause disability, which influences human self-sufficiency. Self-sufficiency can be increased by assistive devices. 3D printing technology seems to be appropriate alternative for creating tailor-made compensatory aids. Foreign organizations are forming the trend.

Goal formulation: The main goal is to create tailor-made assistive devices for patients with acquired brain injury using a 3D printer. The partial goal is an assessment of the financial and technical demands of the technology for ordinary occupational therapy practice.

Methodology: For five patients with acquired brain injury was created a tailor-made compensatory aid as a part of the bachelor's thesis and printed using 3D printing. The aids were focused on activities of daily living that the patients were not able to perform without the aid.

Results: Six self-feeding aids have been created. One aid had to be redone after testing. One patient needed a soft aid that 3D printing cannot produce. The created aids allowed four patients to engage the paretic upper limb in self-feeding.

Conclusion: 3D printing is a very promising technology usable in the daily practice of majority of the healthcare areas. Its main advantages include the possibility of creating a tailored model for the patient and adapting the device based on the development of the patient's abilities, availability, and for most aids also price.

Key words: 3D printing, assistive devices, occupational therapy, acquired brain injury

OBSAH

1.	Úvod	1
2.	Teoretická část.....	3
2.1.	Získané poškození mozku	3
2.1.1.	Traumatické poškození mozku.....	3
2.1.2.	Cévní onemocnění mozku	3
2.1.3.	Intrakraniální nádory	4
2.1.4.	Další příčiny získaného netraumatického poškození mozku	4
2.1.5.	Nejčastější následky získaného poškození mozku	5
2.2.	Kompenzační pomůcky a ergoterapie	6
2.2.1.	Kompenzační pomůcky pro osoby se získaným poškozením mozku	6
2.2.2.	Sériová výroba kompenzačních pomůcek	6
2.2.3.	Jiné možnosti získání kompenzačních pomůcek.....	7
2.2.4.	Financování	8
2.2.5.	Role ergoterapeuta u kompenzačních pomůcek.....	8
2.3.	3D tisk	9
2.3.1.	Využití	9
2.3.2.	Technologie	10
2.3.3.	Proces	13
2.3.4.	Volba tiskového materiálu	15
2.4.	Využití 3D tisku ve zdravotnictví	16
2.4.1.	Úvod do lékařského využití.....	16
2.4.2.	Vzdělávání, výzkum a školení	17
2.4.3.	Tisk implantátů a tkání	18
2.4.4.	Simulace operačního či intervenčního postupu.....	19
2.4.5.	Ortopedie	21
2.4.6.	Stomatologie.....	21

2.4.7.	Covid-19.....	22
2.5.	Využití 3D tisku v ergoterapii.....	23
2.5.1.	Výhody 3D tisku oproti konvenčním technologiím.....	23
2.5.2.	Konkrétní pomůcky.....	24
2.5.3.	Technologie.....	27
2.5.4.	Cena a rentabilita pomůcek.....	28
2.5.5.	Limity 3D tiskárny.....	28
2.5.6.	Budoucnost.....	29
3.	Praktická část.....	30
3.1.	Cíle.....	30
3.2.	Metody zpracování.....	30
3.3.	Kazuistiky.....	32
3.3.1.	Kazuistika č. 1 (vzorová).....	32
3.3.2.	Kazuistika č. 2.....	49
3.4.	Výsledky práce.....	55
4.	Diskuze.....	58
4.1.	Hodnocení cílů.....	58
4.2.	Rozbor kazuistik.....	58
4.3.	Argumentace pro výběr literárních zdrojů.....	59
4.4.	Nedořešené otázky a možnosti vyplývající z literatury a praktické části.....	60
4.4.1.	Podklady pro rentabilitu.....	60
4.4.2.	Finanční pokrytí práce s pacientem.....	61
4.4.3.	Finanční pokrytí práce bez pacienta.....	61
4.4.4.	Pokrytí výdajů za materiál.....	61
4.4.5.	Finanční přínos technologie.....	62
4.4.6.	Technické schopnosti terapeutů a možná řešení.....	62
4.4.7.	Bezpečnost z hlediska hygieny.....	63

4.5.	Zhodnocení práce	63
5.	Závěr.....	64
6.	Seznam použité literatury	65
7.	Seznam tabulek	71
8.	Seznam obrázků	72
9.	Seznam příloh.....	76
10.	Přílohy	77
10.1.	Příloha č. 1 – Kazuistika č. 3.....	77
10.2.	Příloha č. 2 – Kazuistika č. 4.....	82
10.3.	Příloha č. 3 – Kazuistika č. 5.....	90
10.4.	Příloha č. 4. – Informovaný souhlas pacienta (vzor)	96
10.5.	Příloha č. 5 – Instrukce pacienta	97
10.6.	Příloha č. 6 – Odeslaný abstrakt na Studentskou vědeckou konferenci.....	98
10.7.	Příloha č. 7 – Výroba zapínače knoflíků z Thingiverse.com	99
10.8.	Příloha č. 8 – Další tištěné předměty	104

Seznam zkratek

ABI	Acquired Brain Injury (získané poškození mozku)
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
ACM	povodí arteria cerebri media (střední mozkové tepny)
ACP	povodí arteria cerebri posterior (zadní mozkové tepny)
ADL	Activities of daily living (všední denní aktivity)
BIAA	Brain Injury Association of America
BP	bakalářská práce
bpn	bez patologického nálezu
CMP	cévní mozková příhoda
CT	Výpočetní tomografie
č.	číslo
DLP	Digital Light Processing
et al.	et alii (a kolektiv)
FDM	Fused Deposition Modelling
FFF	Fused Filament Fabrication
FIM	Funkční míra nezávislosti
FLEX	Flexible Filament
g	gram
HK	horní končetina
HKK	horní končetiny
hod	hodina
iCMP	ischemická cévní mozková příhoda
Kč	koruna
kg	kilogram
KP	kompensační pomůcka
l. dx.	lateris dexter (pravá strana)
l. sin.	lateris sinister (levá strana)
LDK	levá dolní končetina
LHK	levá horní končetina
m	metr
m.	musculus (sval)

min	minuta
MKN	Mezinárodní klasifikace nemocí
mm	milimetr
mm.	musculi (svaly)
MRI	Magnetické resonance
n.	nervus (nerv)
např.	například
obr.	obrázek
PDK	pravá dolní končetina
PETG	Polyethylene Terephthalate Glycol
PHK	pravá horní končetina
PLA	Polylactic Acid
pol.	polovina
RepRap	Replicating Rapid Prototyper
SLA	Stereolitografie
SLS	Selective Laser Sintering
UV	Ultraviolet (ultrafialové záření)
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
VFN	Všeobecná fakultní nemocnice v Praze
1. LF UK	1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy

1. Úvod

Po získání přístupu ke 3D tiskárně a sledování procesu po dobu týdnů přišel nápad, zda by nebylo možné využít technologii v oboru ergoterapie. Výrobky měly estetický vzhled a působily moderně. To vedlo k možnosti zajímavého řešení výroby kompenzačních pomůcek. Na rozdíl od výroby modifikovaných úchopů z běžných materiálů 3D tisk nevyžaduje vysokou zručnost terapeuta, naopak klade nároky technické. 3D tisk umožňuje větší soběstačnost a variabilitu pomůcek, než jiný běžně dostupný materiál, zároveň oproti často užívané izolaci na potrubí jsou tištěné pomůcky více odolné oděru a lépe se čistí. Navíc samotnou výrobu provádí tiskárna automatizovaně a to šetří terapeutův čas, který může věnovat pacientům. Pokud by se podařilo zajistit finanční pokrytí práce terapeuta na 3D modelu, může nabídnout pacientům pomůcku za nízkou cenu proti pomůckám nabízeným na trhu.

Cílová skupina byla zvolena z důvodu, že pacienti se získaným poškozením mozku potřebují často velké množství pomůcek a individuální úprava je v mnohých případech nutná pro zlepšení jejich soběstačnosti. Dále pacienti přichází o práci, mají nedostatek financí i na koupi drobných pomůcek, které nejsou hrazené zdravotní pojišťovnou. V rámci hospitalizace a následných pobytových zařízení nelze předepsat pomůcku, což zbytečně omezuje jejich soběstačnost. Pokud by byla pomůcka připravena a průběžně upravována během pacientova pobytu, přirozeně by končetinu opět zapojil do aktivit. V kombinaci s terapiemi, by byl pacient maximálně podporován v pokroku. (Krivošíková, 2011; Švestková, Svěčená, 2013)

Alternativou získání kompenzačních pomůcek je vlastní výroba pomůcky. Často se využívá běžně dostupných a levných předmětů. Řešení často nabízí ergoterapeut a některé pomůcky mohou být vytvořeny přímo během ergoterapeutické intervence. Jako možnost výroby se nově nabízí 3D tisk, který se stává dostupným pro domácnosti. Typy tiskáren se od sebe liší samotnou technologií, materiálem, ze kterého tisknou, a cenou. Výrobky mají různé vlastnosti a hodí se pro různé využití. Trendem se stal již v medicíně, v zahraničí se využívá i v ergoterapii k tisku protéz, dlah a asistivních technologií. Využití je vhodné pro výrobu pomůcek na míru, drobných prvků pro úpravu domácího prostředí i výrobu pomůcek pro terapii. (Stříteský, 2019; Ostrander, Whaley, 2017; Willkom, 2005)

Hlavním cílem této práce je vytvoření kompenzačních pomůcek pomocí 3D tiskárny a díky pomůckám zvýšit zapojení paretické horní končetiny do všedních denních aktivit. Dílčí cíl zahrnuje zhodnocení finanční a technické náročnosti do běžné ergoterapeutické praxe.

Teoretická část se zabývá krátkým popisem jednotlivých typů získaného poškození mozku. Zmiňuje důležitost a funkci kompenzačních pomůcek u osob se získaným poškozením mozku, detailněji rozebírá možnosti financování pomůcek a řeší také roli ergoterapeuta u kompenzačních pomůcek. Uvádí pomůcky jak sériově vyráběné, tak možnosti alternativního získání kompenzačních pomůcek. Následuje kapitola popisující technologii 3D tisku, jeho časté využití, jednotlivé komponenty a popisuje jeho proces. V kapitole 3D tisk ve zdravotnictví jsou uvedeny využití v jeho různých oblastech a možnosti, které se do budoucna otvírají. Kapitola 3D tisk v ergoterapii zmiňuje výhody oproti konvenčním postupům a konkrétní oblasti, kde by 3D tisk mohl mít přínos pro běžnou praxi. Uvedeny jsou různé možnosti postupu s různými technickými nároky, limity a možnosti technologie do budoucna.

Zpracování praktické části proběhlo v rámci třítydenní Prázdninové praxe 2 na Lůžkách včasné rehabilitace iktového centra – Všeobecná fakultní nemocnice v Praze. Na základě vyšetření a několika terapií byla zvolena aktivita, do které pacient nezapojuje parietickou horní končetinu. Poté proběhl návrh vhodné pomůcky, která by mu zapojení do aktivity umožnila. Po vytištění pomůcky, byl pacient s pomůckou zaučen v tréninkových podmínkách. Výstupem praktické části jsou kazuistiky pěti pacientů, kterým byla vytvořena pomůcka na míru pro zvýšení soběstačnosti v jedné z personálních všedních denních aktivit. První kazuistika je vzorová, popisuje podrobně proces jednotlivých kroků přípravy a 3D tisku.

2. Teoretická část

2.1. Získané poškození mozku

Nejčastější klasifikací získaného poškození mozku (v anglicky psané odborné literatuře acquired brain injury, ABI) je klasifikace dle etiologie. Základními typy jsou traumatické a netraumatické poškození mozku. Traumatické poškození mozku je důsledkem působení zevních sil. Mezi nejčastější traumata vedoucí k poškození mozku patří pády, dopravní nehody, úrazy při sportu, pracovní úrazy, střelné rány a další. Netraumatické jsou způsobené vnitřními vlivy nebo změnami funkcí mozku. Nejčastějšími netraumatickými příčinami poškození mozku jsou cévní onemocnění mozku a intrakraniální nádory (Ambler, 2011). Mezi získaná poškození mozku se neřadí dědičná, vrozená, degenerativní onemocnění ani poškození způsobená porodním traumatem. (BIAA, 2020)

2.1.1. Traumatické poškození mozku

Incidence intrakraniálních poranění v České republice v roce 2017 byla 28 821 osob (ÚZIS, 2017). Ze dvou třetin převládají muži nad ženami. Zvýšený počet případů se vyskytuje u mladých lidí a osob nad 75 let. Moderní dělení poranění mozku je na primární a sekundární. Primární poranění vznikají na základě léze při samotném úrazu, naopak sekundární vznikají s časovým odstupem jako komplikace a jsou léčebně ovlivnitelná. Mezi primární poranění mozku patří komoce, difúzní axonální poranění a mozková kontuze. Sekundární poranění mozku dělíme na intrakraniální (nitrolební krvácení, edém a mozková turgescence) a extrakraniální vlivy (hypoxie a systémová hypotenze). (Ambler, 2011)

2.1.2. Cévní onemocnění mozku

Základní pilíře cévních onemocnění mozku tvoří cévní mozkové příhody a subarachnoidální krvácení.

Incidence akutních mozkových příhod v České republice byla v roce 2017 29 890, mírně převažuje mužské pohlaví (ÚZIS, 2017). Vznikají v první řadě nedostatkem prokrvení mozkové tkáně (ischemií), ale také krvácením (hemoragií). Mozkové ischemie dělíme na přechodné (zahrnující tranzitorní ischemickou ataku, reverzibilní neurologický deficit a progredující příhodu) a dokončené (dokonaná ischemická ataka) (Lišková et al., 2014). Klinická symptomatika je velmi variabilní a odvíjí se od rozsahu, tíže a trvání ischemie. „Pro postižení karotického povodí je typická hemisferální léze, typicky je přítomna hemiparéza, či hemiplegie, poruchy čítí hemicharakteru, epileptické paroxysmy. (...) U vertebrobasilárního

povodí dominuje kmenová a cerebelární symptomatika projevující se závratěmi, zvracením, poruchami rovnováhy, ataxií a parestéziemi.“ (Ambler, 2011) Hemoragický iktus vzniká nejčastěji rupturou malých perforujících artérií na podkladě hypertenze. Mezi další příčiny patří arteriovenózní malformace a hemoragické diatézy. Nejčastější lokalizace je v bazálních gangliích, v centru semiovale, thalamu, mozkovém kmeni, mozečku a nukleus caudatus. Ambler (2011): *„Menší krvácení tkáň nedestruují, pouze komprimují a působí expanzivně. Naopak krvácení většího charakteru bývají tříštivá, mají expanzivní charakter a destruuji mozkovou tkáň.*“ U tříštivých je často přítomen těžký neurologický deficit a prognóza je velmi vážná. (Ambler, 2011)

Subarachnoidální krvácení probíhají v likvorových cestách, mezi arachnoideu a pia mater. Dochází k němu rupturou aneurysmatu, či arteriovenózních malformací, na základě hypertenze, krvácivých chorob nebo primární vaskulopatie. Pro tento typ krvácení je typická náhle vzniklá silná bolest hlavy, spojená se zvracením až poruchou vědomí. Velká vakovitá aneurysmata se projevují tlakovou ložiskovou symptomatikou, kdežto arteriovenózní malformace krvácením do mozku nebo subarachnoidálně, ložiskovou ischemií, či epileptickými paroxysmy. (Ambler, 2011)

2.1.3. Intrakraniální nádory

Intrakraniální nádory mohou pocházet přímo z nervové tkáně (primární) nebo se jedná o metastázy nádorů jiných orgánů (sekundární). Primární nádory nemetastazují. Dělíme je na benigní, působící na mozek tlakem, a maligní. Biologicky benigní nádory jsou však klinicky z důvodu lokalizace potencionálně maligní. Hlavní typy jsou astrocytomy, nádory hypofýzy, ependymomy, meningiomy a neurinomy. Intrakraniálně nejčastěji metastazují karcinomy plic, prsu a tlustého střeva, melanoblastom a Grawitzův tumor. (Ambler, 2011; Lišková et al., 2014)

2.1.4. Další příčiny získaného netraumatického poškození mozku

Mezi další příčiny získaného netraumatického poškození mozku patří zánětlivá onemocnění, poškození elektrickým proudem, či toxickými látkami (BIAA, 2020).

Dle Amblera (2011) *„zánětlivá onemocnění centrální nervové soustavy zahrnují záněty mozkomíšních plen (meningitidy), mozku (encefalitidy) a míchy (myelitidy).*“ Postižení může být také kombinované. *„Původcem zánětu mohou být bakterie, viry i plísňe nebo houby. Výsledný klinický obraz je určován nejen druhem infekce, množstvím a virulencí, ale závisí i na celkovém stavu organismu, především na jeho obranných imunitních schopnostech.*“

Rozsah a charakter poranění elektrickým proudem závisí na mnoha faktorech. Mezi hlavní patří síla a druh proudu, trvání kontaktu, atmosférická vlhkost a stav kůže. Úrazy vznikají přímým průtokem proudu, ale také sekundárně – anoxické změny při poruchách dýchání nebo srdeční zástavě. Mezi chronické následky patří encefalopatie s demencí, epilepsie a podobně. (Ambler, 2011)

2.1.5. Nejčastější následky získaného poškození mozku

Klinická symptomatika je velmi variabilní od reverzibilních stavů přes lehké, velmi závažné až smrtelné. Záleží především na rozsahu a lokalizaci poškození mozku.

Na první pohled často viditelné – fyzické následky, dále neméně závažné následky kognitivní a psychosociální (Ambler, 2011).

Z fyzických následků se nejčastěji můžeme setkat s pohybovým či smyslovým omezením, neglect syndromem, výskytem epilepsie, poruchami spánku a polykání. Pohybová omezení se typicky manifestují kontralaterálně vzhledem k postiženému centru. Nejčastější pohybová omezení můžeme rozdělit na poruchy hybnosti, poruchy svalového tonu a koordinace, poruchy rovnováhy a závratě. Mezi typické následky patří parézy, či plegie, apraxie, spasticita, tremor a ataxie. Nejčastější smyslová omezení jsou poruchy různých kvalit čítí a poruchy zraku. (Lišková et al., 2014; Švestková et al., 2017)

Ze skupiny kognitivní funkcí se můžeme nejčastěji setkat s poruchami řeči (porozumění nebo exprese), pozornosti, paměti, zpracování informací, orientace, vnímání smyslových vjemů a exekutivních funkcí (Bayerová, 2019; Lišková et al., 2014).

Získané poškození mozku ovlivňuje též psychiku i sociální složku života. Přítomny mohou být poruchy nálad a emocí jako jsou emoční labilita nebo otupělost, úzkost, deprese, apatie a ztráta motivace, neklid a agrese. Emoční změny se následně projevují chováním, což může negativně ovlivnit okolí. Z hlediska chování a osobnosti člověka se poškození mozku může projevit jako problémy s regulací chování, poruchy osobnosti, sebestřednost, či nedostatek náhledu a snížená schopnost sebehodnocení. Změna zdravotního stavu přináší výzvu k adaptaci v nové situaci, změnu sociálních rolí, volbu trávení volného času, řešení studia a návratu do zaměstnání. Powell (2010) rozděluje sociální změny v prožívání pacienta, rodiny a nejbližších, v širším okolí a celospolečenský postoj. Omezení soběstačnosti pacienta v personálních všedních denních aktivitách významně ovlivňuje psychosociální oblasti. (Lišková et al., 2014; Benda, 2017)

2.2. Kompenzační pomůcky a ergoterapie

Ergoterapeut usiluje o obnovu hybnosti, kterou zařazuje do funkce. Nově nabytá funkce následně vede ke zlepšení provádění všedních denních činností (ADL). Podle Krivošíkové (2011) „*mezi ně patří činnosti sebeobsluhy, funkční mobility a komunikace, dále činnosti spojené s vedením a údržbou domácnosti a činnosti, které provádí v širším sociálním prostředí.*“ Důležitý je samotný nácvik všedních denních činností zlepšující kvalitu života pacienta a vedoucí k minimalizování závislosti na okolí. Nezávislost pacientovi dodává sebedůvěru a motivaci, které jsou důležité pro další spolupráci. Dle Klusoňové (2011) může ergoterapeut kromě rehabilitace využít i kompenzačního přístupu, tedy doporučit pacientovi kompenzační pomůcky (dále jen KP) a nacvičit s pacientem jejich užívání při činnostech. Potřeba některé kompenzační pomůcky se může objevit ve všech fázích vývoje od vzniku disability. Pomůcka může pacientovi usnadnit chůzi, zpevňovat nestabilní klouby, bránit rozvoji spasticity či sekundárních změn, podporovat soběstačnost pacienta i jeho pokroky v terapii (Kolář et al., 2012).

2.2.1. Kompenzační pomůcky pro osoby se získaným poškozením mozku

Pro osoby se získaným poškozením mozku je provádění všedních denních činností mnohem obtížnější, než kdy předtím. Ke znovunabytí schopností významně přispívá rehabilitační intervence, adaptace prostředí, nácvik alternativního způsobu provádění činnosti a využití KP. Potřeba kompenzačních pomůcek u osob se získaným poškozením mozku je velmi různorodá, různorodost vzniká především na základě typu a rozsahu postižení. Používání kompenzačních pomůcek nebo alternativní způsob provádění jednotlivých činností může být trvalý, ale také dočasný. Závisí to na typu onemocnění, prognóze pacienta a jeho pokrocích v rámci rehabilitační intervence. Kompenzační pomůcky můžeme rozdělit podle činností, kterou kompenzují (osobní hygiena, oblékání, sebesycení, koupání, příprava jídla, funkční komunikace a další). (Krivošíková, 2011; StrokeAssociation, 2019)

2.2.2. Sériová výroba kompenzačních pomůcek

Sériově vyrobené kompenzační pomůcky lze pořídit ve zdravotnických, či firemních prodejnách. Příkladem můžou být firmy DMA Praha s.r.o.; Ortoservis s.r.o.; Medicco s.r.o.; Meyra – Česká republika; SIVAK medical technology s.r.o. a ORTIKA CZ, s.r.o.. Nejčastěji využívanými jsou kompenzační pomůcky do koupelny např.: sedačky na vanu, protiskluzové podložky, madla, sedačky, židle a křesla do sprchy. Pomůckami pro osobní hygienu jsou: modifikované nástavce na mycí houbu, kartáč, hřeben a dále držák toaletního papíru, kartáč

na mytí nohou a mnohé další. V rámci toalety lze využít: zvýšené nástavce na toaletu, madla, klozetová křesla a toaletní nádoby. V kuchyni se využívají často pomůcky pro sebesycení a přípravu jídla. Konkrétně: příbory s rozšířenou rukojetí, fixační prkénko, speciální hrnky či jiné nádoby. Některé z pomůcek lze koupit i v běžných kuchyňských potřebách. K usnadnění oblékání slouží zapínače knoflíků, navlékače ponožek, elastické tkaničky, podavače předmětů. Další pomůcky, které osobám s poruchou jemné motoriky pomáhají, jsou držák klíčů s rozšířeným úchopem a nástavce na tužku. V oblasti mobility jsou pomůcky rozdílné v míře kompenzace funkce. Patří mezi ně hole, berle, pevná či kolová chodítka, mechanické a elektrické vozíky, schodišťové plošiny a další. U těžšího postižení jsou vhodná polohovací lůžka, stolky k lůžkům, případně závěsné stropní systémy. (DMA Praha s.r.o., 2020)

2.2.3. Jiné možnosti získání kompenzačních pomůcek

Klusoňová (2011) uvádí, že, *„mimo speciálních kompenzačních pomůcek, které se nakupují ve zdravotnických nebo firemních prodejnách, jsou na trhu v běžné obchodní síti výrobky, které postiženým lidem mohou pomoci a umožňují nezávislost (účelně zvolené elektrospotřebiče, lehké teflonové nádoby, oddělovač žlutku od bílku, úklidové náčiní aj).“* Návrh a výroba individuálně zhotovených pomůcek či úprava pomůcek sériově vyráběných spadá též do kompetence ortotiků – protetiků, pro které je oblast pomůcek hlavní pracovní náplní. Individuální úpravu pomůcek často provádí také sám ergoterapeut nebo blízká osoba pacienta. Využívá se termoplastů, suchých zipů, molitanu, gumy a jiných materiálů. Nejčastěji řešené jsou problémy s úchopem, kde je potřeba rozšířeného madla. Pro výrobu kompenzačních pomůcek ergoterapeutem jsou přínosem praktické zkušenosti, vysoká kreativita a schopnost hledat inspiraci i na webových zdrojích ať z České republiky či zahraničí (Klusoňová, 2011). Willkomm (2005, 2006) ve svých knihách *Solution in Minute* a *Solution for Easier Living* se zaměřuje na kreativní řešení problémů s omezenými zdroji. V blízkém okolí každého člověka se vyskytuje tisíce řešení výroby asistivních technologií. Jedná se o běžně prodávané předměty primárně pro jiné účely, z nichž lze vytvořit velké množství kreativních řešení a poskytnout pacientům okamžitou pomoc v soběstačnosti ve velmi krátké časové době (do třiceti minut) a za velmi nízkou cenu (do pěti dolarů). Zdrojem mohou být například veletrhy, bazary a tržiště, obchody pro kutily, či prodejny s levným zbožím (např. Levno, Vše za 39 Kč, Pepco). (Willkomm 2005, 2006)

2.2.4. Financování

Kompenzační pomůcky jsou hrazené pojišťovny, Úřadem práce, nadacemi, či samotným pacientem. Pro získání pomůcky s úhradou zdravotní pojišťovny jako jsou mechanické vozíky, polohovatelné postele a další dražší pomůcky je nutné získat schválení revizního lékaře. Nejčastěji potřebné pomůcky, které si pacient hradí sám, jsou tzv. drobné pomůcky pro umožnění soběstačnosti.,,Jedná se např. o navlékač ponožek (cca 300 Kč), modifikovaný příbor (cca 300 Kč), fixační prkénko s bodci (cca 500-2000 Kč) a podobně“ (Švestková, Svěčená 2013). Důsledkem získaného poškození mozku přichází často pacient o zaměstnání a tím o příjem. Pokud se osoba blízká rozhodne o pacienta pečovat, je omezen další zdroj financí. Zároveň si zdravotní stav vyžaduje vyšší výdaje na koupi kompenzačních pomůcek, úhradu rehabilitací či asistencí. Vzhledem k celkové finanční zátěži na pacienta i jeho rodinu se pro ně stávají některé finančně náročné pomůcky, ale i menší předměty hůře dostupné. (Švestková, Svěčená 2013)

Situaci komplikuje častá potřeba individuální úpravy pomůcek, související s vyššími náklady nebo nedostupnost potřebné pomůcky na trhu. Další komplikací je, že aktuálně není možné v rámci hospitalizace a následných rehabilitačních pobytů předepisovat kompenzační pomůcky (Česko, 1997). Tato otázka je aktuální i v rámci včasné péče na Lůžkách včasné rehabilitace VFN, v zařízení zvoleném pro realizaci praktické části. Některá zařízení nemají finance na jejich koupi, takže si pacient pomůcku nemůže s terapeutem vyzkoušet a případně se s ní naučit. A pokud pacient následně přechází do dalších rehabilitačních zařízení, často se pak stává, že pacient není dlouhodobě pomůckami vybaven, a tím je zbytečně omezena jeho soběstačnost. Pokud by byla pomůcka připravena a průběžně upravována (dle změn stavu a pokroků pacienta) během pacientova pobytu, přirozeně by mohl končetinu opět zapojit do aktivit. Zapůjčení pomůcky či výroba vlastní alternativy k dražší profesionální pomůcce může pacienta ve svízelné situaci výrazně podpořit v soběstačnosti. (Jelínková, Krivošíková, Šajtarová, 2009; Klusoňová, 2011; Elmansy, 2015)

2.2.5. Role ergoterapeuta u kompenzačních pomůcek

Před samotným výběrem kompenzační pomůcky je vhodné provést hodnocení prostředí pacienta, ve kterém žije. Prostor může pacienta podporovat nebo mu činnost ulehčovat, na druhou stranu však může být zdrojem bariér pro výkon nebo na něj může klást zvýšené nároky. Proto je důležité zvolit vhodnou adaptaci, aby prostředí podporovalo výkon pacienta. „Úkolem ergoterapeuta je hodnotit vliv prostředí na provádění činností a zvažovat,

jak lze prostředí využít (zpřístupnit, změnit či přizpůsobit) pro snadnější fungování osoby. (...) Pokud jsou přítomny bariéry prostředí, ergoterapeut volí na klienta zaměřený kompenzační přístup. Jeho prostřednictvím se snaží odstranit tyto bariéry a vytvořit vhodnější podmínky pro provádění aktivity. K intervenčním strategiím lze zařadit vlastní architektonické modifikace, doporučení a nácvik používání kompenzačních pomůcek, instruktaž pečovatele.“ (Jelínková, Krivošíková, Šajtarová, 2009)

2.3. 3D tisk

Stříteský (2019) uvádí, že, *„3D tisk je automatizovaný proces, při kterém se z digitální předlohy (3D modelu) vytváří fyzický model.“* 3D tisk je známý už od 80. let minulého století, využíván byl ale pouze k tisku prototypů velkými firmami. Zásadním posunem bylo vyvinutí technologie FDM (viz kapitola 2.3.3.) a uvolnění patentu pro ni v roce 2009. Díky tomu mohlo dojít k rozvoji projektu RepRap, jehož cílem bylo vytvořit tiskárnu, jejíž velkou část součástek je možné vytisknout na 3D tiskárně. Díky němu klesla pořizovací cena tiskáren a zrychlil se proces výroby. *„3D tisk se v posledním desetiletí prudce rozvíjí. Dochází k neustálému rozvoji tiskáren a tiskových materiálů. Současně se tiskárny z firemního prostředí rozšířily mezi běžné uživatele – kutily.“* (Stříteský, 2019) Celkem běžně se využívají v celé řadě oborů od technických oborů po zdravotnictví – včetně rehabilitace. (Stříteský, 2019; Ostrander, Whaley, 2017)

2.3.1. Využití

Využití 3D tisku je výhodné v personalizované výrobě, kde jednotlivé produkty mohou být přizpůsobeny klientovi. Může se jednat o reklamní předměty firem (viz obr. 2.3.1.1.), označení produktu jménem klienta, ale také tisk výukových pomůcek zobrazujících vzácné vady, či vytváření pomůcek pacientům na míru dle hybnosti a podobně. 3D tisk je vhodný pro malosériovou výrobu, kde by náklady spojené s přípravou výroby byly vysoké. Další využití tiskárny může být pro výrobu hraček a figurek (viz obr. 2.3.1.2.), mohou být však tištěny také pomůcky pro testování a terapii. Běžným využitím pro každou domácnost je výroba drobných nástavců, držáků, pouzder na telefon a výroba nedostupných náhradních dílů (viz obr. 2.3.1.3. a 2.3.1.4.). Schopností 3D tisku je také urychlení procesu vývoje a výroby. Této schopnosti je využíváno v množství odvětví například ve zdravotnictví, automobilovém a leteckém průmyslu, šperkařství či modelářství. Dle Stříteského (2019) *„3D tisk zkrátka dokáže zjednodušit život!“*

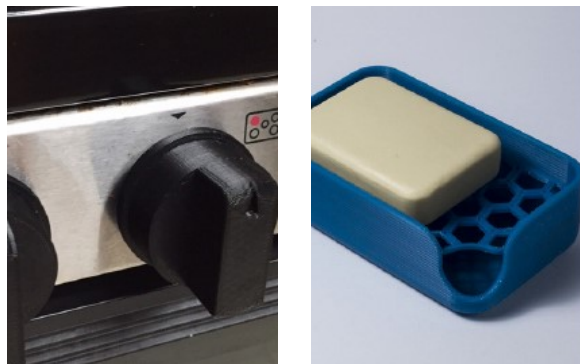
Dle Průši (2020) možnosti 3D tisku orgánů jsou ještě „v plenkách“ a pořádně nefunguje. „U orgánů tisknete jenom skelet, na kterém pak zkoušíte pěstovat kmenové buňky.“ (Průša, 2020) Další netradiční využití ke stavbě budov již úspěšně proběhlo (viz obr. 2.3.1.5.). Princip je obdobný jako u tiskáren typu FDM (viz kapitola 2.3.3.), liší se pouze velikostí a materiály (jílovité nebo beton). Využití 3D tisku je velmi rozsáhlé a neustále se rozšiřující. Využití 3D tisku ve zdravotnictví bude rozpracováno v kapitole 1.4. (Stříteský, 2019; Průša, 2020)

Obr. 2.3.1.1. Reklamní předmět firma obr. 2.3.1.2. Figurky (zdroj: Stříteský, 2019)

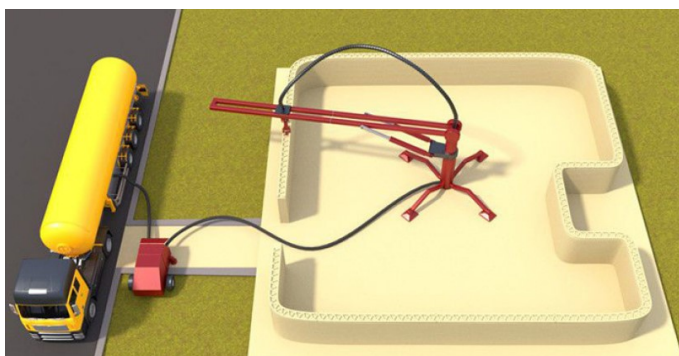


Obr. 2.3.1.3. Výroba náhradního dílu (vlevo, zdroj: Thingiverse, 2020)

Obr. 2.3.1.4. Krabička na mýdlo (vpravo, zdroj: Thingiverse, 2020)



Obr. 2.3.1.5. Vizualizace tisku domu (zdroj: Stříteský, 2019)



2.3.2. Technologie

Existuje více typů 3D tiskáren, které jsou vhodné pro různé využití. Aktuálně neexistuje žádná univerzální, která by byla vhodná pro všechna využití. Při jejím výběru je

proto nutné si uvědomit účel tiskárny a očekávání kupujícího. „*Všechny technologie 3D tisku jsou založeny na stejném principu – postupném nanášení vrstevna sebe.*“ (Stříteský, 2019) Dle podoby tiskového materiálu a způsobu zpracování můžeme nejznámější technologie dělit na základní tři skupiny.

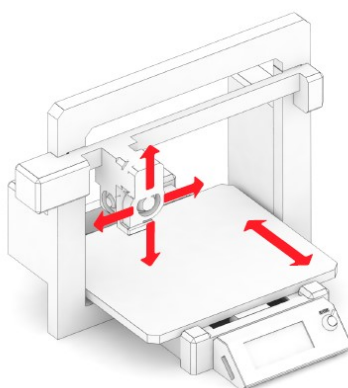
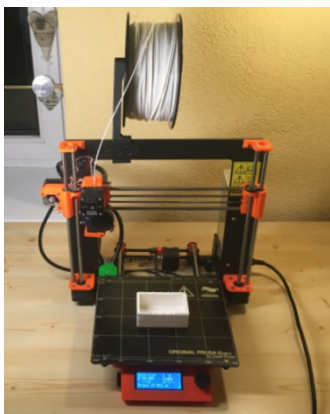
Do první skupiny patří technologie FDM (FusedDeposition Modelling, neboli FFF – Fused FilamentFabrication), (viz obr. 2.3.2.1. a 2.3.2.2.). Tiskový materiál – tisková struna neboli filament (viz obr. 2.3.2.3.) je vytlačován tiskovou hlavou skrze rozehřátou trysku. „*Mezi širokou veřejností se jedná o nejrozšířenější a nejdostupnější technologii 3D tisku. Je vhodná pro tisk funkčních modelů a prototypů. Stavebním materiálem je primárně roztavený plast. Ten je postupně nanášen na sebe vrstvu po vrstvě. (...) Oproti pryskyřici či jemnému prášku, které se využívají v dalších technologiích, je práce s filamentem jednoduchá a bezpečná. Na výtisku jsou patrné tiskové vrstvy.*“ (Stříteský, 2019) Nabídka tiskáren je široká, pro účely ergoterapie (tisk pro své pacienty) dobře poslouží FDM tiskárna Prusa i3 MK3 v cenové relaci 20 000 Kč (s tiskovými rozměry 25 x 21 x 21 cm), nebo nově uvedená na trhu Original Prusa MINI (cena 9900 korun, tiskové rozměry 18 x 18 x 18 cm), (ceny uvedeny v dubnu, 2020). Pro lepší pochopení procesu tisku budou stručně popsány jednotlivé komponenty FDM tisku a jejich funkce. Do tiskové hlavy (extruderu) je zavedena tisková struna (filament). Tisková hlava taví plastovou strunu a nanáší materiál skrze trysku po jednotlivých vrstvách na tiskovou podložku. Tisková podložka je plocha, na kterou se po vrstvách tiskne produkt. Její vyhřívání zabraňuje odlepení vrstev a tím nedochází ke kroucení předmětu během tisku. „*Rám tvoří nosnou konstrukci 3D tiskárny. Krokové motory zajišťují veškeré mechanické pohyby extruderu a tiskové podložky v 3D prostoru. Další motor zajišťuje podávání tiskového materiálu do extruderu. Řídící jednotka se stará o chod celé tiskárny. Její primární funkcí je čtení a zpracovávání vstupního textového souboru (G-code), podle kterého se řídí pohyby jednotlivých krokových motorů, a který ovládá nahřívání podložky a trysky.*“ (Stříteský, 2019) FDM tiskárna ve zdravotnictví umožňuje například tisk modelů pro plánování operací (Šljivić et al., 2019).

Druhým typem jsou technologie SLA (Stereolitografie), (viz obr. 2.3.2.4). Zde je vstupem tekutý materiál (fotocitlivá pryskyřice), který je v rámci vrstvy vytvrzován světelným paprskem (např. UV laserem). Ve zdravotnictví je možno využít technologii SLA pro tisk medicínských modelů a také v zubním lékařství (Šljivić et al., 2019). Třetím typem jsou technologie SLS (Selective Laser Sintering), (viz obr. 2.3.2.5.). Vstupní materiál má podobu jemného prášku, který je laserem spékán. SLS poskytují tisk plastu, kovu a keramiky

(stavování kovového či keramického prachu). SLS technologie ve zdravotnictví může sloužit k tisku pro operační plánování a simulace, implantáty, specifické ortézy a protézy, tisku tkání a biokompatibilních orgánů (Šljivić et al., 2019). Další využívanou technologií jsou tiskárny DLP (Digital Light Processing). Proces i využití jsou obdobné jako u technologie SLA, pryskyřice, či jiný materiál jsou však vytvářeny projektorem. Velký potenciál do budoucnosti medicíny nabízí Injekt 3D tisk pro tzv. bioprinting – tisk tkání a orgánů. Tiskne z kapalin, hydrogelu, buněčného nálevu, silikonu a dalších materiálů. Další typy tiskáren tisknou voskové modely, křehké plnobarevné modely z prášku, či plnobarevné modely z papíru. (Stříteský, 2019; Ostrander, Whaley, 2017; Šljivić et al., 2019; Průša, 2014)

Obr. 2.3.2.1. FDM tiskárna (vlevo, zdroj: archiv autora)

Obr. 2.3.2.2. Pohyby tiskové hlavy a podložky (vpravo, zdroj: Stříteský, 2019)



Obr. 2.3.2.3. Tisková struna pro FDM tiskárnu (zdroj: Stříteský, 2019)



Obr. 2.3.2.4. SLA technologie (vlevo, zdroj: 3Dtiskonline)

Obr. 2.3.2.5. SLS technologie (vpravo, zdroj: 3Dtiskonline)



2.3.3. Proces

„Proces 3D tisku se skládá ze tří hlavních, na sebe navazujících, kroků. Nejprve je třeba si obstarat samotný model, který budeme tisknout. Poté je nutné připravit jej pro tisk. A až posledním krokem je samotný tisk.“ (Stříteský, 2019) Jednotlivé kroky od vzniku 3D modelu po jeho vytištění jsou shrnuty na obrázku 2.3.3.1. a v příloze č. 10.

Získat 3D model je možné třemi způsoby: optimalizací staženého modelu z internetu, vytvořením vlastního modelu a vytvořením 3D modelu na základě 3D skenování, magnetické resonance (MRI), výpočetní tomografie (CT), ultrazvuku či 3D rotační angiografie objektu (Stříteský, 2019; Mirtaheri et al., 2017). Ke stažení modelů existuje velké množství webových portálů, dohledat lze také modely různých kompenzačních pomůcek vytvořené ergoterapeutem, studenty ergoterapie i laiky. Mezi nejvyužívanější portály patří Thingiverse, YouImagine, Pinshape, MyMiniFactory, Cults a mnohé další. Některé modely lze získat bezplatně, jiné jsou zpoplatněny. Pro vytváření 3D modelů existuje množství nástrojů. Online dostupný Tinkercad je jedním z nejjednodušších programů – vhodný pro začátečníky. Program je po registraci bezplatný a nabízí návody a výuková videa. Pro složitější modely je vhodné využít rozšířenějších programů. Mezi nejvíce užívané patří SolidWorks, Autodesk Fusion 360, Blender a OpenSCAD. Třetí způsob, jak získat 3D model, umožňuje 3D skenování a fotogrammetrie. Přístroji je zobrazen předmět z různých pohledů, na jehož základě je v počítačovém programu vytvořen 3D model. Tato technologie umožňuje naskenovat například pacientovo předloktí. Po potřebných úpravách v počítači vytvoří program 3D model předloktí pacienta a na ten může být pak vytvořen 3D model padnoucí dlahy. Cena technologie se pohybuje v řádu desítek tisíc až statisíce korun. V poměru cena a kvalita obstál velmi dobře 3D Scanner Sense za 16 000 korun (k dubnu, 2020), (Svět 3D tisku, 2020). Nejvyužívanějším výstupem pro 3D tisk je formát STL. (Stříteský, 2019)

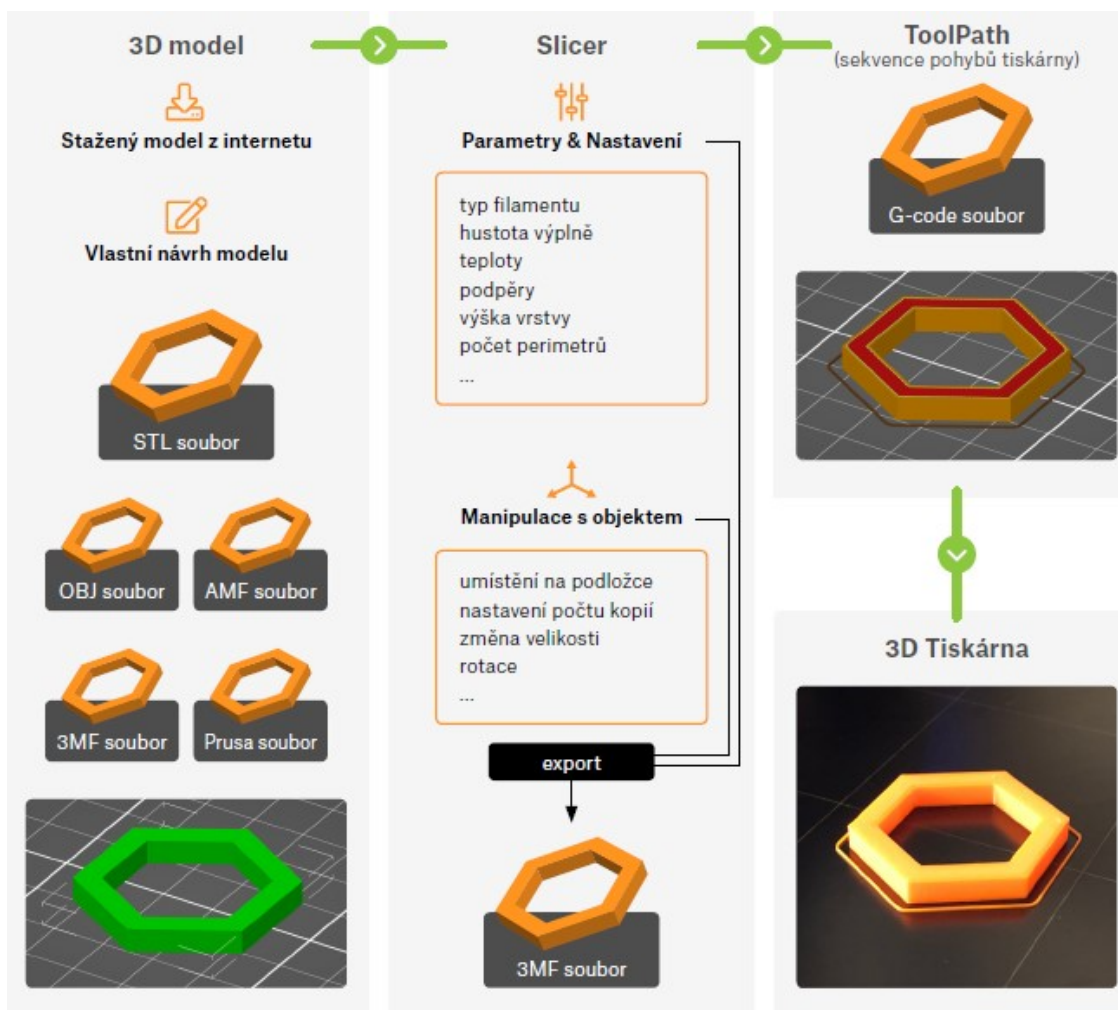
Formát STL je vstupem do programu obecně zvaném slicer. Mezi neužívanější programy pro FDM tiskárny patří PrusaSlicer, Simplify3D a Cura. Stříteský (2019) uvádí: *„začínajícím uživatelům doporučujeme alespoň v začátku používat takový slicer, pro který již existují hotové a odladěné tiskové profily pro vaši tiskárnu. (...) Obvykle každý solidní výrobce 3D tiskárny má svůj slicer, do kterého dodává profily pro svoje tiskárny.“* Po vložení modelu lze: zvolit umístění na podložce, objekt otáčet a upravovat jeho velikost, nastavit počet kopií, zvolit vhodnou stranu pro spodní vrstvu, nastavit výšku vrstvy, hustotu a vzor výplně objektu a typ filamentu (viz kapitola 1.3.4.). Další nastavení zahrnují teplotu, chlazení a podobně. Po dokončení nastavení následuje automatický proces slicování (rozřezání objektu

na vrstvy). Poté je možné si objekt zobrazit v jednotlivých vrstvách včetně výplně, podpěr a dalšího nastavení. Následným krokem je export strojového G-codu. G-code obsahuje informace nastavení, ale také vytváří cesty tiskové hlavy během 3D tisku. Dle Stříteského (2019) „*je takto vygenerovaný soubor již specifický pro konkrétní typ tiskárny*“. Po exportu se také zobrazí předpokládaný čas tisku, spotřeba filamentu a další informace. Nejspolehlivějším předáním informací z G-code do 3D tiskárny je pomocí SD karty. Nahrání souboru na SD kartu je shodné s jakýmkoliv jiným souborem. (Stříteský, 2019; Průša, 2020)

Samotnému tisku předchází ještě krátká příprava 3D tiskárny. Zvláště u materiálu PETG (viz kapitola 1.3.4.) je vhodné na tiskovou podložku nanést tenkou vrstvu tyčinkového lepidla, které zabrání nadměrné přilnavosti výrobku k povrchu a snazšímu odlepení objektu od podložky po dokončení tisku. Dalšími kroky jsou zapnutí tiskárny a volba přehřívání podložky a trysky (část tiskové hlavy) podle materiálu, který bude využit. Vložení SD karty do 3D tiskárny se zobrazí jednotlivé soubory (G-cody). Po nahrání tiskárny následuje zavedení filamentu a kontrola čistoty barvy. Zvolením požadovaného souboru (jeho stisknutím) se spustí automatická kalibrace a následuje tisk předmětu. Tiskárna nejprve tenkou čarou ohraničí oblast na tiskové podložce a poté tiskne první vrstvu. Je vhodné první vrstvy zkontrolovat. Pokud by byly chybné, tisk přerušit – k eliminaci ztráty času a materiálu. Poté tiskárna pracuje samostatně bez nutného dohledu osoby. Po dokončení tisku je vhodné vyčkat do vychladnutí podložky a poté objekt pomocí špachtle odejmout. Při použití špachtle je nutné být velmi obezřetný, aby nedošlo k poškození tiskové podložky. Vytisknuté předměty jsou připraveny k použití. (Stříteský, 2019)

Po vytištění může ještě následovat nastavbový krok – postprocessing neboli úprava finálního produktu. „*Postprocessing je celá řada technik a dílčích prací na modelu s obecným cílem získat hladký, barevný a hezky vypadající povrch modelu. Plastové modely je možné ručně brousit, kytovat karosářským tmelem, stříkat plničem, laminovat, malovat akrylovými barvami, stříkat barvou ve spreji a mnoho dalšího.*“ (Stříteský, 2019)

Obr. 2.3.3.1. Shrnutí procesu (zdroj: Stříteský, 2019)



2.3.4. Volba tiskového materiálu

Tiskový materiál FDM tiskáren se nazývá tisková struna neboli filament a jeho hlavní součástí je plast. Mezi nejčastěji využívané filamenty patří PLA, PETG a ABS, každý z nich má různé vlastnosti a potřebuje specifické tiskové nastavení. PLA je nejvyužívanější a nejvhodnější pro začínající tiskaře – jedná se o nejméně problémový materiál (nízká chybovost tisku). Mezi hlavní výhody patří jeho velká nabídka barev, tisk bez zápachu, tvrdost a nízká cena. Hlavními nevýhodami jsou křehkost, nízká teplotní odolnost (měkne při 60°C) a nízká odolnost povětrnostním vlivům. (Ostrander, Whaley, 2017; Stříteský, 2019)

U materiálů PETG a ABS se vyskytuje zápach a vyšší chybovost při tisku – tendence se během tisku kroutit a odlepovat od podložky. Pořizovací cena materiálů je vyšší, než u PLA. PETG disponuje lesklejším povrchem a nejvyšší odolností ze zmíněných tří materiálů. Mezi výhody ABS patří odolnost vyšším teplotám, silnější materiál, možnost vyhlazení vrstev

či lepení jednotlivých částí acetonem. Vyžaduje však během tisku uzavřenou místnost se stálou teplotou. (Ostrander, Whaley, 2017; Stříteský, 2019)

Z další materiálů využívající se v menší míře patří FLEX a kompozitní materiály. Materiál FLEX je typický svou ohebností, která se dá využít k výrobě kol na modely aut či na kryty telefonů. Kompozitní materiály z větší části obsahují plastovou složku a k té sekundární složku ve formě prachu (woodfill, copperfill, bronzfill, karbonové a další). Zajímavé jsou především pro svůj vzhled připomínající dřevo, měď, bronz a podobně. (Ostrander, Whaley, 2017; Stříteský, 2019)

2.4. Využití 3D tisku ve zdravotnictví

2.4.1. Úvod do lékařského využití

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, 3D tisk umožňuje přenesení 3D vizualizací z virtuální reality na fyzický model (Abdullah, Reed, 2018). Poslední léta se stává revoluční technologií pro vizualizaci v medicíně, která se pomalu šíří do nemocnic po celém světě. Rychlému rozšiřování a vzájemnému učení nové technologii dopomáhá možnost sdílení 3D modelů například v open-source databázích, kde například lékař z odlišné části světa může zdarma stáhnout model, který následně upraví na míru pro svého pacienta (Ventola, 2014). Khanesar (2019) řadí 3D tisk do oblasti biomedicínského inženýrství a zmiňuje jeho široké využití v různých zdravotnických odvětvích. Mezi hlavní obory patří ortopedie, stomatologie, onkologie, kardiologie, chirurgie a potenciál budoucnosti 3D bioprinting. Výhody 3D tisku se v rámci zdravotnictví liší podle různého využití, mezi základní však patří možnost přizpůsobení zdravotnických produktů nebo vybavení na míru, finanční efektivita, zvýšení produktivity, možnosti různorodého designu a výroby (Ventola, 2014). Hlavním efektivním využitím 3D tisku jsou předoperační plánování, předoperační simulace a komunikace v klinické praxi (Squelch, 2018). Ventola (2014) přidává jeho význam pro vytváření protéz pacientovi na míru a v oblasti farmaceutického průmyslu. 3D tisk může být v oblasti zdravotnictví využit jak v samotné klinické praxi, ale také pro vzdělávání studentů i lékařů (1. LF UK, 2019). Nejnáročnějším krokem celého procesu je vytvoření modelu v počítači nebo na základě vstupních dat jiných technologií. Důležitá je kvalita těchto dat, poskytují je například CT, MRI, ultrazvuk či 3D rotační angiografie. Díky těmto technologiím je možno získat 3D objekt přesného anatomického či patologického zobrazení konkrétního pacienta. Abdullah a Reed (2018) vidí významný potenciál 3D tisku pro budoucnost medicíny

především pro vytváření anatomických modelů, medicínských zařízení a implantátů na míru, vizualizaci při precizních medicínských intervencích, 3D bioprinting (tisk tkání a orgánů) a další využití při práci s pacienty – edukace pacienta před plánovaným operačním výkonem, kdy 3D objekt dopomáhá lepšímu pochopení problematiky (viz obr. 2.4.1.1.). (Ventola, 2014; Abdullah, Reed, 2018)

Obr. 2.4.1.1. Příklady využití 3D tisku a 3D bioprinting (zdroj: Šljivić, et al., 2019)



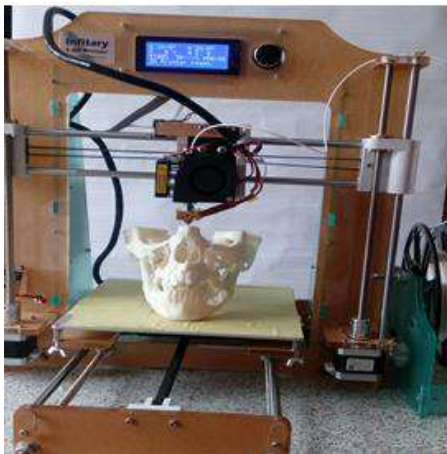
3D tisk kostí – plánování operace; Tisk testovaných léků a vakcín; Tisk lidské kůže

2.4.2. Vzdělávání, výzkum a školení

Mimo samotnou praxi může být 3D tisk využit také při vzdělávání k lepšímu pochopení prostorových vztahů například v anatomii (viz obr. 2.4.2.1., 2.4.2.2. a 2.4.2.3.). 1. lékařská fakulta zařadila 3D tisk a modelování také do výuky studentů zubního a všeobecného lékařství. (1. LF UK, 2019) Bylo dokázáno, že díky taktilním zpětné vazbě a názornému zobrazení, které 3D tisk umožňuje, studenti lépe chápou souvislosti a jednotlivé části probírané látky (Khanesar, 2019). Při výuce anatomie mohou posloužit anatomické modely částí lidského těla – například zápěstní či tarzální kůstky, články prstů, ale i větší části těla či vnitřní orgány. Mohou poskytnout větší detail, než při využití orgánů v rámci piteven, a zároveň pokrýt nedostatek lidských těl (Abdullah, Reed, 2018). Squelch (2018) s Ventolou (2014) doplňují další objekty – biologické, biochemické, repliky proteinů, virů a bakterií, struktur buněk, cévy a jejich propojení, tkáně, orgány, zobrazení fyziologických procesů, různých patologií (například nádoru), anomálií (vzácná srdeční onemocnění) a další. Modely mohou být také využity v rámci výzkumu a školení. 3D objekty podají více informací než 2D nebo 3D vizualizace a zároveň může být názorně předvedena intervence (Khanesar, 2019). V Anatomickém ústavu 1. LF UK je 3D tisk využíván také k rekonstrukci vzácných lebek, které by při použití konvenčních postupů byly poškozeny (1. LF UK, 2019). Do 3D modelu jsou konvertovány pomocí CT či MRI a následně vytištěny na 3D tiskárně. (1. LF UK, 2019; Khanesar, 2019; Abdullah, Reed, 2018)

Obr. 2.4.2.1. Tisk modelu lebky (vlevo, zdroj: Šljivić et al., 2019)

Obr. 2.4.2.2. Model srdce pro výuku (vpravo, zdroj: 3D Print Exchange, 2020)



Obr. 2.4.2.3. Model zubů (zdroj: Kadam, Patil, 2017)

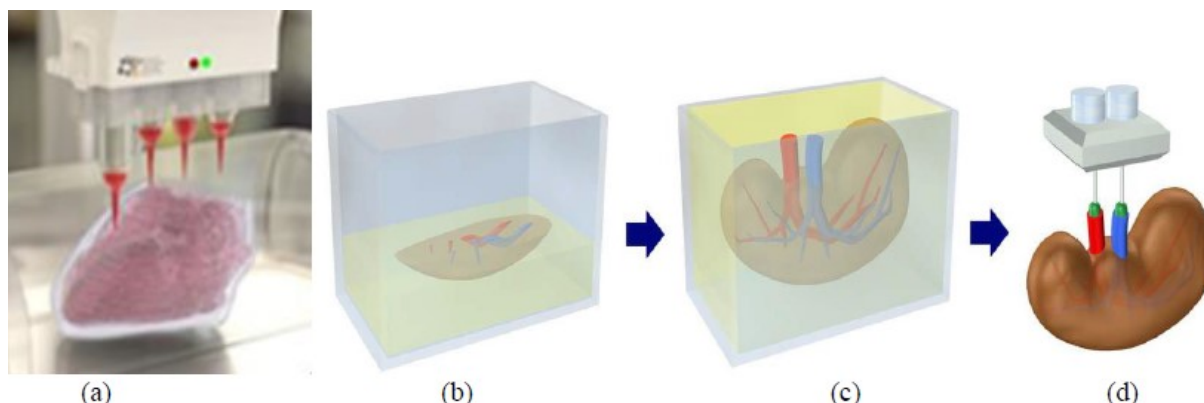


2.4.3. Tisk implantátů a tkání

Tisk implantátů a tkání probíhá často ze silikonu a titanu, využívá se především pro účely ortopedických, obličejových, spinálních a dentálních implantátů. Technologie je zvláště u vytváření protéz a implantátů mnohonásobně rychlejší, než při postupu konvenčními metodami. Výhodný je pro najetí nových vhodnějších řešení díky přesnosti, spolehlivosti a možnosti 3D tisk opakovat. Díky možnosti do budoucna přizpůsobit orgán přesně na míru pacientovi by mohlo dojít zkrácení čekací doby na implantát a v některých vážných případech možnosti se ho dožít (viz obr. 2.4.3.1) (Aimar et al., 2019). K vytvoření co nejpodobnější náhrady se využívá 3D skener, díky němu a 3D tiskárně bylo možné vytvořit ze silikonu ušní protézu téměř nerozeznatelnou od zdravého ucha. Z dalších intervencí proběhla úspěšná transplantace ledviny, operace obličeje s 3D vytištěnou mandibulou, rekonstrukce kyčelního, kolenního kloubu i prsu a úspěšná aplikace mitrální chlopně. (Ventola, 2014; Khanesar, 2019)

Obr. 2.4.3.1. Proces bioprintingu ledviny (zdroj: Mironov et al., 2011)

(a) bioprinter (b), (c) a (d) schéma procesu tisku



2.4.4. Simulace operačního či intervenčního postupu

3D objekty jako vizualizace pacientovy anatomie je možné využít ke studiu pro následnou intervenci (například plánování operací), k simulaci operací nebo i tréninku operací. Oproti využití lidských těl zde 3D tisk poskytuje dostupnější a levnější alternativu (viz obr. 2.4.4.1. a 2.4.4.2.). Velkým přínosem je využití v rámci předoperačního plánování u náročných operací (například srdce a mozku), kde je obvyklý dlouhý operační čas, dlouhá doba anestézie a komplikovaná okamžitá rozhodnutí lékaře. „*Pro neurochirurgy realistický 3D model odrážející návaznost mezi lézí a neporušenou strukturou mozku může být prospěšný v určení nejbezpečnějšího místa chirurgického zákroku*“ (Ventola, 2014, překlad autora). Informace z CT/MRI mohou být konvertovány do digitální podoby 3D souboru, který může následně být vytištěn na 3D tiskárně. To umožňuje vytváření komplexních anatomických a medicínských struktur přesně na míru pacienta a jeho realistického zobrazení, které může následně usnadnit předoperační plánování. Díky názornému zobrazení dochází také k lepší informovanosti a porozumění pacienta a usnadňuje komunikaci v rámci multidisciplinárního týmu (Stratasys, 2018).(Ventola, 2014; Khanesar, 2019)

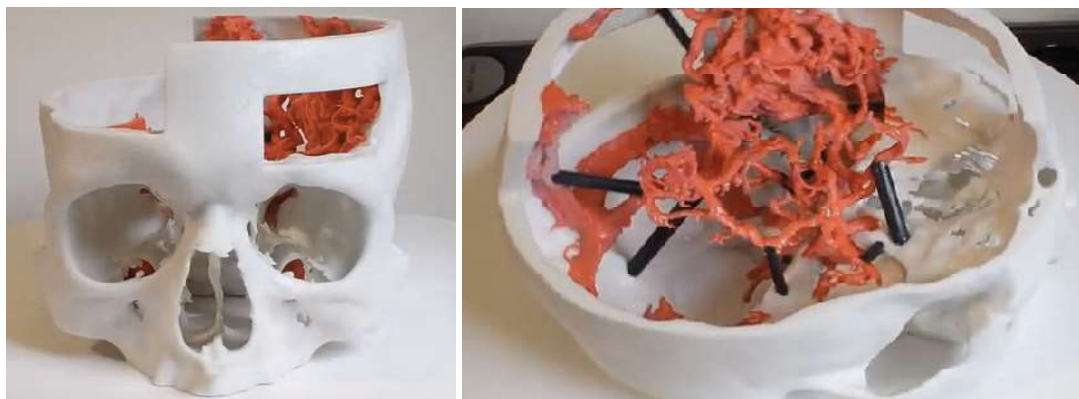
Pozitivní dopady využití 3D tisku neustále přibývají a zásadně ovlivňují celou intervenci. Díky specifickému modelu konkrétního pacienta může řada komplikovaných kroků a kritických rozhodnutí během operace být řešena před jejím začátkem, konzultována s dalšími odborníky a některé komplikace mohou být úplně vyloučeny (Stratasys, 2018, Ventola, 2014). Na základě vyhodnocení a identifikace rizik může být následně zvolen méně intenzivní zákrok, jiná zařízení a podobně. Preciznější příprava a realistický model dále umožňují zvolení nejvhodnější velikosti nástrojů, čímž se eliminuje počet nástrojů na

proceduru (Stratasys, 2018). Výsledkem může být snížení expozice záření, kratší operační čas a působení anestézie, méně komplikací a nečekaných situací (Khanesar, 2019), přesnější výkon, celkově lepší výsledek a tím i rychlejší rekonvalescence pacientů (Stratasys, 2018). Díky výše zmíněným pozitivům dochází také ke snížení intervenčních nákladů. Vizualizace 3D tištěným objektem může umožnit uskutečnění operací (vzácných, komplikovaných zákroků), které by bez něj nemohly být uskutečněny (Khanesar, 2019).

Příkladem mohou být úspěšné výkony v dětské kardiologii – čtyřletá dívka, které po vytisknutí srdeční vady byl operací zachráněn život (viz obr. 2.4.4.3.) (Stratasys, 2018) nebo kojeneček, kde 3D tisk pomohl lékařům s úpravou stentu k zajištění artérie (Abdullah, Reed, 2018). Využití u vrozených srdečních vad je poměrně časté, díky preciznímu CT zobrazení a nízkonákladovému 3D tisku, může umožnit uskutečnění operací vzácných vad a komplikovaných zákroků (Khanesar, 2019). V rámci chirurgie se 3D tisk využívá například při komplikované fraktuře. Na základě CT zobrazení je vytvořena 3D rekonstrukce, poté je vytištěn model, který umožní precizní předoperační plánování repozice jednotlivých úlomků a umístění osteosyntetického materiálu (1. LF UK, 2019).

Obr. 2.4.4.1. Model pro plánování neurochirurgické operace (zdroj: Ventola, 2014)

Obr. 2.4.4.2. Model pro plánování neurochirurgické operace II (zdroj: Ventola, 2014)



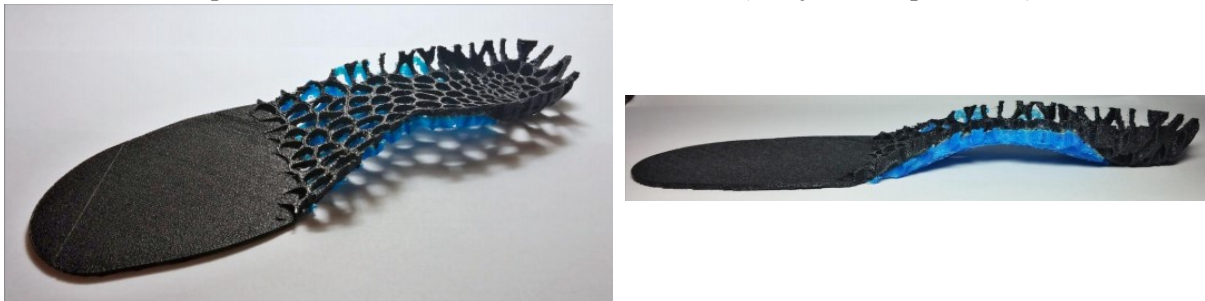
Obr. 2.4.4.3. Dívka s modelem srdeční anomálie (zdroj: Stratasys, 2018)



2.4.5. Ortopedie

Kromě již zmíněných protéz dalším příkladem z ortopedie je výroba skořepinové ortopedické vložky (viz obr. 2.4.5.1. a 2.4.5.2.). Běžně užívaným postupem je frézování, metoda obrábění pracující na mechanismu ubírání materiálu. Oproti konvenčnímu přístupu 3D tisk (FDM) nabízí následující výhody: mnohem menší množství odpadního materiálu a tím nižší cenu vložky, nižší pořizovací náklady za samotnou technologii. Chaloupka (2015) uvádí jako velmi výhodné možnosti kombinace více materiálů s odlišnými vlastnostmi, tím dochází k rozložení tlaků plošky. Vytváření 3D modelu je jednodušší než programování, nabízí možnost maximálního využití efektivity technologie díky automatizovanému tisku. (Chaloupka, 2015)

Obr. 2.4.5.1. Ortopedická vložka a obr. 2.4.5.2. Pohled z boku (zdroj: Chaloupka, 2015)



2.4.6. Stomatologie

SLS 3D tiskárna umožňuje tisk čelistních dlah, které jsou využívány během operací například předkusu či zákusu, pro správné umístění uvolněného segmentu. Při operaci méně běžných anomálií 3D tisk umožňuje 3D zobrazení a lepší přípravu pro samotnou operaci, tím dochází i ke zkrácení operačního času – může se jednat o různé vrozené vady a traumata obličejového skeletu. Aktuálně probíhá pomocí 3D tisku také výroba ortodontických rovnátek, zubních protéz či zubních modelů pro výuku a názornost pro pacienty (viz obr. 2.4.6.1., 2.4.6.2., 2.4.6.3. a 2.4.6.4.) (Ventola, 2014). V již blízké budoucnosti umožní 3D tisk výrobu samotných zubních náhrad – můstkových nebo korunkových. (1. LF UK, 2019; Skalická, Kuchařík, 2019)

Obr. 2.4.6.1. Ortodontický model (vlevo, zdroj: Stratasys, 2018)

Obr. 2.4.6.2. Zubní protézy (vpravo, zdroj: Kadam, Patil, 2017)



Obr. 2.4.6.3. Akrylátové dlahy čelistní operace (vlevo, zdroj: 1. LF UK, 2019)

Obr. 2.4.6.4. Model čelisti (vpravo, zdroj: 1. LF UK, 2019)

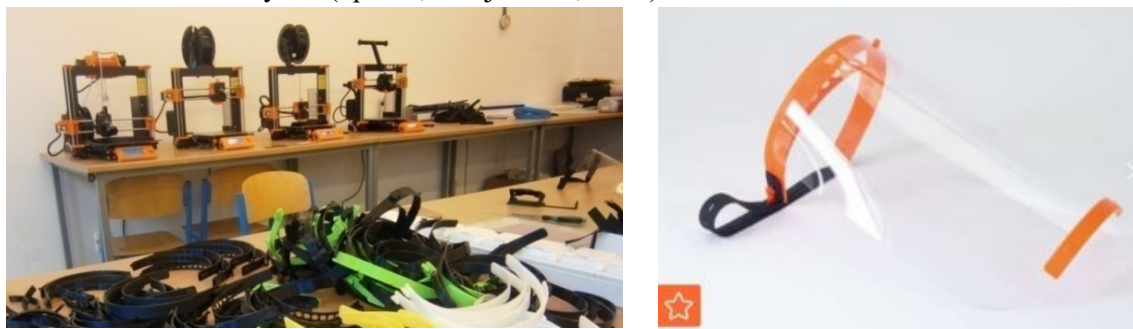


2.4.7. Covid-19

3D tisk nezůstal pozadu s pomocí ani při probíhající pandemii Covid-19. Využívá se k tisku předloh pro šití roušek, výrobě ochranných štítů pro lékaře a na ČVUT aktuálně dokončují tisková data pro výrobu respirátorů (viz obr. 2.4.7.1., 2.4.7.2., 2.4.7.3.). V Itálii byly pomocí 3D tisku vyrobeny ventily pro plicní ventilátory, které v nejvíce zasažených nemocnicích nebyly dostupné (viz obr. 2.4.7.4.). Při čekání na dodání běžných firm by došlo k úmrtí pacientů. 3D tisk pomohl díky možnosti rychlé výroby a sdílení dat mezi vlastníky 3D tiskáren, kteří se do pomoci zapojili. (Průša, 2020; Kološ, Kuchařík, 2020; Hahn, 2020)

Obr. 2.4.7.1. Výroba ochranných štítů (vlevo, zdroj: 3D tiskem proti COVID-19 Liberecký kraj, 2020)

Obr. 2.4.7.2. Ochranný štít (vpravo, zdroj: Průša, 2020)



Obr. 2.4.7.3. Respirátor z 3D tiskárny (vlevo, zdroj: Kološ, 2020)

Obr. 2.4.7.4. Ventily pro plicní ventilátory (vpravo, zdroj: Hahn, 2020)



2.5. Využití 3D tisku v ergoterapii

„Kompenzační pomůcky mají významnou roli v každodenním životě osoby s disabilitou, usnadňují jim vykonávání všedních denních činností bez bariér“ (Ganesan et al., 2016, překlad autora). Jak již bylo zmíněno ve druhé kapitole, tradiční kompenzační pomůcky mohou být pro pacienta neodpovídající individuálním potřebám, stigmatizující, ve sporu s osobní identitou, drahé (Buehler et al., 2015). Díky podílení se pacienta na výrobě pomůcky, může být přizpůsobená jeho individuálním potřebám včetně vzhledu, zároveň méně finančně náročná, rychleji dostupná a může poskytovat vlastní/nová řešení. 3D tisk umožňuje výrobu pomůcek pro pacienty na míru s širokou možností úprav a za přijatelnou cenu – ať už se jedná o kompenzační pomůcky, drobné prvky pro úpravu domácího prostředí, či různé pomůcky pro terapii (pomůcky pro vstupní vyšetření, nácvik ADL, různé typy úchopů pro trénink jemné motoriky a podobně)(Ganesan et al., 2016). (Buehler et al., 2015)

2.5.1. Výhody 3D tisku oproti konvenčním technologiím

Tištěná pomůcka pacientovi velmi dobře pasuje, má hladké hrany, je lépe přilnavá, výrazně lehčí a zvláště u dlah je výhodou vysoká prodyšnost. Výhodou tisku je také možnost výroby ojedinělých pomůcek na trhu nedostupných, zvýšení produktivity díky převažující automatizované výrobě a uloženým datům, která mohou být opakovaně využita k vytvoření nového objektu v kratším čase. Dle Průši (2014) další výhodou 3D tisku je možnost složitějších úprav, než poskytují jiné materiály a velký výběr plastů vhodných pro různé účely. Aplikace pomůcky je ve většině případů jednoduchá a její estetický vzhled pomáhá socializaci a destigmatizaci. (Ganesan et al., 2016; Ostrander, Whaley, 2017)

3D tisk je vhodnou technologií maximální podpory funkce pacienta v akutním i chronickém stádiu. V akutním stavu může být dočasně používaná pomůcka upravována dle pacientovy aktuální hybnosti a nadále podporovat jeho pokrok. I v případě jednorázové výroby pomůcky například pro pacienta v chronické fázi je výhodná. U pacientů, kde se prognóza stavu jeví progresivně, mohou být pomůcky přizpůsobovány tak, aby maximálně podporovaly jeho aktuální soběstačnost. Finančně efektivní cílovou skupinou jsou děti, které prochází častými fyzickými i psychosociálními změnami, což vyžaduje změnu velikosti pomůcky, ale také designu (Wagner et al., 2018). Cílovou skupinou mohou být také pacienti se získaným poškozením mozku, senioři, pacienti s roztroušenou sklerózou, spinální muskulární atrofií, amputacemi, vrozenými vývojovými vadami, anomáliemi končetin a mnozí další. (Ganesan et al., 2016; Ostrander, Whaley, 2017)

2.5.2. Konkrétní pomůcky

Dlahy mohou být vyráběny pomocí 3D tiskárny jak statické, tak dynamické (viz obr. 2.5.2.1., 2.5.2.2., 2.5.2.3., 2.5.2.4.). Dynamické se skládají z drobných dílů, které se po vytištění kombinují s jiným materiálem, dlaha se následně kompletuje. Funkce dlahy: prevence zhoršení, úprava pozice pro ergonomické vykonávání aktivit, podpora výkonu ve smysluplných aktivitách a zvětšení rozsahu výkonu. Jejich využití je možné u diagnóz mentálního postižení, dětské mozkové obrny, roztroušené sklerózy, revmatoidní artritidy, poruch autistického spektra, muskulární dystrofie, získaných poškození mozku, periferních paréz, a u dětí se znepokojivě rychlým růstem. Dlahování může být zaměřeno na jakoukoliv položku ADL, kde snižuje či odstraňuje bariéry výkonu. Oproti konvenčním metodám poskytuje 3D tisk větší prodyšnost, pružnější materiál, větší komfort, jednoduché čištění, jednoduchou aplikaci dlahy, nedráždivý materiál a atraktivní vzhled. Při výrobě je možné kombinovat různé materiály s různými vlastnostmi v různých částech dlahy. (Ostrander, Whaley, 2017)

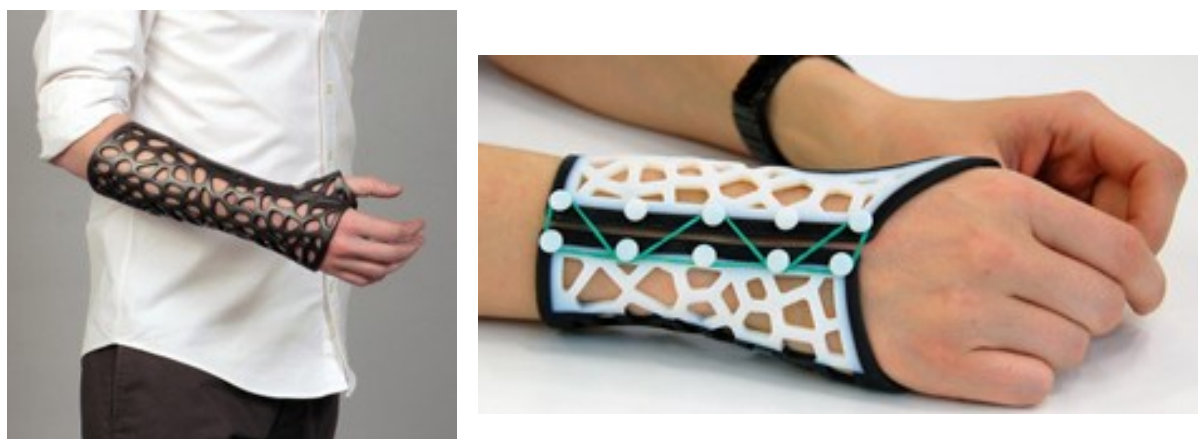
Skupinu protetických pomůcek v ergoterapii zastupují především protézy horních končetin (dále jen HK), (viz obr. 2.5.2.7. a 2.5.2.8.). Poskytují příležitost osobám s anomálií HK vykonávat smysluplné aktivity s vysokou úrovní nezávislosti. Může se jednat o vrozené vývojové vady, traumata, ortopedická zranění a další. 3D tisk má významný benefit především pro děti vzhledem k jejich rychlému růstu a tím časté potřebě nové protézy. Oproti jiným protézám jsou velmi lehké, jednoduše ovladatelné a zároveň vysoce funkční. Pokud je dítěti vytvořena unikátní protéza pomáhá mu se lépe začlenit do kolektivu, sociální prostředí pomůcku vnímá jako tzv. „superhero limb“ (viz. obr. 2.5.2.5. a 2.5.2.6.). Z oblasti ergoterapie se u těchto pomůcek nejvíce projeví finanční efektivita. (Ostrander, Whaley, 2017)

Třetí hlavní skupinou pro 3D tisk v ergoterapii jsou asistivní technologie, které usnadňují výkon ADL (viz obr. 2.5.2.10.). Pacienty omezuje ve výkonu ADL a jiných smysluplných aktivit limity tzv. externí a interní. Mezi externí řadíme potřebu ergonomické pomůcky – rozšířené, delší nebo zahnuté madlo, či potřebu flexibilního materiálu. Interní limity jsou například sensorická senzitivita, kterou můžeme řešit upravenou pomůckou s nízkou nebo vysokou taktilní stimulací; u nevidomého naplněním předmětu například rýží pro určení správného předmětu; u slabozrakého vytvořením barevných kontrastů a podobně. Pomůcky pro sebesycení a přípravu jídla mohou zahrnovat různé nástavce na příbor, držáky na skleničku, stabilizéry brčka a modifikovaný úchop pro pití. Další pomůcky usnadňující výkon ADL: navlékače ponožek, podavače předmětů, zapínače knoflíků, uzpůsobené

krabičky na léky pro jednotlivé pacienty, modifikovaný úchop na klíč, pomůcka na vymáčknutí pasty, nástavec na zubní kartáček, stabilizéry otevřené knihy, spínače, pomůcky pro učení pro děti se speciálními potřebami. Tisknout je možné i pomůcky pro ovládání vozíku – speciální joystiky pro ovládání elektrického vozíku, držáky na předměty, které jsou levnější, lépe kompatibilní a umožňují větší stupeň nezávislosti. Dle Ventoly (2014, překlad autora) „většina pomůcek pro nedoslýchavé, které pasují přímo do ucha pacienta, jsou dnes vyráběné za použití 3D tisku. Tím se snižují náklady na výrobu a vzniká možnost individuální úpravy pacientovi na míru“. (Schwartz et al., 2019; Wagner et al., 2018; Ganesan et al., 2016)

Tisk anatomických a patologických modelů může být nápomocen při výuce studentů ergoterapie a při vysvětlování problematiky pacientovi a jeho rodinným příslušníkům (Ganesan et al., 2016).

Obr. 2.5.2.1. Dlaha a obr. 2.5.2.2. Dlaha II (zdroj: Sparrow, 2014)



Obr. 2.5.2.3. Dynamická dlaha a obr. 2.5.2.4. Dynamická dlaha II (zdroj: Centro Recupera, 2019)



Obr. 2.5.2.5. „Super hero limb“ (zdroj: Julianelle, 2019)

Obr. 2.5.2.6. „Super hero limb“ II (zdroj: Julianelle, 2019)

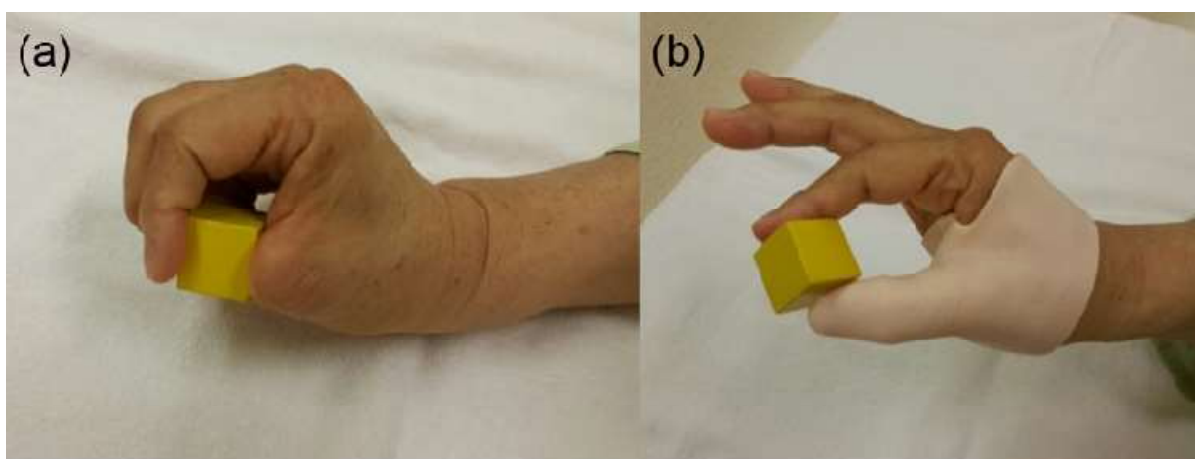


Obr. 2.5.2.7. Protéza (vlevo, zdroj: Zuniga et al. 2015)

Obr. 2.5.2.8. Protéza II (vpravo, zdroj: Owen, 2020)



Obr. 2.5.2.9. Úchop kostky bez protézy (a) a s protézou (b) (zdroj: Lee et al., 2018)



Obr. 2.5.2.10. Kompenzační pomůcky (zdroj: Wagner et al., 2018)



2.5.3. Technologie

„Pro výrobu pomůcek pomocí 3D tisku je nevyhnutelné pochopení samotné technologie, práce s 3D softwarem a 3D prototypováním“ (Ganesan et al., 2016, překlad autora). Kromě vytvoření vlastního modelu se často využívá 3D skenování nebo stažení modelu z e-zdrojů. Pro potřeby ergoterapie postačí nekomerční skenery, které jsou cenově dostupné – například Kinect Xbox, iSense, Structure 3D skener. Jejich výstup se poté konvertuje do formátu STL. (Ganesan et al., 2016)

E-zdroje poskytují rok od roku pestřejší nabídku 3D produktů vytvořených ergoterapeutem nebo biomedicínským inženýrem, dostupné jsou jak bezplatně, tak zpoplatněny. Mohou posloužit jako inspirace nových kompenzačních pomůcek vytvořených nebo upravených dle požadavků a individuálních potřeb pacienta. (Ganesan et al., 2016) Množství portálů, kde lze nalézt pomůcky využitelné v ergoterapii neustále přibývá, aktuálně jsou to například: Thingiverse, Yeggi, Tinkercad, PrusaPrinters. Buehler et al., (2015) zpracovali ve své studii nabízené modely na portálu Thingiverse (2008 – 2015). Dospěli k závěrům, že většina modelů jsou nejčastěji vytvořené samotným uživatelem, kamarádem či osobou blízkou cílového uživatele. Vytváření pomůcky trvalo většinou do jednoho dne, samotný tisk byl často realizován na pracovišti nebo na veřejných místech – tzv. maker space. Výhodou portálu zmiňují také možnost jednoduché úpravy objektu. Pomůcky byly cílené především na kognitivní deficit, smyslovou disabilitu, seniory, uživatele léků, fyzickou disabilitu a zručnost (jemnou motoriku). (Buehler et al., 2015)

2.5.4. Cena a rentabilita pomůcek

3D tisk v rámci ergoterapie je finančně efektivní při vytváření protéz a dlah (jak statických tak dynamických) (Ostrander, Whaley, 2017). Cena protéz vytvořené pomocí 3D tisku se u různých autorů liší, oproti konvenční výrobě vyjde 3D tištěná protéza na desetinu až tisícinu ceny. Při tisku jiných pomůcek, především menších předmětů, není jasné, zda pacient ušetří oproti koupi na běžném trhu. Pokud však v první řadě hledíme na přizpůsobení pomůcky na míru, 3D tisk je finančně efektivnější ve většině případů. Pokud se jedná o pomůcku na běžném trhu nedostupnou nebo nedostatečnou, může být vlastní výroba jediným způsobem, jak pomůcku získat. (Ganesan et al., 2016)

V české ani zahraniční literatuře se žádný autor zatím nezabýval rozbořením jednotlivých faktorů, jež určují cenu pomůcky. Proto podklady pro rentabilitu budou zpracovány autorem v části diskuze. Ostrander a Whaley (2017) řeší, jak zajistit 3D modelování: zaučení práce s jednoduchými programy; využití vytvořených modelů a upravení parametrů klientovi na míru; spolupráce s odborníkem, který pravidelně modely vytváří. Nejefektivnějším přenosem technologie do klinické praxe se v zahraničí ukázalo zařazení 3D tisku do výuky ergoterapie (Ostrander, Whaley, 2017). Wagner et al., (2018) vyzdvihuje spolupráci týmu, který zahrnuje ergoterapeuta, biomedicínského inženýra (3D modelování) a poskytovatele 3D tiskárny (odborník na technologii). V zahraničí se 3D tiskárny vyskytují v některých knihovnách (včetně fakultních), tím se stávají dostupnějšími pro větší skupinu lidí. V počátcích práce s novou technologií je důležitý nácvik jednotlivých kroků a doprovod odborné osoby. Strítěský (2019) upozorňuje, že ačkoliv odborník na vytváření 3D modelu stráví méně času, neznamená to vždy levnější cestu. (Wagner et al., 2018)

2.5.5. Limity 3D tiskárny

V měřítku domácností se jedná o tisk plastových pomůcek, kde musíme brát v potaz horší mechanickou odolnost a odolnost teple. V některých případech typ plastu vyžaduje specifické požadavky v průběhu tisku, jindy je nutná úprava finálního produktu. Tiskárna umožňuje převážně tisk menších rozměrů, u větších modelů je nutno předmět rozdělit na části a po dokončení tisku je složit. Ačkoliv časová náročnost výroby spíše spadá do výhod tohoto typu pomůcek, ve velkém množství je vhodné využít jiné metody (například vstřikování plastu do forem). (Fitzpatrick et al., 2017; Strítěský, 2019)

2.5.6. Budoucnost

Technologie 3D tisku je v oboru ergoterapie poměrně novinkou i v zahraničí – jak ve výzkumu, tak jeho využití v klinické praxi. Dle Buehlera et al. (2015) schopnost vytvářet vlastní modely (tzv. self-designing) může být do budoucnosti cestou vytvoření více příležitostí pro osoby s disabilitou. Ostrander a Whaley (2017) vnímají budoucnost 3D tisku ve třech oblastech – tisk v domácnosti, ve vzdělávání a klinické využití. Budoucnost domácího tisku bude umožňovat jednoduchý přístup k pomůckám, které nebudou finančně náročné. Očekávají jednoduché programování 3D tiskárny, kdy bude stačit ke spuštění pouze jedno tlačítko. Díky této technologii si budou moci ušetřit cesty na kliniku. V rámci vzdělávání doufají v integraci do výuky, která přinese studentům zdravotnických oborů novou zkušenost. Studenti po absolvování předmětu budou schopni vytvořit model a vytisknout pomůcku, která pomůže osobě s disabilitou. V klinické praxi nabízí 3D tisk nekonečno možností. Autoři očekávají zvýšení obratu a úspěšnost již prvních pokusů pro pacienta využití tisku jako finančně efektivního řešení výroby protéz, dlah a různých asistivních technologií. Využití 3D tisku v ergoterapii je velmi specializovaná oblast a může obor jako takový povznést. (Ostrander, Whaley, 2017)

3. Praktická část

3.1. Cíle

Hlavním cílem práce je vytvoření 3D modelů a realizace drobných pomůcek pro pacienty k umožnění provádění ADL co nejvíc soběstačně a maximálně kvalitně. V rámci zaměření práce na pacienty se získaným poškozením mozku je snaha dosáhnout maximálního zapojení paretické horní končetiny do personálních ADL od úplných začátků rehabilitace. Práce chce také poukázat na další možnosti 3D tisku k tvorbě pomůcek pro terapii a využití u dalších zdravotnických oborů. Dílčím cílem je zhodnocení finanční náročnosti a míry technické náročnosti do praxe ergoterapeuta.

3.2. Metody zpracování

Práce je kazuistická, praktická část obsahuje kazuistiky pěti pacientů, pro které autor navrhl jednu pomůcku, upravil na míru a pomocí 3D tisku zrealizoval. Poté s pacientem nacvičil používání pomůcky v jednotlivých ADL (v rámci pobytu na lůžkách). Kompenzační pomůcky byly zaměřeny na zlepšení soběstačnosti v personálních všedních denních aktivitách.

Kazuistiky byly vytvořeny v rámci třítydenní Prázdninové praxe 2 s pacienty se získaným poškozením mozku do tří měsíců od vzniku poškození. Na doporučení vedoucí bakalářské práce autor zvolil pro zpracování praktické části zařízení Lůžka včasné rehabilitace iktového centra Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Hlavními důvody byla potřeba úpravy pomůcek s ohledem na pokroky pacienta, která umožní zapojovat paretickou horní končetinu do jednotlivých položek ADL co nejdříve, a fakt, že nelze během hospitalizace předepsat pomůcku.

Pro zapojení do práce musel být pacient stabilizovaný, rozumět a souhlasit se spoluprací. U vybraných pacientů důsledkem poškození mozku vznikla paréza horní končetiny, která je omezovala v minimálně jedné všední denní činnosti, nebo ji do některé činnosti nezapojoval. Pro aplikaci pomůcky byla nutná zachovalá hybnost paretické horní končetiny – funkční hybnost akra umožňující provést alespoň jeden typ úchopu (včetně možné asistence zdravé horní končetiny), flexe loketního kloubu alespoň do čtvrtiny pohybu, funkční svalová síla pro fázi držení lehkého předmětu. Další parametry individuální pro konkrétního pacienta byly řešeny v rámci prvních dvou terapií, kdy bylo rozhodnuto, zda je pacient indikován pro spoluprací.

K získávání dat bylo využito především semistrukturovaného rozhovoru – ke zjištění anamnézy a omezení ve všedních denních aktivitách, týkající se hlavně personálních aktivit. Další metodou sběru dat bylo zvoleno strukturované pozorování k zisku informací ohledně způsobu provádění úkolu a způsobu používání předmětu. Na základě toho byla pacientovi činnost stupňována tak, aby činnost zvládl co nejvíce samostatně a v maximální kvalitě. Strukturované pozorování poskytlo také informace k následnému návrhu konkrétní pomůcky – především ohledně úchopů, jemné motoriky a vykonávání jednotlivých položek ADL. Soběstačnost byla hodnocena pomocí testů Funkční míry nezávislosti (FIM) a Indexu Barthelové.

Každý pacient byl obeznámen o postupech a průběhu zpracování informací a o formě jeho spolupráce. Obsahem rozhovoru byly i podmínky fotodokumentace – na fotografiích není viditelný obličej pacienta. Tyto informace pacientovi byly sděleny podrobně slovně a následně dostal prostor pro kladení otázek. Stručně pak byly obsahem informovaného souhlasu (viz příloha č. 4). Pokud pacient se spoluprací souhlasil, vlastnoručně informovaný souhlas podepsal. Spolupráci mohl kdykoliv přerušit.

S pomocí supervizorky bylo postupně vybráno pět pacientů, pro které by bylo možné nějakou pomůcku pomocí 3D tisku realizovat, a kteří zároveň souhlasili se spoluprací. Převaha byla pacientů po cévní mozkové příhodě, jeden pacient byl po kraniotraumatu. U všech pacientů byla přítomna hemiparéza s převažujícím omezením na horní končetině, především v akrální části. Pacienti byli informováni o průběhu spolupráce, zaměření bakalářské práce, o informacích, které bude práce obsahovat a způsobu zacházení s citlivými informacemi. Pokud souhlasili se spoluprací, po podepsání informovaného souhlasu proběhl semistrukturovaný rozhovor. Základní otázky na pacienta se týkaly: anamnézy, denního režimu, zájmů, kompenzačních pomůcek, které využívá; dále informace ohledně stavu vizu a sluchu. Následovalo vyšetření mobility pacienta, jednotlivých položek vyšetření horních končetin (dále jen HKK) a orientační vyšetření kognitivních a psychosociálních funkcí ve vztahu k potřebám spolupráce a porozumění. Poté byla hodnocena soběstačnost podle Indexu Barthelové a orientační vyšetření instrumentálních ADL. Hodnocení funkční míry nezávislosti (FIM), který porovnává soběstačnost při vstupním a výstupním vyšetření, bylo provedeno vyškoleným terapeutem. Autor následně zpracoval závěr vyšetření. Po minimálně dvou terapiích sloužících k podrobnějšímu vyzkoušení jednotlivých aktivit byly vytvořeny cíle a plány. Podle nich byla zvolena vhodná pomůcka, která byla konzultována se supervizorem. Poté byl vytvořen 3D model pomůcky (v programu Autodesk Fusion 360),

vytištěn na 3D tiskárně a po testování pomůcky a finálních úpravách proběhl nácvik činnosti v tréninkových podmínkách v rozsahu minimálně dvou terapií po dobu třicet minut. Pokud byla pomůcka pro pacienta přínosná, po instruktáži ji využíval v reálných podmínkách během dne. Současně s výrobou pomůcky probíhaly terapie zaměřené především na soběstačnost, jemnou motoriku, práci s pomůckou a na další potřeby pacienta k minimalizaci jejich omezení. Definitivní pomůcky i proces byly dokumentovány fotografiemi. Během terapií i mimo ně hodnotil autor celkový přínos pomůcky a spolupráci s pacientem. Poté byla vyhodnocena časová investice a cena za materiál pomůcky.

První kazuistika popisuje vyšetření i proces dopodrobna pro pochopení celého procesu. Ostatní kazuistiky zobrazují jen základní informace nezbytné pro utvoření představy o pacientovi a vyrobené pomůcce. Kazuistiky 3 – 5 jsou celé přesunuty do příloh.

3.3. Kazuistiky

3.3.1. Kazuistika č. 1 (vzorová)

Hlavička

žena, 1951

diagnóza dle MKN-10: I64 (WHO, 2010)

Anamnéza

NO: Ischemická cévní mozková příhoda v povodí ACM I. dx. 18. 5. 2019,

etiologie: pravděpodobně kardioembolizační při známé fibrilaci síní a selhání terapie warfarinem

OA: Ischemická cévní mozková příhoda v povodí ACP I. dx. 2016 s reziduální hemianopsií vlevo

RA: bez indispozice k CMP

SA: vdova v penzi, jeden syn (25 let, žije u Plzně)

PA: dříve – servírka, vedoucí hotelu (administrativa); aktuálně – administrativa hřbitova

ŠA: SŠ hotelová (pohostinství, cestovní ruch)

BA: bydlí samostatně v garsonce, byt se nachází v přízemí, bezbariérový prostor, sprchový kout – zvažuje pořízení koupelnové židle

FA: léky v souvislosti s cévní mozkovou příhodou, dříve pouze léky na ředění krve

AA: pacient neuvádí lékové ani jiné alergie

GA: jedno těhotenství (syn), bez výrazných komplikací

abusus: lékový, alkoholový i drogový nejuje, kuřačka

předchozí rehabilitace: jednotka intenzivní péče Fakultní nemocnice Královské Vinohrady – zaměření rehabilitace především na hybnost levé horní končetiny a nácvik chůze

status praesens: reziduální hemianopsie po iCMP v povodí ACP l. dx. (2016)

denní režim: pravidelný

v domácím prostředí: vstává v 6.00, vezme si prášky, oblékne se, v 7.30 odchází otevřít bránu hřbitova, po cestě domů nakoupí, poté si doma připravuje snídani, během dne navštěvuje lékaře, nakupuje, či sedí uvnitř nebo venku – dle počasí, v 19. hodin zavírá bránu hřbitova;

aktuálně v zařízení: vstává v 6.00, osprchuje se a následuje snídaně, dopoledne i odpoledne absolvuje terapie dle plánu; mezi terapiemi má pauzu na oběd, po odpoledních terapiích večer, ve volném čase cvičí samostatně u stolu, čte knihy, či luští křížovky

zájmy: četba knih, luštění sudoku, sledování televize

kompenzační pomůcky: protiskluzová podložka ve sprchovém koutu, madlo u umyvadla, chtěla by zakoupit madlo do koupelny, zvažuje pořízení koupelnové židle

smysly: vizus – korekce brýlemi na dálku i na blízko (viz funkční vyšetření zraku), sluch bpn

Vyšetření

Mobilita

Mobilní v rámci lůžka, vertikalizace do sedu samostatně, sed stabilní, vertikální i horizontální přesuny samostatně, vertikalizace do stoje samostatně, chodící samostatně – lehce nestabilní, neuvívá k chůzi žádnou kompenzační pomůcku, méně výrazný souhyb levé horní končetiny (dále jen LHK), chůze po schodech: samostatně, vždy se přidržuje alespoň jednou rukou zábradlí

Vyšetření horních končetin

dominance: PHK (pravá horní končetina)

patologie: LHK

vzhled: otok LHK v oblasti předloktí a akra

držení: ramenní kloub bpn, mírná flexe loketního kloubu a prstů

Aktivní rozsah kloubů

PHK – bez omezení

LHK – ramenní kloub bez omezení, loketní kloub: flexe a extenze bez omezení, supinace a pronace pouze do 1/2 rozsahu, zápěstí: dorsální flexe plný rozsah, výrazně pomalejší; plantární flexe plný rozsah, dukce bez omezení, opozice palce pouze do poloviny rozsahu, rozsah prstů bez omezení

Pasivní rozsah kloubů: PHK i LHK bez omezení

Orientační vyšetření svalové síly

proximálně v normě, distálně: slabost plantární flexe zápěstí LHK, výrazně snížená svalová síla stisku na LHK (omezení fáze úchopu: sevření a držení)

Orientační vyšetření spasticity: m. biceps – zvýšené napětí (catch nepřítomen), m. pronator teres zvýšené napětí (catch nepřítomen)

Taxe: PHK bpn, LHK mírný intencní třes (pravděpodobně spíše pro slabost)

Diadochokineze: výrazné opoždění LHK

Grafomotorika: bpn (velkým tiskacím písmem) – podnět, přísudek, s významem

Funkční rozsahy: provede v plném rozsahu

Funkční test ruky: přiblížení palce proti ostatním prstům – provede, palec-malíček pouze do poloviny vzdálenosti

Vyšetření úchopů – vážne fáze sevření a držení (z důvodu snížené svalové síly stisku), uvolnění, kulový provede – 4. a 5. prst se příliš do úchopu nezapojují, válcový – oslaben; úzký neprovede, široký provede, špetku 1-3 i 1-5 provede, tužkový a klíčový úchop neprovede.

Orientační vyšetření čítí: normostézie algického čítí, normostézie termického čítí, hypestézie taktilního čítí, normostézie diskriminačního čítí, hluboké čítí: normostézie v oblasti ramenního kloubu, distálně polohocit i pohybovit významně narušen (zapomínání LHK v šuplíku, zavření do dveří)

Vyšetření kognitivních a psychosociálních funkcí

Kognitivní ani psychosociální funkce neovlivňují spolupráci s pacientem (instruktáž, práci s pomůckou).

Vědomí: lucidní

Orientace: místem, časem a osobou v normě

Psychomotorické tempo: lehce zpomalené

Fatické funkce: exprese plynulá, lehká dysartrie při paréze n. VII l. sin. (levý koutek mírně pokleslý)

Paměť: neporušená

Čtení: omezení reziduální hemianopsií, schopna kompenzovat

Subjektivní obtíže: pozornost při čtení

Spolupráce ve skupině: adekvátně kooperuje

Funkční vyšetření zraku (provedeno zrakovým terapeutem)

binokulárně visus v pásmu normy

zorné pole: reziduální hemianopsie vlevo (následek po první cévní mozkové příhodě),

pozná písmena, čísla, tvary, symboly a velikosti

orientace v ploše a prostoru ovlivněna poruchou zorného pole (opomíjení levé strany)

korekce vizu na dálku i nablízko

Hodnocení soběstačnosti

Personální všední denní činnosti

Index Barthelové: 100/100 nezávislá v základních všedních denních činnostech

Sebesycení: samostatně, nezvládne nakrájet potraviny, PHK napíchne kus jídla a ukusuje (nevyužívá příbor)

Oblékání: nezapne knoflíky, tkaničky, oblékání ponožek trvá déle, nezvládne obléknutí podprsenky a zimních rukavic

Koupání: samostatně

Osobní hygiena: samostatně, nezvládne ostříhat nehty, již dříve řešila manikúrou a pedikúrou; holení nevyužívá

Kontinence: plně kontinentní

Použití toalety: samostatně

Přesuny: samostatně

Chůze po rovině: samostatně

Chůze po schodech: nezvládne

Instrumentální všední denní činnosti

- většinu položek nelze hodnotit, jelikož pacientka po příhodě nebyla v domácím prostředí

Mobilita: nesoběstačná, potřebný doprovod druhé osoby; problémy s plánováním trasy, orientací ve městě (ztrácení se), při tvorbě kompenzačních strategií volí nevhodné body (auta, slunečníky restaurací...)

Manipulace s penězi: využívá převážně platbu kartou, účty spravuje samostatně, problém s manipulací s mincemi

Péče o domácnost: nemá domácí mazlíčky ani květiny, úklid nelze hodnotit

Komunikační technologie: využívá telefon bez problémů, tablet zatím nezkoušela

Nakupování: nelze hodnotit, dříve samostatně

Hodnocení funkční míry nezávislosti (FIM)

vstup 12. 6. 2019 / výstup 17. 7. 2019

Fyzické položky (maximální hodnota 91): 79/83

personální ADL

Příjem jídla: 4/5 – nutná supervize uchycení pomůcky

Osobní hygiena: 5/6

Koupání: 5/6

Oblékání (horní pol. těla): 6/6

Oblékání (dolní pol. těla): 6/6

Použití WC: 7/7

Kontrola sfinkterů:

Kontrola močení: 7/7

Kontrola vyprazdňování: 7/7

Přesuny:

Postel, židle, vozík: 7/7

Toaleta: 7/7

Vana, sprchový kout: 6/7

Lokomoce:

Chůze/jízda na vozíku: 6/6

Schody: 6/6

Psychosociální položky (maximální hodnota 35): 31/31

Komunikace

Rozumění: 7/7

Exprese: 6/6

Sociální schopnosti

Sociální interakce: 7/7

Řešení problémů: 5/5

Paměť: 6/6

Závěr

Vstup: 110/126 bodů; průměrně: 6,11

Fyzické položky (osobní hygiena, kontrola sfinkterů, přesuny, lokomoce) 79/91

Psychosociální položky (komunikace a sociální schopnosti) 31/35

Výstup: 114/126 bodů; průměrně: 6,33

Fyzické položky (osobní hygiena, kontrola sfinkterů, přesuny, lokomoce) 83/91

Psychosociální položky (komunikace a sociální schopnosti) 31/35

Závěr vyšetření

69letá pacientka po ischemické cévní mozkové příhodě v povodí ACM l. dx. 18. 5. 2019 s reziduální hemianopsií po iCMP v povodí ACP l. dx. v roce 2016.

Kognitivní a psychosociální funkce významně neovlivňují spolupráci s pacientem (instruktáž, práci s pomůckou). Nutné přizpůsobit instrukce zpomalenému psychomotorickému tempu, subjektivní obtíže pacientky s pozorností při čtení. Zrak korigován brýlemi na dálku i nablízko.

Pacientka pobírá starobní důchod, během dne měla na starosti správu hřbitova. Z kompenzačních pomůcek využívá protiskluzovou podložku ve sprchovém koutu, madlo u umyvadla, zvažuje pořízení madla do koupelny a koupelnové židle.

Pacientka je mobilní, chodící samostatně bez kompenzační pomůcky s méně výrazným souhybem LHK, chůzi po schodech zvládá též samostatně s přidržením se zábradlí.

PHK je bez omezení v rozsahu kloubů, svalové síle, taxi, cítí i v oblasti jemné motoriky a úchopů. Paretická horní končetina (LHK) je nedominantní; přítomen otok v oblasti předloktí a akra; omezení supinace a pronace pouze do 1/2 rozsahu a opozice palce (1/2 rozsahu); výrazně snížená svalová síla stisku, což omezuje pacientku ve fázi úchopu sevření a držení předmětu. Nejméně obtíží jí činí kulový úchop, provede také široký válcový a špetkové úchopy, preciznější úchopy neprovede. Ve funkčním testu ruky je schopna přiblížit palec a malíček pouze do 1/2 vzdálenosti. Čítí: hypestézie taktilního čítí LHK, narušený polohocit a pohybovit distálně od ramenního kloubu (zapomenutí LHK ve dveřích).

Dle indexu Barthelové je pacientka nezávislá v personálních ADL – nezvládne však zapnout knoflíky, tkaničky a podprsenku. Nají se samostatně s využitím pouze PHK, nezvládne si ostříhat nehty (již dříve řešila manikúrou), holení nevyužívá. Instrumentální položky ADL nelze hodnotit, jelikož pacientka po příhodě nebyla v domácím prostředí – významný problém je však orientace ve městě, manipulace s mincemi; telefon zvládne použít.

Stanovení cílů a plánů ergoterapie

cíle pacienta: „*Pořádně se najíst, obléknout prstové zimní rukavice, zapnout podprsenku - nemám na to sílu.*“

krátkodobý cíl:

Pacientce bude do 2 týdnů vytvořena vidlička s modifikovaným úchopem, se kterou bude schopna se do 3 týdnů samostatně najíst (schopna nakrájet měkké maso a umístit ho LHK do úst).

krátkodobý plán:

Určení mezních poloh rozsahu pohybu pro kompenzační pomůcku (dále jen KP). Návuk úchopu a sebesycení pomocí různě modifikovaných přístrojů, příprava náčrtu KP a konzultace s pacientkou. Porovnání náčrtu s dostupnými modely databáze vlastní nebo dostupné na webovém úložišti. Příprava 3D modelu dle předlohy náčrtu. Výroba KP pomocí 3D tiskárny. Testování KP pacientkou a vyhodnocení funkčnosti KP. Úprava KP – pokud bude nutná. Návuk sebesycení s KP. Instruktaž ohledně údržby KP a bezpečnosti. Hodnocení dosažených výsledků.

Během celého procesu bude probíhat terapie se zaměřením na problematiku končetiny z důvodu přípravy pro testování a aplikaci KP.

cíl KP:

Pacientka zvládne sebesycení se zapojením LHK do činnosti: přidržení potravy při krájení a umístění do úst.

Naplněním tohoto cíle KP dojde nejen k zapojení paretické horní končetiny do činnosti, ale také k zlepšení úchopu pacientky a k aktivaci i dalších prstů, které bez KP do úchopu nezapojovala.

dlouhodobý cíl:

Pacientce se díky zapojování paretické horní končetiny do činnostilepší hybnost akra i rozsahy v loketním kloubu.

Za 6 měsíců od začátku užívání pomůcky bude pacientce pomůcka upravena na míru dle jejích aktuálních možností. Dle zlepšení stavu a intenzity terapie a domácích cvičení je pacientka schopna do roka se najíst s běžným přístrojem (vidličkou).

dlouhodobý plán:

Sebesycení pomocí vyrobené pomůcky, zapojování paretické horní končetiny do dalších všedních denních aktivit a činností, repetitivní návuk jednotlivých aktivit, intenzivní terapie se zaměřením na hybnost LHK, trénink jemné motoriky – preciznějších úchopů, aktivní cvičení pacientky v domácím prostředí - zapojování LHK do aktivit.

Návrh terapie a provedení terapie

Oblasti terapií s pacientkou, probíhající souběžně s výrobou pomůcky:

Z biomechanických přístupů: Repetitivní pohyby akra do úchopů a horní končetiny v pohybu k ústům. Při modifikaci pomůcky trénink kulového úchopu, dopomoc se zapojením prsteníčku a malíčku. Nácvik jednotlivých fází a typů úchopu (užší válcový předmět, nácvik precizních úchopů – manipulace s mincemi, zapínání knoflíku, zavazování tkaniček, zapínání podprsenky, nácvik oblékání rukavic).

Z neurovývojových přístupů: Využití prvků Proprioceptivní neuromuskulární facilitace v 1. diagonále s flexí lokte především do poloviny pohybu (tedy k ústům).

Proces výroby kompenzační pomůcky

Rozvaha o konkrétní KP

Pacientka dle indexu Barthelové byla ve všedních denních aktivitách soběstačná, ale zapojovala pouze zdravou horní končetinu (PHK). Cílem terapie bylo trénovat, stimulovat a zapojovat do činností levou horní končetinu. Pomůcka pro sebesycení byla vybrána především na základě: vyšetření rozsahů pohybu LHK, vyšetření úchopů, testování různých typů modifikovaných příborů (s rozšířeným úchopem, se zatočením vidličky a podobně).

Během testování bylo zjištěno, že problematická pro pacientku byla fáze sevření a držení tenkého předmětu. Úchop I., II. a III. prstu byl u běžné vidličky dostačující, ale nedostatečně silný k udržení předmětu. IV. a V. prst nebyla schopna přiblížit k rukojeti vidličky. Další problematickou oblastí byl také rozsah supinace. Pacientka byla schopna širšího válcového úchopu, kde byla schopna uchopit tenčí předmět I., II. a III. prstem, než IV. a V. Kromě válcového úchopu, je pacientka také schopna kulového úchopu, do kterého však nezapojuje IV. a V. prst.

Návrh kompenzační pomůcky, konzultace s pacientem

Výsledkem byl návrh kompenzační pomůcky válcového tvaru s rozšířením a se zahnutou kovovou částí pomůcky. Rozšíření bylo zvoleno tak, aby pacientka byla schopna pevně uchytit předmět I., II. a III. prstem a zapojovala do úchopu i IV. a V. prst. Odůvodněním tohoto tvaru je maximální zapojení IV. a V. prstu a funkční úchop I. – III.

Nejblíže vidličce bude rozšířená část pro zabránění kontaktu jídla s akrem pacientky – válec o průměru 50 mm a výšky 8 mm. Od válce se pomůcka skokově zúží a následně rozšíří. Madlo bude tvaru komolého kuželu s rozšiřujícím se průměrem o délce 118 mm. V úrovni za kruhem

bude průměr 26 mm a postupné rozšíření do průměru 32 mm. Na povrchu budou vroubky proti klouzání předmětu ve dlani. Na přání pacientky bude mít pomůcka červenou barvu.

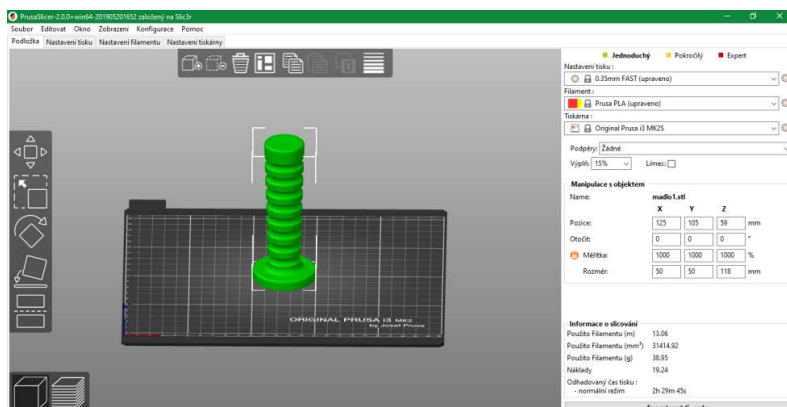
Výroba 3D modelu

Dle jednoduchého nákresu tvaru pomůcky na papír byla pomůcka nakreslena i v modelovacím programu. Poté následovalo vytvoření vroubků, aby pomůcka v dlani neklouzala. Pomocí nástroje rotace se z 2D předmětu stává předmět 3D (rotační těleso). Pro umístění vidličky do středu byl vytvořen přesný model vidličky a následně vytvořena dutina v tělesu KP. Nejvíce časově náročné bylo modelování vidličky, jejíž model byl však využit i u dalších pomůcek. Příprava celého modelu trvala asi dvě hodiny, čas však záleží především na zkušenostech s 3D modelováním.

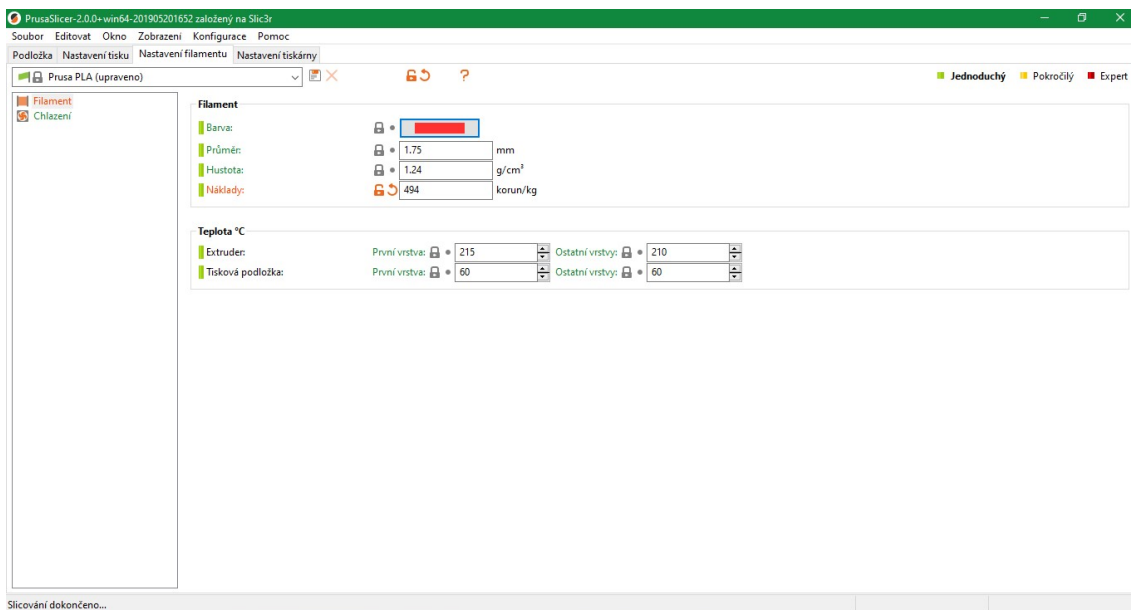
Příprava pro 3D tisk

3D model byl vložen do programu PrusaSlicer, který slouží k nastavení parametrů pro tisk (viz obr. 3.3.1.1.). Mezi zásadní kroky patří vhodné umístění na desku, nastavení materiálu tisku, procentuální výplň, nastavení podpěr a případně cena za 1kg filamentu (494 korun, viz obr. 3.3.1.2.) pro výpočet ceny za materiál. Následoval proces slicování, kde byl model podle parametrů převeden na jednotlivé vrstvy, které byly zkontrolovány (viz obr. 3.3.1.3. a 3.3.1.4.). Výstupem byl poté G-code, který obsahoval instrukce, které definují tiskárně jednotlivé pohyby během tisku. Po exportování G-code se zobrazilo i množství použitého filamentu, náklady za materiál a odhadovaný čas tisku. Posledním krokem přípravy bylo uložení exportovaného G-code na SD kartu, která byla následně vložena přímo do 3D tiskárny (viz obr. 3.3.1.5.). Parametry tisku: Materiál: Prusament PLA, výplň 15 %, množství použitého filamentu: 13,06 m; 38,95 g, náklady za materiál: 19,24Kč a odhadovaný čas tisku: 2 hod 29 min.

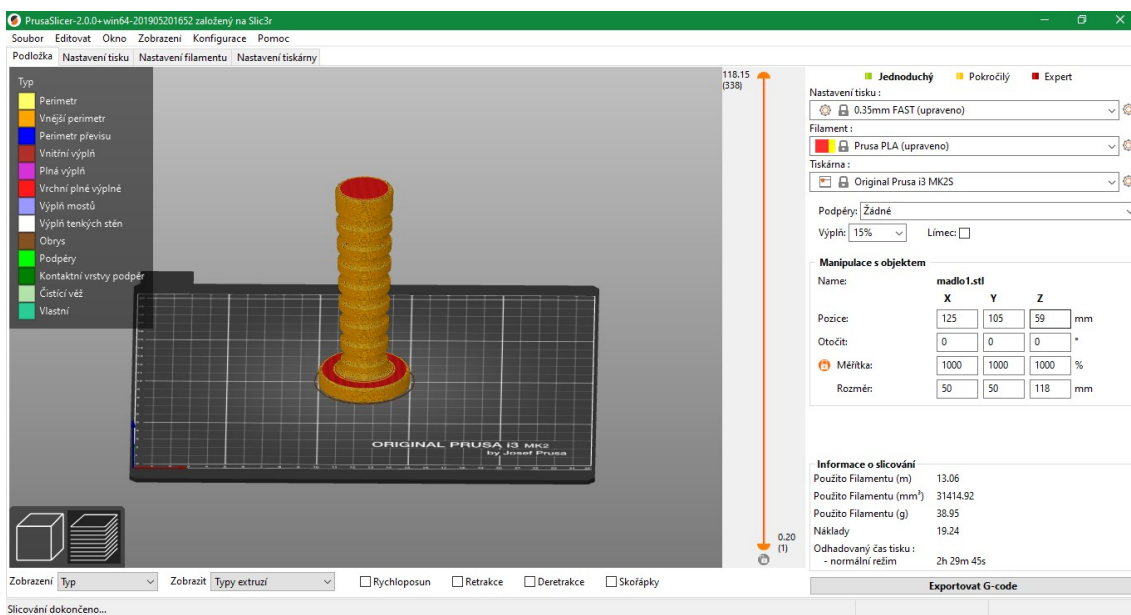
Obr. 3.3.1.1. 3D model v PrusaSlicer IA (zdroj: archiv autora)



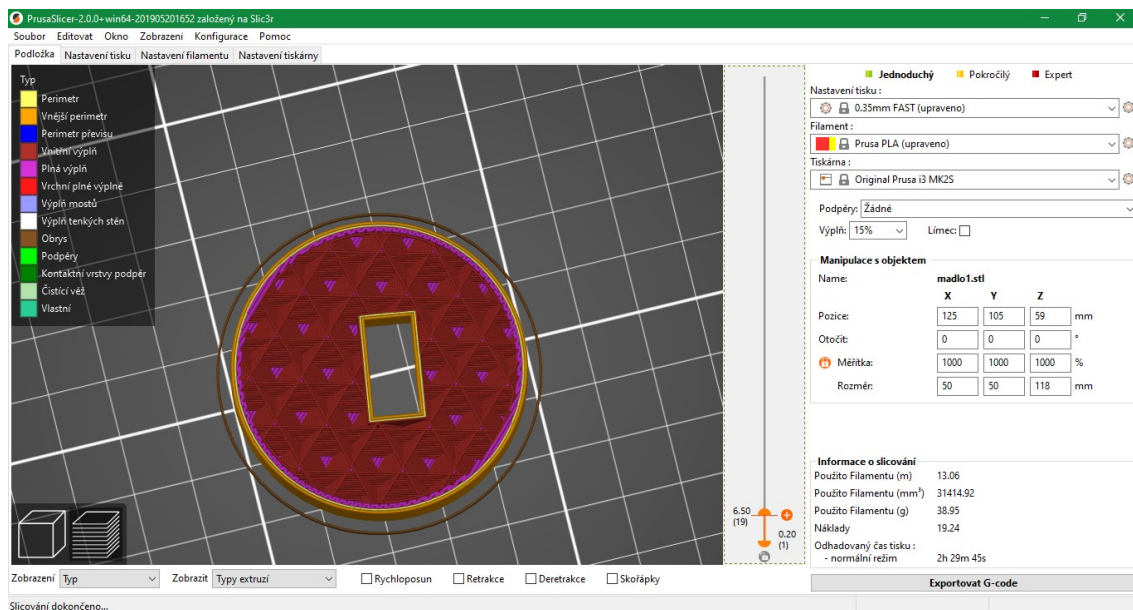
Obr. 3.3.1.2. Zadání ceny za 1kg filamentu, pro výpočet ceny IA (zdroj: archiv autora)



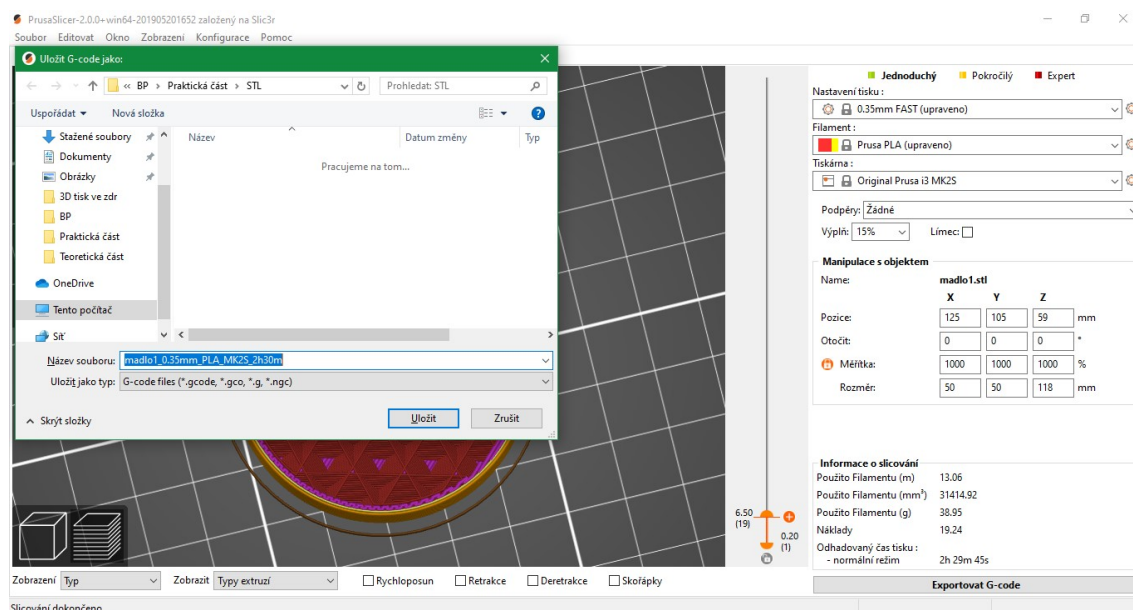
Obr. 3.3.1.3. Model po slicování IA (zdroj: archiv autora)



Obr. 3.3.1.4. Kontrola jednotlivých vrstev IA (zdroj: archiv autora)



Obr. 3.3.1.5. Export a uložení G-code IA (zdroj: archiv autora)



Nastavení 3D tiskárny

Pro tisk byl zvolen materiál PLA z důvodu nízké ceny a jednoduché práce s materiálem. Finální teplota desky byla 60°C a trysky 210 - 215°C. Během nahřívání byl umístěn červený filament na držák a po ukončení nahřívání byl zaveden. Následně proběhla kontrola čistoty barvy a vytlačení další malé dávky filamentu k dočištění. Před spuštěním tisku bylo nutné očistit trysku (odlomit zbytek filamentu z trysky). Při tomto kroku je třeba dbát zvýšené opatrnosti a nedotýkat se trysky. Následovalo vložení SD karty do 3D tiskárny a výběr požadovaného souboru – výběrem byl tisk spuštěn.

Tisk pomůcky

Před zahájením tisku proběhla automatická kalibrace osy X, Y a Z. Následně tryska analyzovala postupně 9 bodů na podložce a poté provedla tenkou linku z filamentu. Následovalo ohrazení oblasti tisku filamentem na podložce a poté začal samotný tisk pomůcky. Prvních několik vrstev (cca 3 vrstvy) bylo zkontrolováno pro ujištění zdárného výsledku, pokud by byla vrstva chybná, byl by tisk zastaven, odloupen materiál, vyčištěna plocha, zkontrolována správnost modelu a nastavení v počítači a poté spuštěn tisk znovu. Pokud jde o jeden z prvních modelů, je vhodné tisk kontrolovat také v rizikových vrstvách – například v místech, kde se vyskytuje hraniční převis.

Po vytištění pomůcky byla pomůcka opatrně odloupena pomocí špachtle. Poté byly obroušeny hrubá místa pomůcky smirkovým papírem, aby se při testování vytištěné pomůcky pacient neporanil.

Testování vytištěné pomůcky s pacientem

Po vytištění a hrubých úpravách pomůcky následovalo vyzkoušení pomůcky s pacientem. Jelikož pomůcka nemusela pacientce vyhovovat, měla kovovou část připevněnou pouze provizorně (viz obr. 3.3.1.6.). Testování pomůcky probíhalo v tréninkových podmínkách s konkrétní aktivitou.

Pacientce nebylo komfortní držet pomůcku, jak byla původně navržena. Snažila se proto pomůcku uchopit jiným způsobem (viz. obr. 3.3.1.7. a 3.3.1.8.), úchop nebyl dostatečně pevný a funkční. Musela využít přilnavé hmoty, která měla pouze fixovat kovovou část, jinak by nebyla schopna pomůcku v dlani udržet. U fáze sevření si mírně dopomáhala PHK.

Aby byla pacientka schopna umístit sousto na vidličce do úst, potřebovala by vidličku ohnout směrem k ústům (alespoň do 45°), (viz obr. 3.3.1.9. a 3.3.1.10.). Z důvodu tuhosti kovu a nízké odolnosti rotacím nebylo ohnutí bez poškození vidličky možné. Důležitý byl také subjektivní názor pacientky na vroubky omezující vyklouznutí předmětu. Hodnotila ho jako trochu hrubý a nekomfortní. S touto informací bylo také pracováno při modifikaci pomůcky.

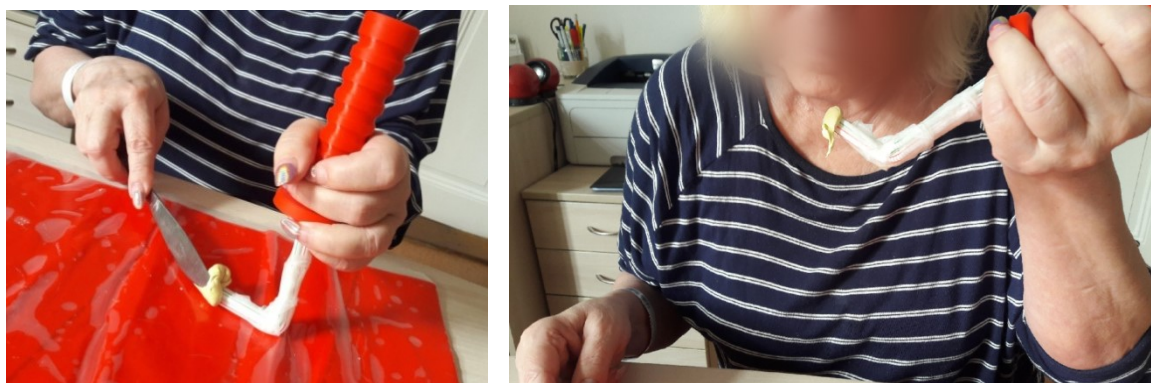
Obr. 3.3.1.6. Vytištěná KP s provizorním ukotvením vidličky IA (zdroj: archiv autora)



Obr. 3.3.1.7. Úchop pomůcky obr. 3.3.1.8. Manipulace s pomůckou a. IA (zdroj: archiv autora)



Obr. 3.3.1.9. Prototyp zahnuté vidličky IA a obr. 3.3.1.10. Přiblížení k ústům IA (zdroj: archiv autora)



Modifikace pomůcky, prototyp

Jako varianty modifikace pomůcky se nabízela možnost vytvoření zahnutého madla pomůcky a vložení pouze krátké části vidličky bez madla (uštípnutí konce). Zde by bylo nutné počítat s mírně zvýšenou spotřebou materiálu na výplň pomůcky pouze s malou dutinou. Vzhledem k výsledku práce pacientky s pomůckou se nabízelo jako výhodnější řešení využití kulového úchopu. Modifikace pomůcky tedy obsahovala opakování celého procesu – 3D modelování i tisk nové pomůcky.

Pro vyšší jistotu vhodnosti pomůcky byl vytvořen prototyp KP z dostupných materiálů (viz obr. 3.3.1.11.). Bylo využito míčku, spojených brček a izolepy. Míček simuloval kulový úchop potenciální pomůcky. Spojená brčka simulovaly vidličku a izolepa rozšířené madlo, o které pacientka zapřela palec. Pacientka byla schopna volně manipulovat s pomůckou, přiblížit ji k ústům a simulovat přidržení jídla při krájení (viz obr. 3.3.1.12.). Po připomenutí a lehké dopomoci byla schopna zapojit do úchopu také IV. a V. prst.

Obr. 3.3.1.11. Prototyp IB a obr. 3.3.1.12. Přiblížení k ústům IB (zdroj: archiv autora)



Návrh kompenzační pomůcky, konzultace s pacientem

V části u vidličky byla navržena rozšířená část pro zabránění kontaktu jídla s akrem. Nad rozšířenou částí byla vytvořena kulovitá část pro kvalitní úchop pacientky o průměru 70 mm. Následoval úzký válec pro zapření palce při jídle o průměru 21 mm a délce 54 mm. Pacientka pro novou pomůcku zvolila modrou barvu.

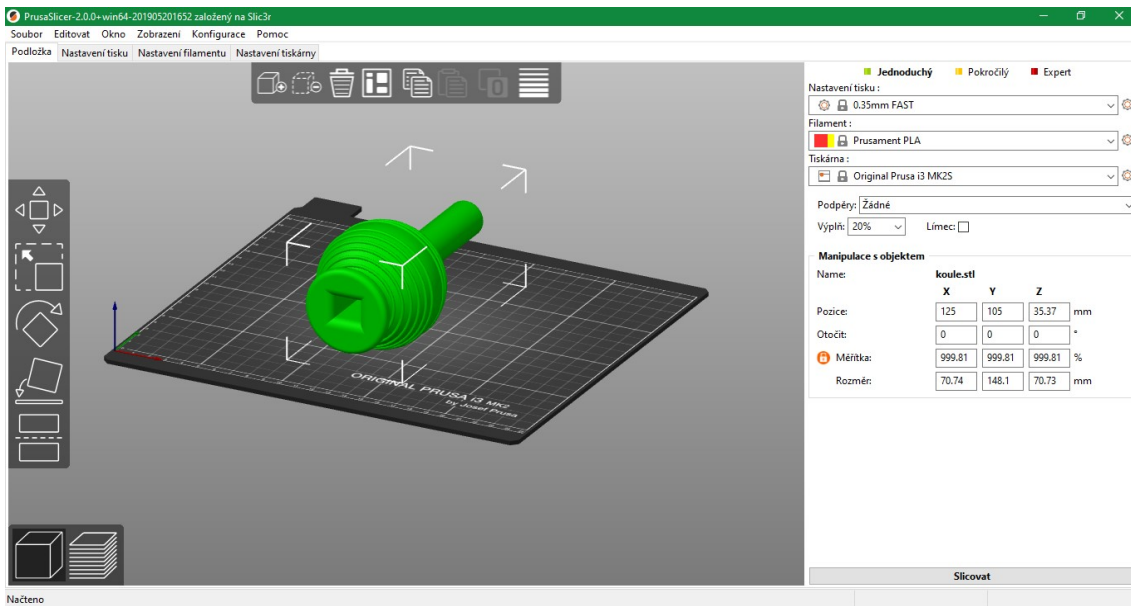
Výroba 3D modelu

2D náčrt byl vytvořen na základě fotografií a naměřených parametrů ze simulací. Na základě subjektivního názoru pacientky u první pomůcky byly u modifikované pomůcky vytvořeny jemné vroubky vystupující z pomůcky. Další kroky vytváření 3D modelu byly shodné s modelem pomůcky první. Příprava celého modelu trvala asi 2,5 hodiny.

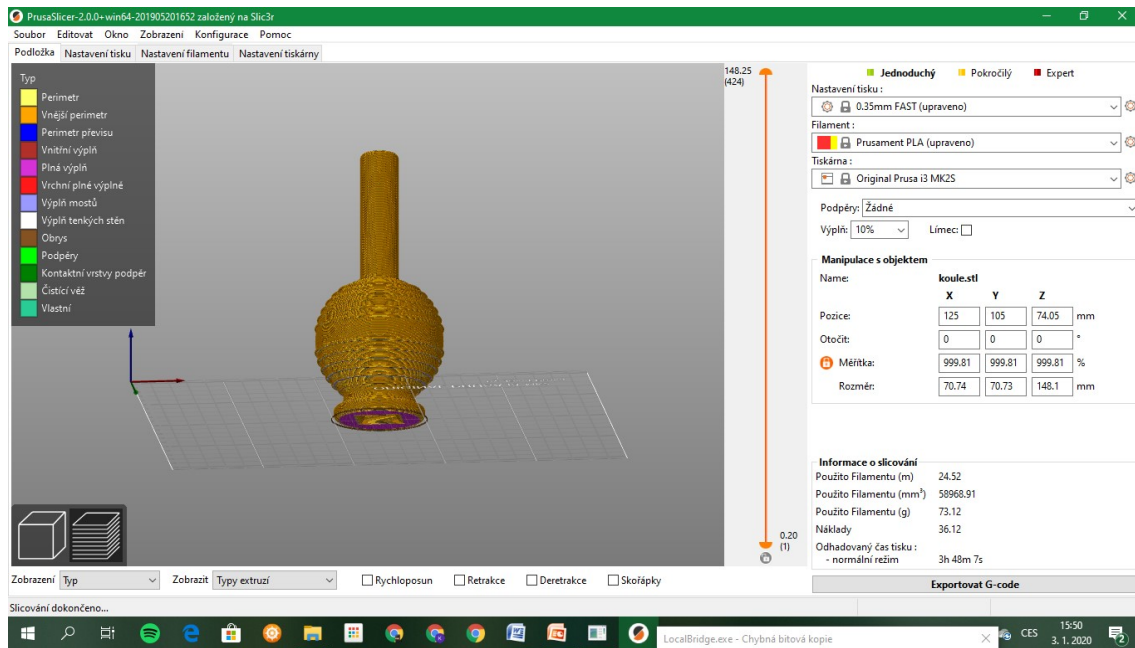
Příprava pro 3D tisk

Nová modifikovaná pomůcka byla vyrobena ze stejného materiálu i se stejnou procentuální výplní, jako pomůcka předchozí (viz obr. 3.3.1.13., 3.3.1.14. a 3.3.1.15). Nastavení 3D tiskárny i tisk pomůcky probíhal ve stejném sledu jako u pomůcky první. Jelikož pomůcka byla jiného rozměru, lišily se pouze parametry množství použitého filamentu: 24, 52 m; 73,12 g, a tím i náklady za materiál: 36, 12 Kč a odhadovaný čas tisku: 3 hod 48 min.

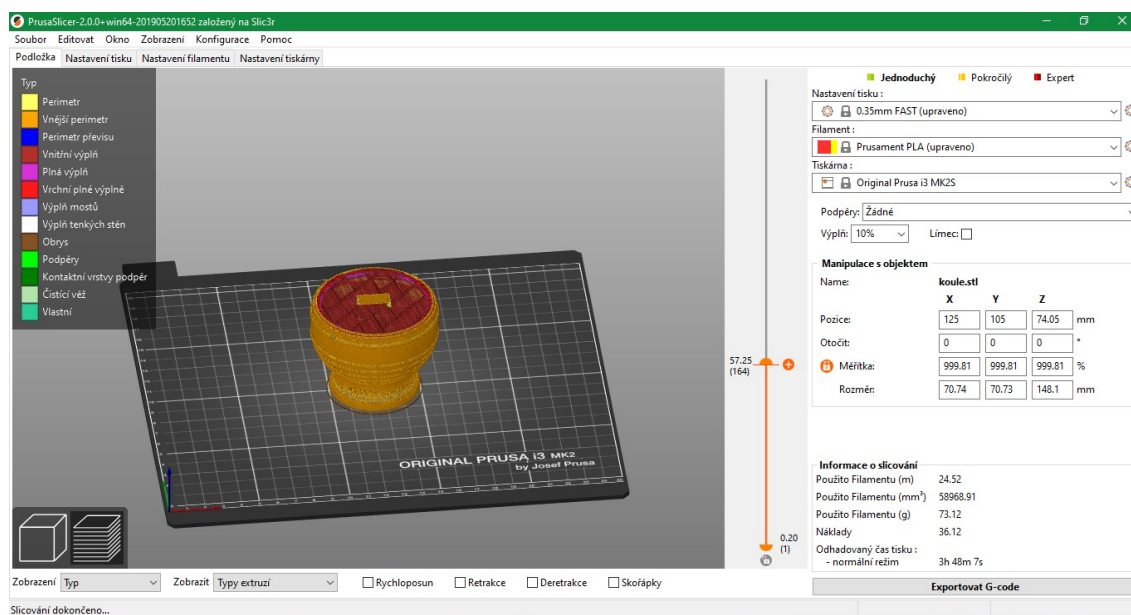
Obr. 3.3.1.13. 3D modelu v PrusaSlicer IB (zdroj: archiv autora)



Obr. 3.3.1.14. Model po slicování IB (zdroj: archiv autora)



Obr. 3.3.1.15. Kontrola jednotlivých vrstev IB (zdroj: archiv autora)



Testování vytištěné pomůcky s pacientem a finální úpravy

Pomůcka byla vytištěna bez výrazných chyb, a proto bylo možné ji ihned zkusit s pacientkou. Vzhledem k přesnějšímu vnitřnímu otvoru nebylo nutné vidličku fixovat hmotou, jelikož vidlička v madle držela i bez fixace. Pomůcka byla vyhovující (viz dále), proto následovaly finální úpravy pomůcky. V rámci finálních úprav bylo variantou vidličku nefixovat jiným způsobem a ponechat možnost vidličkou vyjmout a vyčistit. Hrozilo by však ukládání části jídel do míst, odkud by nebylo možné je odstranit. Proto finální úpravou bylo zalepení vidličky do madla a přiložením krycí části vytištěné na 3D tiskárně, aby nedošlo ke styku lepidla s potravou. Pro spolehlivé zaschnutí lepidla bylo ponecháno asi 12 hodin, až poté pacientka s definitivní pomůckou pracovala.

Testování a nácvik manipulace s finální pomůckou

Pacientka byla schopna rozevřít prsty samostatně, při sevření pomůcky si ze začátku pomohla PHK (sevření jednotlivých prstů a zapojení IV. a V. prstu do úchopu). Pacientka byla schopna pomůcku udržet a manipulovat s ní díky většímu průměru a tvaru madla. II. – V. prstem obemykala kulovou část madla, palec zapřela nad kulovou částí o válcovou část (viz obr. 3.3.1.16.). Zahnutí vidličky již nebylo nutné, jelikož pacientka pomocí kulového úchopu byla schopna s pomůckou dobře pracovat. Díky terapiím, které probíhaly souběžně s výrobou pomůcky, se zlepšilo zapojení IV. a V. prstu do úchopu pomůcky. Nadále bylo však nutné jejich zapojení pacientce připomínat.

Po zhodnocení samotného úchopu vytištěného madla, manipulace s pomůckou a finálních úpravách následoval nácvik sebesycení pacienta v tréninkových podmínkách (viz obr. 3.3.1.17.). Jednalo se o dvě terapie trvající třicet minut zaměřené pouze na práci s pomůckou. Důležitá zde byla: schopnost držení pomůcky, provedení pohybu k ústům, ale také významná koordinace obou horních končetin při krájení potravy a schopnost přidržení terapeutické hmoty vidličkou při krájení. Terapeutické hmoty byly voleny různých tuhostí, k tréninku vícero tuhostí stravy. Výraznou pomocí byla opora lokte paretické horní končetiny o stůl při vkládání jídla do úst.

Obr. 3.3.1.16. Úchop pomůcky IB(zdroj: archiv autora)



Obr. 3.3.1.17. Manipulace s pomůckou IB (zdroj: archiv autora)



Závěr kazuistiky

Pacientka během terapií ochotně spolupracovala. Posun byl zaznamenán v oblasti zapojení IV. a V. prstu do kulového úchopu, což se výrazně promítlo při práci s pomůckou. Pacientce byla vyrobena vidlička s modifikovaným úchopem. První variantou byla pomůcka s využitím typu válcového s postupně se rozšiřující rukojetí, která však pro pacientku nebyla vhodná. Jako modifikace byla zvolena a vyrobena pomůcka s využitím kulového typu úchopu. S touto pomůckou byla pacientka schopna zapojit paretickou horní končetinu do sebesycení a nakrájet si potravu. Při výrobě dvou pomůcek stál materiál 19,24 Kč a 36, 12 Kč; doba tisku pomůcek byla 2 hod a 29 min a 3 hod a 48 min; časová investice terapeuta mimo přímý kontakt s pacientkou (3D modely, příprava tisku, finální úpravy) byla 2 hod a 15 min a 2 hod a 45 min.

Pacientka hodnotila pomůcku kladně z hlediska funkce i designu. Chválila si také úpravu vroubků vystupujících z pomůcky proti klouzání pomůcky v dlani.

Po úspěšném testování pomůcky v rámci terapie a instruktáži si pacientka odnesla pomůcku na pokoj, kde ji využívala během jídel. Následně si ji odnesla do domácího prostředí, kde ji nadále využívala.

3.3.2. Kazuistika č. 2

Shrnutí vyšetření

Anamnéza

62-letý pacient po ischemické cévní mozkové příhodě v povodí ACM l. sin. 31. 5. 2019.

Pracoval jako kuchař, poté jako pekař – práce náročná fyzicky a na jemnou motoriku. Bere léky pouze v souvislosti s cévní mozkovou příhodou a neuvádí žádné alergie. Rehabilitace PHK probíhala již ve Vinohradské nemocnici. Aktuálně rok na nemocenském, poté bude žádat o invalidní důchod. Většinu dne trávil v práci a ve volném čase rád četl. Vizus korigován brýlemi na čtení.

Mobilita, vyšetření horních končetin

Mobilní, k chůzi nepoužívá žádnou kompenzační pomůcku, chybí však souhyb HKK. LHK bez omezení ve všech oblastech vyšetření. Paretická horní končetina (pravá) byla pacientovou dominantní, přítomno plegické držení, pasivní pohyby bez omezení, funkční rozsahy provede. Aktivní rozsahy: ramenní kloub bez omezení, flexe lokte do 3/4 pohybu, supinace a pronace do 1/2 pohybu, zápěstí: dorsální flexe do 1/2 pohybu a pohyb výrazně pomalejší; plantární flexe do 1/2 pohybu, dukce bez omezení, palec bez aktivní hybnosti, pouze viditelné a

palpační kontrakce svalů, flexe prstů do 3/4 pohybu. Oslabení svalové síly PHK – flexe lokte a prstů, což pacienta omezuje při pohybu přiblížení k ústům a fázi úchopu sevření a držení předmětu. PHK není schopen sevřít tenký předmět, cílení na předmět s mírným intenzním třesem (pravděpodobně spíše pro slabost), normostézie všech kvalit cití.

Vyšetření úchopů

Fáze přiblížení a oddálení provede ve zpomaleném tempu, vázne fáze rozevření, sevření, držení i uvolnění (z důvodu omezené hybnosti akra a snížené svalové síly stisku), kulový provede, válcový bez aktivní hybnosti palce, oslaben, úzký neprovede, široký provede; špetku 1-3, 1-5 a tužkový úchop je schopen nastavit pomocí LHK, ale předmět neudrží, klíčový úchop a precizní úchopy neprovede.

Kognitivní a psychosociální funkce

Kognitivní ani psychosociální funkce výrazně neovlivňují spolupráci s pacientem (instruktáž, práci s pomůckou. Nutné přizpůsobit instrukce zpomalenému psychomotorickému tempu a opakovat je. Pacient je málo motivovaný pro terapii.

Hodnocení soběstačnosti

Dle Indexu Barthelové – lehký stupeň závislosti ve všedních denních činnostech. Nezvládne nakrájet potraviny, zapínání knoflíků a tkaniček, ostříhat si nehty; holení nezkoušel. Do žádné aktivity však nezapojuje PHK. Většinu položek instrumentálních ADL nelze hodnotit, jelikož pacient po příhodě nebyl v domácím prostředí. Pacient má problémy s jemnou motorikou: při manipulaci s penězi a při psaní SMS.

Stanovení cílů a plánů ergoterapie

cíle pacienta: „zlepšit pohyblivost PHK, zapojení do činností, žít bez omezení“

krátkodobý cíl:

Pacientovi bude do 2 týdnů vytvořena vidlička s modifikovaným úchopem, se kterou bude schopen do 3 týdnů se samostatně najíst (schopen nakrájet měkké maso a umístit ho PHK do úst.

krátkodobý plán:

Určení mezních poloh rozsahu pohybu pro KP. Návuk úchopu a sebesycení pomocí různě modifikovaných přístrojů. Zisk potřebných parametrů pro rozšíření madla oproti modifikovanému přístroji vytvořenému sériovou výrobou a konzultace s pacientem. Porovnání s dostupnými modely databáze vlastní nebo dostupné na webovém úložišti. Příprava 3D modelu dle přístroje a potřebných parametrů. Výroba KP pomocí 3D tiskárny. Testování KP

pacientem a vyhodnocení funkčnosti KP. Úprava KP – pokud bude nutná. Návčik sebesycení s KP. Instrukčáž ohledně údržby KP a bezpečnosti. Hodnocení dosažených výsledků. Během celého procesu bude probíhat terapie se zaměřením na problematickou končetinu z důvodu přípravy pro testování a aplikaci KP.

cíl KP:

Pacient zapojí do sebesycení PHK. Je schopen PHK přidršet potravu při krájení a umístit sousto do úst. KP podpoří zapojení paretické horní končetiny do činnosti sebesycení, zlepšení úchopu a aktivaci palce.

Proces výroby

Rozvaha a návrh konkrétní KP

Na základě vyšetření a hodnocení sebesycení pomocí modifikovaného příboru (viz obr. 3.3.2.1.), bylo vybráno k 3D tisku rozšířené (oproti modifikovanému úchopu) madlo pro vidličku. Rozšířené madlo bylo zvoleno především z důvodu omezené flexe prstů a snížené svalové síly stisku. K zabránění sklouznutí akra z pomůcky byla vytvořena rozšířená část, o kterou se pacient mohl opřít, také kompenzovala nedostatečnou svalovou sílu flexe prstů. Vroubky na pomůcce nebyly vytvořeny pouze z důvodu sklouznutí akra, ale také jako dopomoc palci se udržet na pomůcce. Pomůcka podpořila zapojení paretické horní končetiny do sebesycení a tím opakovaný návčik pohybu. Pacient souhlasil s tvarem pomůcky a upřednostnil modrou barvu pomůcky.

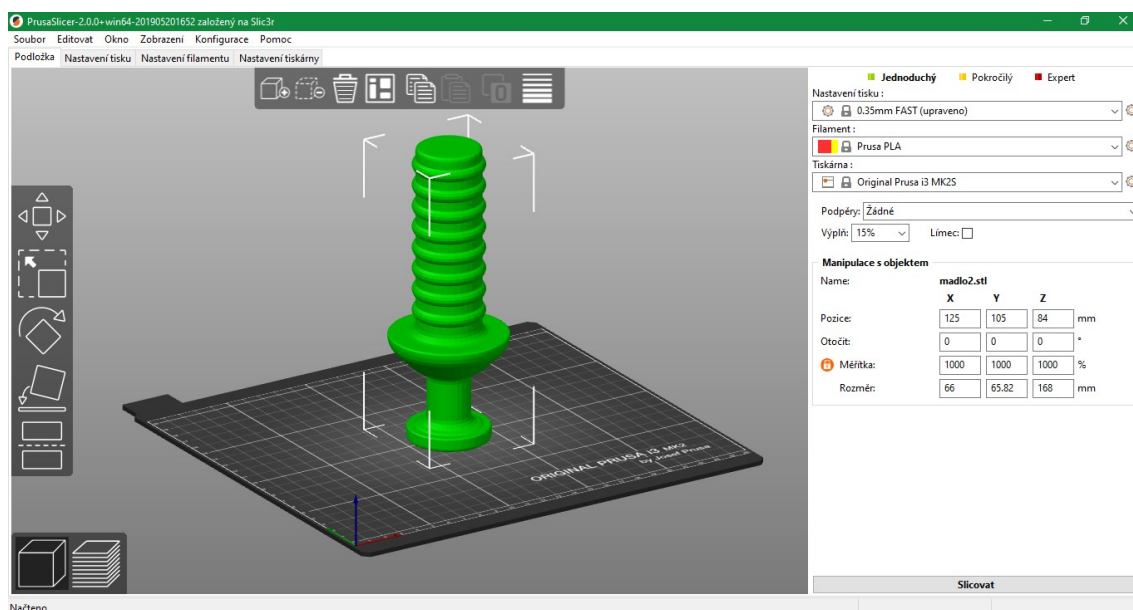
Obr. 3.3.2.1. Hodnocení sebesycení pomocí modifikovaného příboru (zdroj: archiv autora)



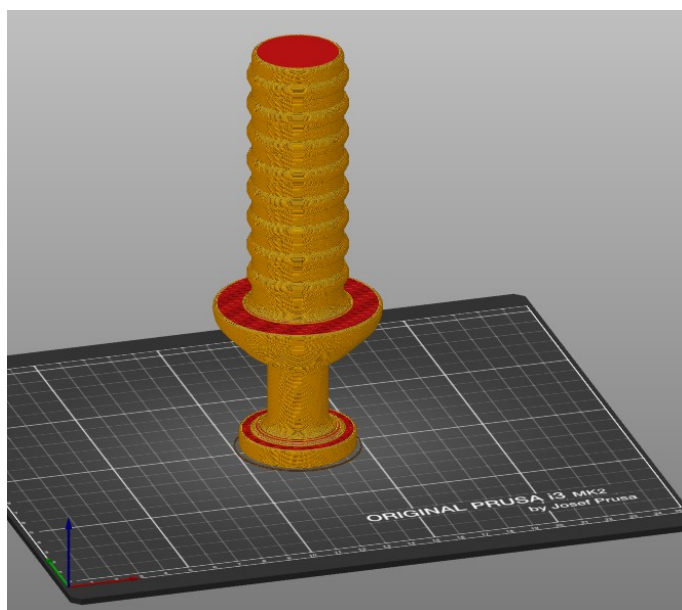
Výroba 3D modelu a příprava pro 3D tisk

Na základě fotografie modifikované vidličky v dlani pacienta (viz obr. 3.3.2.1.) a parametrů pro rozšíření byl vytvořen 2D a poté 3D model pomůcky (viz obr. 3.3.2.2.). Bylo využito opět nástroje rotace a modelu vidličky vytvořené již u první kazuistiky. Čas pro vytváření modelu je uveden v tabulce 3.3.2.1. K tisku byl využit stejný materiál jako u první kazuistiky, tedy PLA. Výplň pomůcky činila 15% a nebyly využity žádné podpěry. Následoval proces slicování, kontrola jednotlivých vrstev (viz obr. 3.3.2.3.) a převedení do G-code.

Obr. 3.3.2.2. 3D model pomůcky v PrusaSlicer II (zdroj: archiv autora)



Obr. 3.3.2.3. Struktura modelu po slicování II (zdroj: archiv autora)



Nastavení 3D tiskárny a tisk pomůcky

Nastavení 3D tiskárny probíhalo stejným způsobem a se stejnými daty, jako u kazuistiky první. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu jsou uvedeny v následující tabulce 3.3.2.1.

Tabulka 3.3.2.1. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiáluII

doba modelování	doba tisku	množství materiálu	cena materiálu
1,5 hod	3 hod 56 min	26,33 m 78,53 g	35,26 Kč

Testování vytištěné pomůcky s pacientem a finální úpravy

Po vytištění pomůcky bylo nutné obrousit drobné chyby tisku, aby nedošlo k poranění pacienta o pomůcku. Poté byla hodnocena schopnost a kvalita úchopu. Pacient byl schopen akrum zapřít a využít tvaru pomůcky. Modifikace nebyla nutná – pacient byl schopen vidličku uchopit a funkčně ji využít. Následovaly finální úpravy a dokončení pomůcky: povrchové úpravy pomůcky (vyhlazení chyb tisku smirkovým papírem), upevnění vidličky v madlu pomocí lepidla, přiložení vytištěné zátky proti styku lepidla s potravinou a čas pro zaschnutí lepidla.

Nácvik manipulace s finální pomůckou

Nácvik manipulace sebesycení probíhal v tréninkových podmínkách, během něhož bylo využito terapeutické hmoty různých tuhostí (viz obr. 3.3.2.4.). Pacient byl schopen přidržet sousto při krájení a během přesunu sousta k ústům využíval opory lokte o stůl. Dělal mu však obtíže krájení nedominantní horní končetinou především z důvodu snížené koordinace a slabého přitlaku akra. Předpokládá se, že opakovaným nácvikem selepší práce obou horních končetin. Po dvou terapiích nácviku sebesycení si pacient odnesl pomůcku na pokoj a zkoušel ji využívat v reálných podmínkách.

Obr. 3.3.2.4. Manipulace s finální pomůckou II (zdroj: archiv autora)



Instrukce pacienta

Kroky práce s pomůckou:

Loket PHK opřený o stůl, porovnat pomůcku v dlani a nastavit prsty pomocí levé ruky. Pevně stisknout a směřovat vidličku co nejvíce kolmo k jídlu (terapeutické hmotě). Levou rukou ukrojit nebo nahrnout nožem jídlo na vidličku. Loket pravé ruky zůstává opřen o stůl, vidličku se soustem vést k ústům.

Pacient byl instruován o používání KP, o údržbě, odolnosti pomůcky a o bezpečnostních pokynech (více viz příloha č. 5).

Závěr kazuistiky

Pacient během terapií spolupracoval, byla však potřebná motivace druhé osoby. Díky terapiím došlo k mírnému zlepšení hybnosti palce. Nadále bylo však nutné pracovat na zlepšení hybnosti pomocí repetitivních pohybů, Mirror Therapy a dalších postupů. Pacientovi bylo vytvořeno madlo rozšiřující úchop vidličky. Díky ní byl schopen zapojit paretickou horní končetinu do sebesycení a s mírnými problémy nakrájet potravu nedominantní horní končetinou. Ačkoliv pacient hodnotil pomůcku kladně a měl ji na pokoji k dispozici, příliš ji během jídel nevyužíval (pravděpodobně z důvodu chybějící motivace). Překvapující byl jeho zájem si pomůcku odnést do domácího prostředí.

Shrnutí výroby pomůcky: cena materiálu 36,26 Kč, doba tisku 3 hodiny a 56 minut, časová investice terapeuta mimo přímý kontakt s pacientem (3D model, příprava tisku, finální úpravy) byla 2 hodiny.

3.4. Výsledky práce

Průměrné vyšetření trvalo 90 minut, příprava pomůcky 45-90 minut, testování pomůcky 30 minut a nácvik práce s pomůckou minimálně 2x 30 minut. Cena pomůcek včetně podpěr byla v rozmezí 20 – 70 Kč za materiál. Čas pro vytváření modelu mezi 2 – 5 hodinami, doba tisku byla v rozmezí 2,5 – 9,5 hodiny.

Je těžké posoudit tzv. maximální zapojení paretické horní končetiny do běžných denních aktivit. Pokud byla pomůcka dobře navržena, pomohla zapojení paretické HK do personální aktivity a tím přirozeného tréninku. Součinnost terapie a pomůcky vytvořené na míru umožnila pacientům zapojovat paretickou HK do alespoň jedné aktivity personální ADL ve včasné fázi rehabilitace, tím byla stimulována a trénována i mimo cílené terapie. Při následné podpoře a adekvátní úpravě pomůcky a začlenění do dalších aktivit je vysoký potenciál zvýšení rozsahu výkonu do dalších aktivit, zlepšení hybnosti a může směřovat k aktivnímu maximálnímu využití paretické HK. Dlouhodobá spolupráce byla omezena rozsahem praxe.

Pacientce v kazuistice č. 1 byla vyrobena vidlička s modifikovaným úchopem, která se v rámci testování ukázala jako nevhodná (viz obr. 3.4.1.). Následoval návrh nové pomůcky na základě prototypu. Druhá pomůcka byla modifikována na kulový úchop. Díky ní byla pacientka schopna zapojit paretickou HK do sebesycení a nakrájet si potravu (viz obr. 3.4.2.).

Pacientovi v kazuistice č. 2 bylo vyrobeno modifikované madlo rozšiřující úchop vidličky. Pacient nebyl příliš motivován ani při běžné terapii, pasivně vykonával jednotlivé úkoly a na terapiích příliš nepodílel. Výsledkem byl pomalý vývoj. Setkání s novou technologií pro něj bylo motivací. Dle jeho slov v rámci pobytu příliš pomůcku nevyužíval. I přesto v rámci terapie byly mírné pokroky v hybnosti palce paretické HK. Pomůcka umožnila zapojení paretické HK do smysluplné činnosti, minimálně v rámci terapií (viz obr. 3.4.3.).

Pacientovi z kazuistiky č. 3 byla vyrobena vidlička s madlem vyplněným pískem k eliminaci ataxie a tremoru (viz obr. 3.4.4.). Pacient díky ní dokázal přemístit sousto do úst bez nežádoucích pohybů a tremoru, došlo také ke zvýšení svalové síly paretické HK.

Pacient z kazuistiky č. 4 byl schopen se pomocí zdravé HK napít. Zapojení paretické HK do jiné aktivity by bylo nad možnosti pacienta, zároveň si pomůcku na pití přál. Díky pomůcce zapojil paretickou HK ve smysluplné aktivitě, při níž si dopomáhal zdravou HK (viz obr. 3.4.5.). Posloužila také k přirozenému opakovanému nácviku sevření a rozevření dlaně s dopomocí zdravé HK. Pacient byl v terapiích aktivní, cvičil i během dne.

Pacientovi z kazuistiky č. 5 byla vytvořena vidlička s modifikovaným madlem ve tvaru koule. Při zkoušení pomůcky pomocí prototypu pacient při úchopu využíval stisku měkkého míčku, což autor nezaznamenal. V důsledku toho byla vytištěna pomůcka, kterou pacient nebyl schopen uchopit (viz obr. 3.4.6.).

Další informace zobrazují tabulky: pomůcky, potřebné úpravy, výsledek tabulka 3.4.1. a materiál, doba tisku, čas terapeuta mimo přímý kontakt a podpora funkce tabulka 3.4.2.

Tabulka 3.4.1. Pomůcka, úpravy, výsledek

Pacient	Pomůcka	Úprava pomůcky	Výsledek
Pacient č. 1	rozšířený úchop pro vidličku	nevyhovující, vyhledání nového řešení	KP si odnesla domů
Pacient č. 2	rozšířený úchop pro vidličku	netřeba	KP si odnesl domů
Pacient č. 3	rozšířený úchop pro vidličku naplněnou pískem k eliminaci ataxie	netřeba	při propuštění KP již nepotřeboval
Pacient č. 4	madlo pro úchop kelímku a stabilitu při odkládání	netřeba	KP chtěl ponechat k dispozici dalším pacientům (ponechána autorovi)
Pacient č. 5	rozšířený úchop pro vidličku	neprovedena	KP pomocí 3D tisku nevyhovující

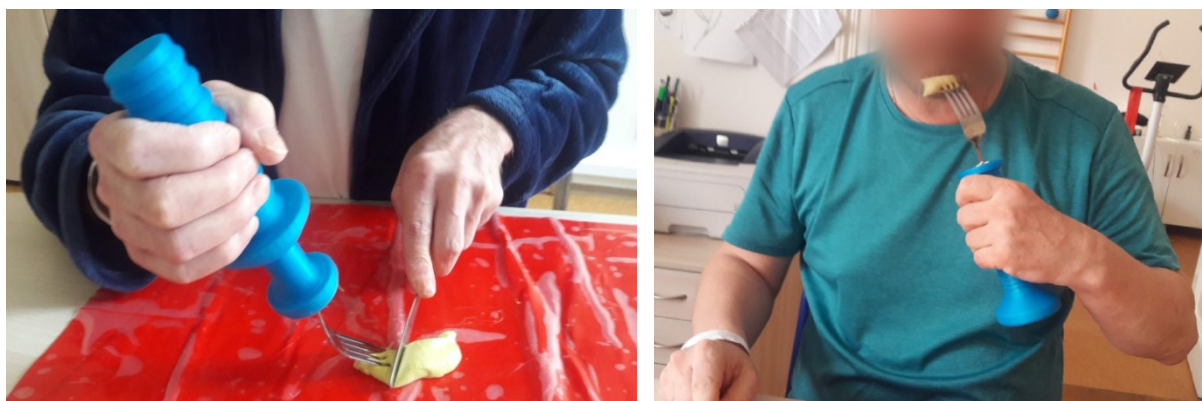
Tabulka 3.4.2. Materiál, čas mimo přímý kontakt s pacientem, funkce

Kazuistika	Cena za materiál	Doba tisku	Čas terapeuta	Podpora funkce
K1	19,24 Kč	2 hod a 29 min	2 hod a 15 min	NE
	36,12 Kč	3 hod a 48 min	2 hod a 45 min	ANO
K2	36,26 Kč	3 hod a 56 min	2 hod	ANO
K3	23,51 Kč	3 hod a 21 min	2 hod	ANO
K4	67,47 Kč	9 hod a 31 min	2,5 hod	ANO
K5	36,52 Kč	3 hod a 56 min	1,5 hod	NE

Obr. 3.4.1. Pomůcka pro pacientku č. 1 a obr. 3.4.2. Pomůcka pro pacientku č. 1 II (zdroj: archiv autora)



Obr. 3.4.3. Pomůcka pro pacienta č. 2, obr. 3.4.4. pomůcka pro pacienta č. 3 (zdroj: archiv autora)



Obr. 3.4.5. Pomůcka pro pacienta č. 4, obr. 3.4.6. pomůcka pro pacienta č. 5 (zdroj: archiv autora)



4. Diskuze

4.1. Hodnocení cílů

Cíl realizace drobných pomůcek pro pacienty pomocí 3D tisku byl splněn. Splněno bylo také zapojení paretické horní končetiny do činnosti ADL. Dílčí cíle potvrzení finanční nenáročnosti a určení míry technické náročnosti do praxe ergoterapeuta nebylo možné kompletně zpracovat z časových důvodů a možností. Zůstávají otázkou a výzvou do budoucna. Nižší jsou však rozpracovány faktory, které je ovlivňují, a způsoby možných řešení.

Střítecký (2019) uvádí, že 3D tisk zjednodušuje život z hlediska výroby různých nástavců a opravování domácnosti. Pomůcky vytvořené v rámci bakalářské práce zjednodušují život v jiné rovině – umožňují provádět smysluplné činnosti. Proces 3D modelování byl pro autora poměrně technicky náročný. Autodesk Fusion 360 sice nabízel větší spektrum možností a nebylo třeba internetového připojení, ale zároveň byla nutná výraznější podpora odborníka, než autor předpokládal. Místo zaměření na komplexní programy by bylo vhodnější zvolení základních programů a zvládnutí vytvoření více tvarů. Zaučení nastavení základních parametrů a kroků tisku proběhlo v rozumných časových možnostech a kvalitě. Všechny pomůcky byly úspěšně vytištěny na první pokus. Podporou byly faktory, které uvádí i Střítecký (2019): odladěné tiskové profily v PrusaSliceru pro užívanou tiskárnu, práce s FDM tiskárnou a využití PLA filamentu. Výrazně jednodušší byla výroba zapínače knoflíků zobrazená v příloze č. 7., jehož 3D model byl stažen z portálu Thingiverse. Autor měl také obtíže se zadáním vhodných pojmů pro vyhledání potřebné pomůcky, tak jak to uvádí Buehler et al. (2015). Jelikož nebylo potřeba pomůcku upravovat, následný proces byl velmi jednoduchý.

4.2. Rozbor kazuistik

Nejvíce časově i technicky náročné bylo modelování vidličky, ačkoliv byl model využit u všech dalších pomůcek, bylo by možné zvolit jednodušší řešení. Například zakoupení vidličky jednoduššího tvaru, vytvoření nadměrné dutiny pro vyšší variabilitu vložené vidličky – zde by však byla nutná větší časová investice při ukotvení vidličky do vytištěného madla. Jednoduchým řešením by bylo využití 3D skeneru, jak uvádí Ganesan et al. (2016). Bohužel v době vytváření pomůcek k němu autor neměl přístup.

U první pomůcky se projevila nezkušenost autora s vytvářením kompenzačních pomůcek. Při návrhu pomůcky bylo využito pouze modifikovaných přístrojů a od nich odvozen

potřebný tvar pomůcky. To vedlo u následujících kazuistik k vytváření prototypů, díky němu byly pomůcky ve většině případů vyhovující.

Otázkou zůstává, jak odfiltrovat pacienty, kteří potřebují měkkou pomůcku, či z jiného důvodu vyrobenou z jiného materiálu – jako tomu bylo u pacienta č. 5. Prototyp byl vytvořen z míčku, pacient pomůcku držel pomocí jejího stisku, což na míčku nebylo však znatelné. Tištěnou pomůcku, která měla tvrdý materiál, pak nebyl schopen udržet a funkčně využít. Literatura odpověď na tuto otázku nedává. Ačkoliv se nabízí vytvoření prototypu z tvrdého materiálu, je potřeba počítat s limity pomůcek dostupných přímo na pracovišti.

Využití technologie 3D tisku k vytvoření pomůcky k eliminaci ataxie a tremoru je originálním řešením práce. Originalita spočívá především v náplni pomůcky, v tomto případě pískem. Ačkoliv pacient nepotřeboval rozšíření madla, bylo potřeba vytvořit poměrně velkou pomůcku s pouze 2% výplní z důvodu objemu náplně a tím její váhy. Díky nastavení tisku na změnu barvy došlo k pozastavení tisku v poslední otevřené vrstvě. Po nasypání písku do pomůcky byl tisk dokončen a pomůcka uzavřena. I přes varování na křehkost materiálu PLA a zvýšenému riziku poškození pomůcky nízkou výplní a vyšší vahou k pádu došlo. Na jeho základě došlo k odpadnutí posledních vrstev tisku a písek se postupně sypal z pomůcky. Jako lepší řešení se nabízí využití odolnějšího materiálu (např. ABS), který však požaduje vyšší zkušenosti s 3D tiskem. Alespoň částečné řešení by bylo vytvoření více uzavřených komor, při rozbití by došlo k vysypání pouze části obsahu. Nevýhodou by však byla větší časová investice během tisku.

Potřeba je také poukázat, že v průběhu fotodokumentace pacientů nebylo možné současně fyzicky korigovat pacienta – například fixovat pletence ramenní k zabránění elevace během provádění pohybu. Vhodnější by byla spolupráce dvou terapeutů, či osoby, která by fotografie pořizovala.

4.3. Argumentace pro výběr literárních zdrojů

Při zpracování teorie získaného poškození mozku a kompenzačních pomůcek bylo využito knižních zdrojů často využívaných v rámci výuky odborných předmětů. Jelikož technologie 3D tisku roste exponenciálním tempem, ke zpracování technologie 3D tisku a procesu byly využity ověřené, ale zároveň velmi aktuální zdroje. Kapitoly využití 3D tisku ve zdravotnictví a ergoterapii stojí především na zahraničních literárních zdrojích. Důvodem volby bylo dlouhodobější využití technologie v této oblasti v zahraničí, více zkušeností z praxe i většího množství odborných článků.

4.4. Nedořešené otázky a možnosti vyplývající z literatury a praktické části

Během procesu a zpracování práce vyvstaly otázky k řešení do budoucnosti a nápady na potenciální řešení jednotlivých překážek. Mezi ně patří rentabilita, finanční pokrytí práce terapeuta či jiného odborníka a výdejů za materiál, finanční přínos technologie, technické schopnosti terapeutů a bezpečnost z hlediska hygieny. Většinu z těchto oblastí literatura nezmiňuje, v některých případech se vyskytuje pouze okrajově.

4.4.1. Podklady pro rentabilitu

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5, česká ani zahraniční literatura neřeší rentabilitu 3D tištěných pomůcek. Celý proces vytváření praktické části poukázal na hlavní faktory určující její cenu. Mezi které patří pořizovací cena 3D tiskárny, cena za provoz a materiál, doba tisku, množství materiálu na pomůcky a doba práce ergoterapeuta, či jiné osoby. Naopak je možno ušetřit na času výroby pomůcky, jelikož po kontrole prvních vrstev objektu může být dokončen tisk bez dohledu a podílu osoby. Může tedy probíhat přes noc, v průběhu jiných terapií nebo vytváření 3D modelů a podobně. Tuto výhodu automatizované výroby vyzdvihuje i Stříteský (2019).

Cena vhodné 3D tiskárny může být 10 000 korun, ale i mnohem vyšší. Ideálním řešením by byla přítomnost 3D tiskárny na pracovišti získaná pomocí grantů, či jako investice pracoviště do budoucnosti. Především v rámci začátku by bylo možné využít zapůjčování technologie mezi ergoterapeutickými pracovišti. Další možností by byla inspirace ze zahraničí, tzv. maker space, které uvádí Buehler et al. (2015). Jde o využití veřejných prostor vybavených technologií, ty však v České republice zatím příliš rozšířené nejsou. Obdobný koncept uvádí Wagner et al. (2018) – 3D tiskárny jsou dostupné v knihovnách a tím jsou dostupnější veřejnosti.

Spotřeba elektřiny vyjma jedné pomůcky nepřekročila 1 Kč, autor souhlasí s názorem Stříteského (2019), že se jedná o téměř zanedbatelnou položku. Cena materiálu se liší dle jeho typu (běžný filamentu PLA stojí okolo 600Kč/1kg). Cena jednotlivé pomůcky je závislá také na velikosti objektu, hustotě jeho výplně a množství potřebných podpěr objektu.

Tzv. lidské zdroje bývají většinou nejdražší komponentou celého procesu, proto je třeba ji neopomíjet a řešit v první řadě. Doba práce zahrnuje práci s pacientem (vyšetření, příprava pomůcky, testování tištěné pomůcky a nácvik práce s pomůckou) a práci bez přítomnosti pacienta (3D modelování, úpravy před tiskem, spuštění tisku a postprocessing). U pomůcek, které skrze úpravu několika parametrů odpovídají individuálním potřebám pacienta,

by mohlo být využito sdílení mezi odborníky (ergoterapeuty) – tzv. open-source, tak jak to také uvádí Ventola (2014).

4.4.2. Finanční pokrytí práce s pacientem

Při výrobě dlahy, protézy či asistivní technologie je ergoterapeut (v případě protéz také ortotik-protetik) pro spolupráci s pacientem nejvhodnější osobou. Literatura se o finančním pokrytí práce s pacientem nezmiňuje. Podle náplně práce, by však bylo možné ji pokrýt běžnými kódy zdravotních pojišťoven: Vyšetření ergoterapeutem při zahájení ergoterapie (kód 21611) Vyšetření ergoterapeutem kontrolní (kód 21613), Ergoterapeutické vyšetření pro návržení vhodných technologií a produktů (kód 21614), Individuální ergoterapie základní (kód 21621), Návčik všedních denních činností – ADL (kód 21625), Individuální ergoterapie s využitím dílen (cvičná kuchyň, koupelna; kód 21629) a Cílená ergoterapie ruky (kód 21631).

4.4.3. Finanční pokrytí práce bez pacienta

Finanční pokrytí práce bez pacienta je komplikovanější a ani tuto oblast literatura nezmiňuje. Buehler et al. (2015) dotazováním autorů modelů na portálu Thingiverse zjistil, že pomůcky vyráběli autoři buď pro sebe, nebo pro osobu blízkou; menšina autorů byla odborníky. Nebylo však řešeno, kdo jejich práci financoval, či ji vykonávali dobrovolně. Nejvíce časově náročné bylo vytváření 3D modelu, doba a kvalita závisí především na osobních zkušenostech, v druhé řadě na technické zdatnosti. Řešení by mohlo přinést spolupráce s jiným odborníkem, jak uvádí Wagner et al. (2018) a Ostrander a Whaley (2017), nebo vytvoření nového kódu zdravotních pojišťoven. V návaznosti na kód Ergoterapeutické vyšetření pro návržení vhodných technologií a produktů by mohl následovat kód Výroba vhodných technologií a produktů ergoterapeutem.

4.4.4. Pokrytí výdajů za materiál

Pokud by byly pokryty lidské zdroje a proces, cena za materiál je u většiny pomůcek nízkou položkou.

Nejjednodušším řešením byla platba samotným pacientem, kde by výše položky neměla být zatěžující v jakékoliv finanční situaci. Ostrander a Whaley (2017), kteří uvádí cenu protézy na tisícinu oproti konvenčním metodám, také zmiňují úhradu samotným klientem. Odlíšnosti mohou vznikat také různými systémy péče v zahraničí. Pokud by však pomůcka byla pravidelně upravována, bude její cena růst. Řešením by mohlo být získání podpory

zdravotních pojišťoven díky podpoře soběstačnosti a snížení potřeby péče o pacienta. Potenciálem je vývoj recyklace především materiálu PLA se stejnou kvalitou, jako byl vstupní materiál. Pokud by pronikl do domácího využití, zjednodušeně by z již nevhodné pomůcky mohla být vytištěna pomůcka nová a tím by cena zůstala stejná u různého množství pomůcek.

4.4.5. Finanční přínos technologie

Pro zhodnocení finančního přínosu technologie u vytvořených pomůcek by musely být vyhodnoceny všechny aspekty rentability pomůcek. Je zřejmé, že finanční přínos bude mít malosériová výroba, tak jak to uvádí Stříteský (2019). V oboru ergoterapie to znamená především pro výrobu pomůcek uzpůsobených na míru pacientovi. Buehler et al. (2015) také uvádí, že pomůcky vyrobené pomocí 3D tisku s individuální úpravou jsou finančně méně náročné. Ostrander a Whaley (2017) uvádí jako nejvýznamnější přínos u protéz, ale také dlah a asistivních technologií. Wagner et al. (2018) zmiňuje nejvýznamnější finanční přínos pro výrobu protéz pro děti, jelikož často potřebují jejich úpravu. Z toho lze odvodit přínos také u pacientů, kteří potřebují častou úpravu pomůcek. Příkladem mohou být právě pacienti se získaným poškozením mozku v akutním stádiu, kdy pacient dělá významné pokroky. Ganesan et al. (2016) upozorňuje, že u drobných kompenzačních pomůcek nemusí pacient oproti koupi na běžném trhu ušetřit. Pokud však bude brát potaz individuální úpravy pomůcek, finančně efektivní bude výroba většiny pomůcek.

Na základě podkladů pro rentabilitu by bylo možné zjistit, jak je tomu u konkrétních typů dlah a jednotlivých asistivních technologií. Tedy za jakých podmínek se využití technologie 3D tisku vyplatí oproti výrobě konvenčními metodami. Další zásadním výstupem by mohlo být spočítání počtu výrobků, od kterých se již pořízení tiskárny pro zařízení vyplatí. Výstupem by mohlo být také maximální finanční ohodnocení za práci na výrobě pomůcky, aby měla finanční přínos pro pacienta a byla pro něj cenově dostupná.

4.4.6. Technické schopnosti terapeutů a možná řešení

Technická zdatnost ergoterapeutů je nezodpověditelnou otázkou bez podrobného výzkumu jejich schopností a vyzkoušení v praxi. Se zvyšováním využívání technologií v běžném životě, souhlasí autor s názorem Ostrander a Whaley (2017) se zaučováním 3D tisku v rámci studia. Pokud by se student v rámci studia naučil 3D modelování v jednoduchých programech, časová dotace výroby pomůcek by v klinické praxi byla mnohem nižší. Zároveň by ergoterapeut v jejich výrobě byl nezávislou osobou. Možnost využití spolupráce s odborníkem by mohla být využita jednou za čas u složitějších předmětů.

Naopak Wagner et al. (2018) po krátkém neúspěchu ergoterapeutů v procesu 3D modelování volil spolupráci dalšími odborníky, která může mít jiné klady. Dle hesla „sharing is caring“ (sdílení je péčí) (Buehler et al., 2015) by mohlo být přínosem zaměření ergoterapeuta, či skupiny odborníků analyzující obecné potřeby různých pacientů, vytvoření a sdílení množství univerzálních 3D modelů skrze funkční portály poskytující modely ergoterapeutům (zdarma či placené). Ti by následně vybrali objekt nejbližší potřebám pacienta a provedli jednoduché úpravy a následně vytiskly. Pokud by tvůrci měli alespoň částečné zajištěné zaplacení jejich práce, i placené modely by mohli být ve výsledku levnější a více individuálně zaměřené, než nabízí otevřený trh.

4.4.7. Bezpečnost z hlediska hygieny

Stříteský (2019) řeší pouze mechanickou odolnost, odolnost teple a úpravu finálního produktu, on ani jiný autor bohužel hledisko hygieny neřeší. Z důvodu možnosti množení bakterií mezi tiskovými vrstvami či úmyslnými protiskluzovými prvky, by mohlo být řešením stanovení vhodné doby pro užívání. Tuto dobu by bylo možné prodloužit využitím jiného materiálu (ABS), nebo přelakováním bezbarvým lakem. Tím by došlo ke zjednodušení údržby, pomůcka by však mohla v dlani klouzat. Jelikož otázka hygieny není dořešená, není vhodné vyrábět pomůcky, jejichž část by se vkládala do úst. Řešení je potenciálem budoucnosti. Zásadní je, aby pacient dodržoval podmínky proti poškození, pomůcku před využitím kontroloval, a v případě poškození ji nevyužíval.

4.5. Zhodnocení práce

Studium literatury i praktická část poskytla množství nových informací o využití nové technologie k výrobě kompenzačních pomůcek a o konkrétním postupu. Propagace 3D technologie byla podpořena odesláním abstraktu práce na Studentskou vědeckou konferenci (viz příloha č. 6). Praktická zkušenost potvrdila poznatky literatury (Stříteský, 2019; Ostrander, Whaley, 2017), že kvalita a variabilita pomůcky odkazuje nejen na terapeutické schopnosti, ale také velkou dávkou na schopnost zpracování nápadu do 3D modelu, volby materiálu, typu tiskárny, nastavením parametrů pro tisk a porozumění práci tiskárny. Ačkoliv práce obsahuje množství chyb vzniklých nízkou zkušeností s celým procesem, ukazuje, že stojí za to se 3D technologii postupně učit.

5. Závěr

3D tisk poskytuje neocenitelnou podporu lékařům, ergoterapeutům, dalším zdravotnickým pracovníkům a pacientům. V medicíně je revoluční technologií pro vizualizaci a je využívána i v České republice. 3D tisk v ergoterapii je obrovským potenciálem k výrobě protéz, dlah a dalších asistivních technologií. Pomůcky pomocí 3D tisku může terapeut vytvořit absolvováním celého procesu, modifikací vytvořených 3D modelů, či spoluprací s odborníky. Úprava dle požadavků, které nabízí 3D tisk, šetří čas a má velký význam k získání soběstačnosti v ADL. Zlepšení funkce a soběstačnosti pak ovlivňuje kvalitu života pacienta.

Pěti pacientům po získaném poškození mozku byla vyrobena pomůcka na míru pomocí 3D tiskárny. Čtyřem pacientům umožnila zapojení paretické HK do personální aktivity ADL. Jedna pomůcka musela být modifikována a jedna byla pro pacienta nevhodná. Následná podpora a adekvátní úpravy pomůcek jsou vysokým potenciálem dalšího zvýšení rozsahu výkonu, zlepšení hybnosti a směřování k maximálnímu využití paretické HK.

Bakalářská práce představila inovativní technologii, která je výhodná pro využití v medicíně a má velký potenciál pro využití v ergoterapii. Popsala proces technologie a prakticky představila postup na vyrobených pomůckách. Dokázán byl také přínos pomůcky pro zlepšení soběstačnosti pacientů. Poukazuje, že ačkoliv je ze začátku těžké do některých částí procesu proniknout, je reálné jim porozumět a využít 3D tisk v běžné praxi.

Hlavní cíle realizace pomůcek pro pacienty na míru a zapojení paretické horní končetiny do činnosti ADL byly splněny. U vytváření 3D modelu byla potřeba větší podpora odborníka. Zhodnocení finanční a technické náročnosti nebylo přímo zodpovězeno, podklady a možná řešení však byly rozpracovány v části diskuze.

Autor doporučuje nespoléhat na konvenční technologie, hledat nová řešení a snažit se podpořit pacienty v maximální soběstačnosti od počátků jejich omezení. V začátcích s 3D technologií doporučuje konzultaci s jednotlivými odborníky. Začít tiskem stažených modelů, až poté volit jednoduché programy pro vytváření 3D modelů. Zvážit pořízení 3D tiskárny a zapůjčování mezi zařízeními. Pro zařazení do běžné praxe ergoterapie by bylo vhodné vytvořit více výzkumných prací a vyřešit otázky rentability, finančního pokrytí pracovníka, výdajů za materiál, finanční přínos technologie pro zařízení, technické možnosti terapeutů a bezpečnost z hlediska hygieny.

6. Seznam použité literatury

ABDULLAH K. A., REED W. *3D printing in medical imaging and healthcare services*. Journal of Medical Radiation Sciences, 2018. DOI: 10.1002/jmrs.292.

AIMAR A. et al. *The Role of 3D Printing in Medical Applications: A State of the Art*. Journal of Healthcare Engineering, 2019. DOI: 10.1155/2019/5340616.

AMBLER, Z. *Základy neurologie*. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-807-2627-073.

BAYEROVÁ, V. *Možnosti volnočasových aktivit u osob po získaném poškození mozku v produktivním věku v Praze* [online]. Praha, 2019 [cit. 15-2-2020]. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Klinika rehabilitačního lékařství. Vedoucí závěrečné práce Mgr. Kateřina Rybářová. Dostupné z: <https://tinyurl.com/r4kv4rd>.

BENDA R. *Ověření účinnosti skupinové práce s pacienty po získaném poškození mozku* [online]. Praha, 2017 [cit. 10-2-2020]. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Filozofická fakulta, Katedra psychologie. Vedoucí závěrečné práce: Doc. PhDr. Petr Kulišťák, Ph.D. Dostupné z: <https://tinyurl.com/rs3nh5n>.

Brain Injury Association of America [online]. BIAA ©2020 [cit. 15-2-2020]. Dostupné z: <https://www.biausa.org/>.

BUEHLER E. et al. *Sharing is Caring: Assistive Technology Designs on Thingiverse*. CHI '15: Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. Seoul, 2015. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702525>.

CENTRO RECUPERA. *Féruladinámica 3D*. In: *Centro Recupera* [online]. 29. 4. 2019 [cit. 20-3-2020]. Dostupné z: <https://centrorecupera.com/ferula-dinamica-3d>.

ČESKO. Zákon č. 48/1997 Sb. ze dne 7. března 1997 o veřejném zdravotním pojištění a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*, 1997.

DMA PRAHA s.r.o. *DMA kompenzační pomůcky*. Kunice: DMA Praha s.r.o., 2020.

ELMANSY, R., *Designing the 3D-Printed Prosthetic Hand*. Design Management Review, 2015. ISSN 1557-0614. DOI 10.1111/drev.10311.

FITZPATRICK, P. et al. *Design of a Patient Specific, 3D printed Arm Cast*. In: The International Conference on Design and Technology. KnE Engineering, 2017. <https://doi.org/10.18502/keg.v2i2.607>.

GANESAN B., AL-JUMAILY A., LUXIMON A.. *3D Printing Technology Applications in Occupational Therapy*. Physical Medicine and Rehabilitation - International, 2016. ISSN: 2471-0377.

HAHN J. 3D printers fabricate emergency valves for ventilators to keep coronavirus patients breathing. In: Dezeen [online]. 19. 3. 2020[cit. 7-4-2020]. Dostupné z: <https://tinyurl.com/rakyevn>.

CHALOUPKA, M. *Konstrukční návrh skořepinové ortopedické vložky zhotovené 3D tiskem* [online]. Brno, 2015[cit. 20-2-2020]. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí závěrečné práce doc. Ing. David Paloušek, Ph.D. Dostupné z: <https://tinyurl.com/t347rf9>.

JELÍNKOVÁ J., KRIVOŠÍKOVÁ M., ŠAJTAROVÁ L.. *Ergoterapie*. Praha: Portál, 2009. ISBN: 978-80-7367-583-7.

JULIANELLE M. Dad 3D Print Prosthetic Superhero Limbs for Kids. In: *The Dad* [online]. 31. 12. 2018 [cit. 28-3-2020]. Dostupné z: <https://www.thedad.com/dog-delivers-groceries/>.

KADAM M., PATIL O. *A Review: Applications of 3D Printing in Medical Field*. Sanjay Ghodaw at Group of Institutions, 2017.

KHANESAR M. A. *Medical Applications of 3D Printing*. Arch Biomed Eng & Biotechnol, 2019. DOI: 10.33552/ABEB.2019.02.000531. ISSN: 2687-8100.

KLUSOŇOVÁ, E. *Ergoterapie v praxi*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-535-8.

KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2012. ISBN 978-80-7262-657-1.

KOLOŠ P., KUCHARÍK M. Respirátory z 3D tiskáren jsou před dokončením, tisková data bude možné zaslat kamkoliv. In: *Český rozhlas plus* [online]. 18. 3. 2020 [cit. 23-3-2020]. Dostupné z: <https://plus.rozhlas.cz/respiratory-z-3d-tiskaren-jsou-pred-dokoncenim-tiskova-data-bude-mozne-zaslat-8165039>.

KRIVOŠÍKOVÁ, M. *Úvod do ergoterapie*. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-2699-1.

LEE K. H. et al. *Three-dimensional printed prosthesis demonstrates functional improvement in a patient with an amputated thumb: A technical note*. Prosthetics and Orthotics International, 2018. <https://doi.org/10.1177/0309364616679315>.

LIŠKOVÁK. et al. *Neurorehabilitace – jak se orientovat?*. Praha: Erudis o.p.s., 2014. Dostupné také z: <https://tinyurl.com/sr98tyo>.

MIRTAHERI P. et al. *3D printing in medical application: an educational design perspective*. 19th International Conference on Engineering and Product Design Education, 2017.

OSTRANDER A., WHALEY J. *Occupational Therapy Resource Guide for the Utilization of Three-Dimensional Printing*. Occupational Therapy Capstones, 2017.

OWEN J. Research Volunteers Needed! In: *Enabling the Future* [online]. 26. 2. 2020 [cit. 1-4-2020]. Dostupné z: <http://enablingthefuture.org/2020/02/26/research-volunteers-needed-2/>.

POWELL T. J. *Poškození mozku: praktický průvodce pro terapeuty, rodinné příslušníky a pacienty*. Praha: Portál, 2010. ISBN 978-80-7367-667-4.

PRŮŠA J. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. Praha: Prusa Research s.r.o. 2014. Dostupné také z: <https://www.prusa3d.cz/kniha-zaklady-3d-tisku-josefa-prusi/>.

PRŮŠA J. Od návrhu k hromadnému 3D tisku zdravotnických štítů během tří dnů. In: Josef Průša [online]. 19. 3. 2020 Průša [cit. 25-3-2020]. Dostupné z: <https://josefprusa.cz/od-navrhu-k-hromadnemu-3d-tisku-zdravotnickych-stitu-behem-tri-dnu/>.

SCHWARTZ J. K. et al. *Methodology and feasibility of a 3D printed assistive technology intervention*. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 2019. DOI 10.1080/17483107.2018.1539877

SKALICKÁ A, KUCHARÍK M. Digitální stomatologie využívá 3D tiskárny, budou součástí zubních ordinací. In: Český rozhlas plus [online]. 5. 11. 2019 [cit. 15-2-2020]. Dostupné z: <https://plus.rozhlas.cz/digitalni-stomatologie-vyuziva-3d-tiskarny-budou-soucasti-zubnich-ordinaci-8100492>.

SPARROW N. Software will enable clinicians to easily 3D-print wrist splints for arthritis sufferers. In: Plastics Today [online]. 10. 6. 2014 [cit. 20-3-2020]. Dostupné z: <https://www.plasticstoday.com/content/software-will-enable-clinicians-easily-3d-print-wrist-splints-arthritis-sufferers/60806761520827>.

SQUELCH A. *3D printing and medical imaging*. Journal of Medical Radiation Sciences, 2018. DOI: 10.1002/jmrs.300.

STRATASYS. *Surgical brochure*. USA: Stratasys, 2018.

STROKE ASSOCIATION. *Equipment for independent living and mobility*. Stroke Association, 2019.

STŘÍTESKÝ O. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. Praha: Prusa Research s.r.o., 2019. Dostupné také z: <https://www.prusa3d.cz/wp-content/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>.

SVĚT 3D TISKU. 3D skenery. In: Svět 3D tisku [online]. [cit. 1-4-2020]. Dostupné z: <https://eshop.svet-3d-tisku.cz/3d-skenery/>.

ŠLJIVIĆ M. et al. 3D Printing and 3D Bioprinting to Use for Medical Applications, 2019. DOI 10.7251/COMEN1901082S

ŠVESTKOVÁ O. et al. *Rehabilitace motoriky člověka*. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0084-2.

ŠVESTKOVÁ O., SVĚCENÁ K. et al. *Ergoterapie* [Skripta pro studenty bakalářského oboru Ergoterapie na 1. lékařské fakultě Univerzity Karlovy]. Praha: Univerzita Karlova Praha, 1. lékařská fakulta, 2013. ISBN 978-80-260-4100-9.

Thingiverse [online]. Thingiverse: ©2020 [cit. 10-3-2020]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/>.

Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR [online]. Praha: ÚZIS, 2017 [cit. 2-2-2020]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/index.php>.

VENTOLA, C. L. *Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses*. P & T: a peer-reviewed journal for formulary management, 2014.

WAGNER J. B. et al. *Three professions come together for an interdisciplinary approach to 3D printing: occupational therapy, biomedical engineering, and medical librarianship*. Journal of the Medical Library Association, 2018. DOI: [dx.doi.org/10.5195/jmla.2018.321](https://doi.org/10.5195/jmla.2018.321).

WHO. *Mezinárodní klasifikace funkčních schopností, disability a zdraví: MKF*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-1587-2.

WILLKOMM, T. *Assistive Technology Solutions in Minutes*. New Hampshire: ATECH Services, 2005.

WILLKOMM, T. *Solutions for Easier Living*. New Hampshire: ATECH Services, 2006.

ZUNIGA J. et al. *Cyborgbeast: a low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences*. BMC Research Notes, 2015. DOI 10.1186/s13104-015-0971-9.

1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy. *3D technologie ve výuce medicu*. Jednička: nejstarší a přece mladá. Časopis 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. Praha: 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, 2019, 4.

3D TISK ONLINE. Technologie 3D tisku – základní druhy tiskáren. In: *3D tisk online* [online] [cit. 28-3-2020]. Dostupné také z: <https://www.3dtisk-online.cz/3d-tisk-brno-technologie-3d-tisku/>.

3D TISKEM PROTI COVID-19 – LIBERECKÝ KRÁJ. In.: Facebook [online]. 30. 3. 2020 [cit. 5-4-2020]. Dostupné také z: <https://www.facebook.com/groups/507148396635952/>.

3D Print Exchange [online]. National Institutes of Health, 2020 [cit. 5-3-2020]. Dostupné z: <http://3dprint.nih.gov>.

7. Seznam tabulek

3.3.2.1. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu II.....	53
3.4.1. Pomůcka, úpravy, výsledek	56
3.4.2. Materiál, čas mimo přímý kontakt s pacientem, funkce	56
10.1.1. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu III	80
10.2.1. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu IV.....	87
10.3.1. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu V	94

8. Seznam obrázků

2.3.1.1.	Reklamní předmět firmy.....	10
2.3.1.2.	Figurky.....	10
2.3.1.3.	Výroba náhradního dílu.....	10
2.3.1.4.	Krabička na mýdlo.....	10
2.3.1.5.	Vizualizace tisku domu	10
2.3.2.1.	FDM tiskárna	12
2.3.2.2.	Pohyby tiskové hlavy a podložky	12
2.3.2.3.	Tisková struna pro FDM tiskárnu	12
2.3.2.4.	SLA technologie.....	12
2.3.2.5.	SLS technologie	12
2.3.3.1.	Shrnutí procesu.....	15
2.4.1.1.	Příklady využití 3D tisku a 3D bioprinting.....	17
2.4.2.1.	Tisk modelu lebky	18
2.4.2.2.	Model srdce pro výuku.....	18
2.4.2.3.	Model zubů.....	18
2.4.3.1.	Proces bioprintingu ledviny.....	19
2.4.4.1.	Model pro plánování neurochirurgické operace.....	20
2.4.4.2.	Model pro plánování neurochirurgické operace II.....	20
2.4.4.3.	Dívka s modelem srdeční anomálie.....	20
2.4.5.1.	Ortopedická vložka.....	21
2.4.5.2.	Pohled z boku.....	21
2.4.6.1.	Ortodontický model.....	21
2.4.6.2.	Zubní protézy.....	21
2.4.6.3.	Akrylátové dlahy čelistní operace.....	22
2.4.6.4.	Model čelisti.....	22
2.4.7.1.	Výroba ochranných štítů.....	22
2.4.7.2.	Ochranný štít.....	22
2.4.7.3.	Respirátor z 3D tiskárny.....	22
2.4.7.4.	Ventily pro plicní ventilátory	22
2.5.2.1.	Dlaha.....	25
2.5.2.2.	Dlaha II.....	25
2.5.2.3.	Dynamická dlaha.....	25

2.5.2.4.	Dynamická dlaha II.....	25
2.5.2.5.	„Super hero limb“	26
2.5.2.6.	„Super hero limb“ II.....	26
2.5.2.7.	Protéza I.....	26
2.5.2.8.	Protéza II	26
2.5.2.9.	Úchop kostky bez protézy a s protézou.....	26
2.5.2.10.	Kompenzační pomůcky	27
3.3.1.1.	3D model v PrusaSlicer IA.....	40
3.3.1.2.	Zadání ceny za 1kg filamentu, pro výpočet ceny IA.....	41
3.3.1.3.	Model po slicování IA.....	41
3.3.1.4.	Kontrola jednotlivých vrstev IA.....	42
3.3.1.5.	Export a uložení G-code IA.....	42
3.3.1.6.	Vytištěná KP s provizorním ukotvením vidličky IA	44
3.3.1.7.	Úchop pomůcky.....	44
3.3.1.8.	Manipulace s pomůckou a. IA.....	44
3.3.1.9.	Prototyp zahnuté vidličky IA.....	44
3.3.1.10.	Přiblížení k ústům IA.....	44
3.3.1.11.	Prototyp IB a č. 3.3.1.12. Přiblížení k ústům IB.....	45
3.3.1.13.	3D modelu v PrusaSlicer IB	46
3.3.1.14.	Model poslicování IB.....	46
3.3.1.15.	Kontrola jednotlivých vrstev IB.....	47
3.3.1.16.	Úchop pomůcky IB.....	48
3.3.1.17.	Manipulace s pomůckou IB.....	48
3.3.2.1.	Hodnocení sebesycení pomocí modifikovaného příboru.....	51
3.3.2.2.	3D model pomůcky v PrusaSlicer II.....	52
3.3.2.3.	Struktura modelu po slicování II.....	52
3.3.2.4.	Manipulace s finální pomůckou II	54
3.4.1.	Pomůcka pro pacientku č. 1	57
3.4.2.	Pomůcka pro pacientku č. 1 II	57
3.4.3.	Pomůcka pro pacienta č. 2.....	57
3.4.4.	Pomůcka pro pacienta č. 3.....	57
3.4.5.	Pomůcka pro pacienta č. 4.....	57
3.4.6.	Pomůcka pro pacienta č. 5.....	57

10.1.1.	3D model pomůcky v PrusaSlicer III	79
10.1.2.	Struktura modelu po slicování – poslední otevřená vrstva III.....	79
10.1.3.	Manipulace s finální pomůckou III	81
10.2.1.	Prototyp pomůcky pro pití IV	84
10.2.2.	Prototyp pomůcky pro pití detail IV.....	85
10.2.3.	3D model pomůcky IV.....	85
10.2.4.	Uložení na podložku IV	86
10.2.5.	Struktura modelu po procesu slicování včetně podpěr IV.....	86
10.2.6.	Finální pomůcka IV.....	87
10.2.7.	Pomoc druhé končetiny s úchopem IV	88
10.2.8.	Manipulace s finální pomůckou IV.....	88
10.3.1.	Prototyp pomůcky pro sebesycení V	92
10.3.2.	Přiblížení k ústům V.....	93
10.3.3.	3D model pomůcky V.....	93
10.3.4.	Struktura modelu po procesu slicování V	94
10.3.5.	Vytištěná pomůcka s krytem.....	95
10.3.6.	Umístění krytu	95
10.7.1.	Vyhledání předmětu na webovém portále.....	99
10.7.2.	Zobrazení předmětu.....	99
10.7.3.	Stažení předmětu ve formátu STL	99
10.7.4.	3D model zapínače v PrusaSlicer.....	100
10.7.5.	Zapínač po slicování.....	100
10.7.6.	Vložení SD karty do 3D tiskárny.....	101
10.7.7.	Nastavení teploty podložky a trysky pro tisk PLA	101
10.7.8.	Zavést filament	101
10.7.9.	Zavedení filamentu.....	102
10.7.10.	Spuštění tisku z SD karty.....	102
10.7.11.	Volba předmětu.....	102
10.7.12.	Nahřívání trysky a podložky.....	103
10.7.13.	Kontrola první tiskové vrstvy.....	103
10.7.14.	Vytištěný zapínač knoflíků.....	103
10.8.1.	Madlo na kelímek I	104
10.8.2.	Madlo na kelímek II.....	104

10.8.3.	Madlo na kelímek III.....	104
10.8.4.	Dlaha na palec.....	104
10.8.5.	Madlo na kartáček	104

9. Seznam příloh

10.1.	Příloha č. 1 – Kazuistika č. 3.....	77
10.2.	Příloha č. 2 – Kazuistika č. 4.....	82
10.3.	Příloha č. 3 – Kazuistika č. 5.....	90
10.4.	Příloha č. 4. – Informovaný souhlas pacienta (vzor)	96
10.5.	Příloha č. 5 – Instrukce pacienta	97
10.6.	Příloha č. 6 – Odeslaný abstrakt na Studentskou vědeckou konferenci.....	98
10.7.	Příloha č. 7 – Výroba zapínače knoflíků z Thingiverse.com	99
10.8.	Příloha č. 8 – Další tištěné předměty	104

10. Přílohy

10.1. Příloha č. 1 – Kazuistika č. 3

Shrnutí vyšetření

Anamnéza

53-letý pacient po ischemické cévní mozkové příhodě v povodí ACM I. dx. 3. 6. 2019.

Původem Rus, žije s manželkou v České Republice. Užívá léky pouze v souvislosti s cévní mozkovou příhodou a neuvádí žádné alergie. Předchozí rehabilitace probíhala se zaměřením na chůzi. Pracuje jako podnikatel (práce na počítači) – pracoval i v rámci pobytu na Lůžkách včasné rehabilitace VFN. Většinu dne pracoval v domácím prostředí, pouze vozil manželku do práce a dceru do školy. Ve volném čase rád cestoval, chodil na procházky se psem, chodil do kina a trávil čas s dcerou.

Mobilita, vyšetření horních končetin

Mobilní, chůze je lehce nestabilní, proto používá trekové hole. Chůzi po schodech zvládá pouze s výraznou fyzickou dopomocí. Dominantní PHK je bez omezení ve všech oblastech vyšetření a pacient je schopen grafomotoriky. LHK je limitována především ataxií a intenčním tremorem. U vyšetření taxy byla přítomna hypometrie při vyšetření diadochokineze docházelo mírnému opoždění LHK. Pasivní, aktivní i funkční pohyby jsou bez omezení, provedení limituje tremor. V porovnání s PHK byla přítomna mírně snížená svalová síla proximálně i distálně. Normostézie všech kvalit cití.

Vyšetření úchopů

Provede všechny fáze i typy úchopů – pacient je limitován sníženou svalovou silou v sevření a držení úzkých předmětů, při přiblížení i oddálení přítomen významný intenční tremor. Neprovede přiblížení palce a malíčku.

Kognitivní a psychosociální funkce

Kognitivní ani psychosociální funkce neovlivňují spolupráci s pacientem (instruktáž, práci s pomůckou). Limitující pro spolupráci je snížená schopnost porozumění z důvodu jazykové bariéry, ale základním pokynům rozumí. Pacient je motivovaný pro terapii.

Hodnocení soběstačnosti

Dle Indexu Barthelové – na hranici lehkého stupně závislosti a nezávislosti v základních všedních denních činnostech. Pacient aktivně zapojuje LHK do činností. Problémovou oblastí je osobní hygiena, kterou provádí s dopomocí. Nezvádne si ostříhat nehty a holení nezkoušel. Osprchuje se samostatně, ale využívá madlo. Pacient je soběstačný též v poloze sebesycení, kde ho však při práci LHK limituje tremor. Položka oblékání mu trvá delší dobu. Většinu

položek instrumentálních ADL nelze hodnotit, jelikož pacient po příhodě nebyl v domácím prostředí. Využívá platební kartu a účty spravuje samostatně především prostřednictvím internetového bankovníctví. Drobný problém je znatelný při manipulaci s mincemi. Telefon je schopný využívat bez problémů, při psaní na počítači ho limituje tremor a snížená obratnost.

Stanovení cílů a plánů ergoterapie

cíle pacienta: Zlepšit chůzi po rovině a hlavně schody, také snížit třes při aktivitách.

krátkodobý cíl:

Sebesycení se zatíženou vidličkou bez nežádoucích pohybů a tremoru. Předpokládaný termín dosažení schopnosti 3 týdny od počátku práce s pomůckou.

krátkodobý plán:

Určení mezních poloh rozsahu pohybu pro KP. Zisk potřebných parametrů a tvaru pro dostatečnou zátěž. Porovnání s dostupnými modely databáze vlastní nebo dostupné na webovém úložišti. Příprava 3D modelu dle potřebných parametrů. Výroba KP pomocí 3D tiskárny. Testování KP pacientem a vyhodnocení funkčnosti KP. Úprava KP – pokud bude nutná. Návuk sebesycení s KP. Instruktaž ohledně údržby KP a bezpečnosti. Hodnocení dosažených výsledků. Během celého procesu bude probíhat terapie se zaměřením na návuk taxe a eliminaci tremoru paretické horní končetiny z důvodu přípravy pro testování a aplikaci KP.

cíl KP:

Pacientovi bude vytvořena do dvou týdnů vidlička s rozšířeným madlem a naplněná pískem pro eliminaci ataxie při sebesycení (více viz krátkodobý cíl).

Proces výroby

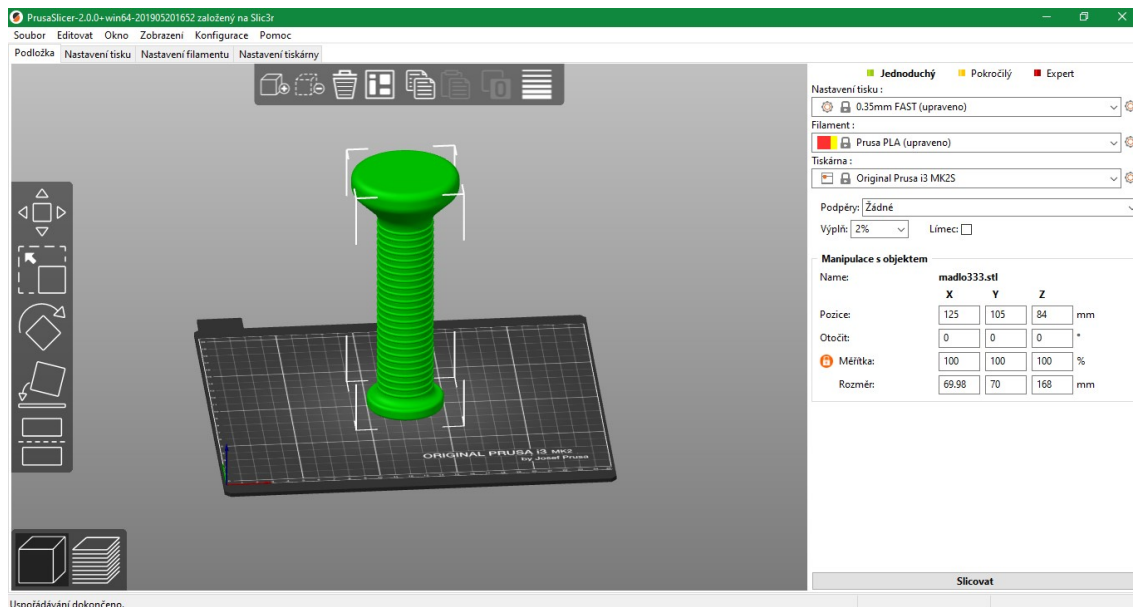
Rozvaha a návrh konkrétní KP

Na základě podrobnějšího testování úchopů (resp. fáze držení) různě tenkých předmětů a zisku potřebných parametrů a tvaru pro dostatečnou zátěž byl vytvořen 2D nákres pomůcky. Na konci u vidličky byla vytvořena rozšířená část proti ušpinění celého madla od jídla. Madlo bylo o průměru 70 mm a délky 168 mm. Na povrchu madla byly vytvořeny vroubky proti skluzu. Koncová část byla výrazně rozšířena pro zvětšení prostoru a tím zátěže. Další prodlužování madla by již komplikovalo manipulaci s vidličkou.

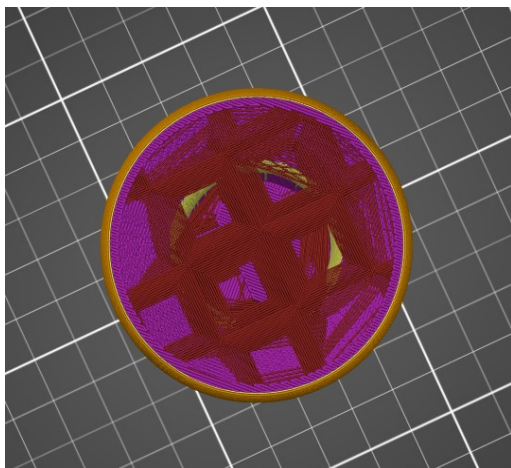
Výroba 3D modelu a příprava pro 3D tisk

Na základě vytvořeného 2D modelu byl vytvořen 3D model pomůcky (viz obr. 10.1.1.). Bylo využito opět nástroje rotace a modelu vidličky vytvořené již u první kazuistiky. Čas pro vytváření modelu je uveden v tabulce 10.1.1. K tisku byl využit stejný materiál jako u první kazuistiky, tedy PLA. Procentuální výplň pomůcky byla nastavena pouze na 2% z důvodu dostatečného prostoru pro písek k vytvoření vhodné zátěže pomůcky. Ojedinelé u této pomůcky bylo zastavení tisku v poslední otevřené vrstvě využívané běžně jako výměna barvy. Díky zastavení bylo možné do pomůcky vsypat písek a poté byl tisk dokončen plnými vrstvami k uzavření pomůcky. Podpěry zde opět nebyly nutné. Následoval proces slicování, kontrola jednotlivých vrstev (viz obr. 10.1.2.) a převedení do G-code.

Obr. 10.1.1. 3D model pomůcky v PrusaSlicer III (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.1.2. Struktura modelu po slicování –poslední otevřená vrstva III (zdroj: archiv autora)



Nastavení 3D tiskárny a tisk pomůcky

Nastavení 3D tiskárny probíhalo stejným způsobem a se stejnými daty, jako u kazuistiky první. Po zastavení tisku v poslední otevřené vrstvě byla pomůcka naplněna pískem. Jelikož zastavení bylo využito jako výměna barvy, bylo potřeba před pokračováním tisku znovu zavést filament. Poté se pomůcka uzavřela a tisk pomůcky byl dokončen. Výplň činila pouhé 2% a nebyly využity podpěry. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu jsou uvedeny v následující tabulce 10.1.1.

Tabulka 10.1.1. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu III

doba modelování	doba tisku	množství materiálu	cena materiálu
1,5 hod	3 hod 21 min	17,55 m 52,35 g	23,51 Kč

Testování vytištěné pomůcky s pacientem a finální úpravy

Po vytištění pomůcky bylo nutné obrousit drobné chyby tisku, aby nedošlo k poranění pacienta o pomůcku. Z důvodu potřeby širokého úchopu pro dostatečnou zátěž pomůcky, byl pacient schopen bez problémů pomůcku udržet. Díky zátěži byl schopen vést pohyb výrazně plynuleji, než bez pomůcky, modifikace tedy nebyla nutná. Následovaly finální úpravy a dokončení pomůcky: povrchové úpravy pomůcky (vyhlazení chyb tisku smirkovým papírem), upevnění vidličky v madlu pomocí lepidla, přiložení vytištěné zátky proti styku lepidla s potravinou a čas pro zaschnutí lepidla.

Nácvik manipulace s finální pomůckou

Nácvik manipulace s pomůckou byl zaměřen především na cílení, které neprobíhalo pouze od podložky k ústům (viz obr. 10.1.3.), ale také přemisťováním kousků terapeutické hmoty do misky v různých místech na stole i v prostoru. V rámci stupňování byly využity hmoty různých tuhostí. Po dvou terapiích nácviku sebesycení pacient pomůcku využíval na pokoji během jídel.

Obr. 10.1.3. Manipulace s finální pomůckou III (zdroj: archiv autora)



Instrukce pacienta

Pacient byl instruován o používání KP, o údržbě, odolnosti pomůcky a o bezpečnostních pokynech (více viz příloha č. 5). Zdůrazněna byla větší křehkost pomůcky kvůli nízké procentuální výplni a vyšší váze pomůcky.

Závěr kazuistiky

Pacienta limitovala ataxie a tremor při sebesycení, proto mu byla vytvořena pomůcka s rozšířeným madlem vyplněná pískem. Pacient byl díky pomůcce schopen se samostatně najíst bez nežádoucích pohybů a tremoru. Pomůcka pomohla také ke zvýšení svalové síly LHK. Díky opakovanému nácviku a zapojení do jídel byl v závěru pobytu pacient schopen se najíst s běžným příborem, kde ho třes funkčně neomezoval. Pomůcka byla ponechána v zařízení pro terapii dalších pacientů s ataxií a tremorem.

Shrnutí výroby pomůcky: cena materiálu 23,51 Kč, doba tisku 3 hodiny a 21 minut, časová investice terapeuta mimo přímý kontakt s pacientem (3D model, příprava tisku, finální úpravy) byla 2 hodiny.

10.2. Příloha č. 2 – Kazuistika č. 4

Shrnutí vyšetření

Anamnéza

89-letý pacient po ischemické cévní mozkové příhodě v povodí ACM I. sin. 13. 6. 2019.

Pracoval jako zámečník a údržbář, aktuálně ve starobním důchodu. Užívá léky pouze v souvislosti s cévní mozkovou příhodou a neuvádí žádné alergie. Rehabilitace ve Vinohradské nemocnici byla zaměřená především na mobilitu. Před příhodou byl plně soběstačný v personálních ADL a ve většině položek instrumentálních ADL. Bydlí s dcerou v domě se zahradou, ve volném čase rád pečoval o zahradu. Mezi terapiemi je pacient velmi aktivní – cvičí dle instrukcí, někdy usne vyčerpáním. Již před příhodou využíval sedačky na vanu. Vizus korigován brýlemi na blízko, přítomna hypakusis.

Mobilita, vyšetření horních končetin

Mobilní, chůze s jednou francouzskou holí – lehce nestabilní, absence souhybu PHK, schopen překročit malý schod, více schodů nezkoušel.

LHK mírné omezení ve všech segmentech aktivního i pasivního pohybu odpovídající věku pacienta, funkční rozsahy provede, taxe přesná, diadochokineze – pomalá alterace, funkční test ruky provede, normostézie všech kvalit cití.

PHK: paretická horní končetina bývala dominantní, přítomen otok v oblasti předloktí a akra, držení: mírná flexe loketního kloubu a výrazná flexe prstů do pěsti. Aktivní rozsahy kloubů mírné omezení ve všech segmentech, neprovede supinaci – pouze do středního postavení, zápěstí bez aktivní hybnosti, flexe prstů provede s velkým úsilím, nedojde k úplnému sevření dlaně. Pasivní pohyby s mírným nebo žádným omezením. Většinu funkčních rozsahů provede pouze částečně, v plném rozsahu provede pohyb k ústům a na protilehlé rameno. Oslabená svalová síla proximálně i distálně ve srovnání s LHK – vážne především rozevření dlaně a prstů. Taxe přesná, diadochokineze – velmi pomalé alterace, pouze do středního postavení (neprovede do supinace), nedochází k významnému opoždění oproti LHK. Schopen se podepsat, problém odlišnosti podpisu s předáním peněz na poště). Hypestézie taktilního cití především v oblasti předloktí a akra, polohocit a pohybovit nepřesný.

Vyšetření úchopů

Výrazně vážnou fáze rozevření a uvolnění (svalová kokontrakce, problém s relaxací flexorů prstů a podíl spasticity). Kulový typ úchopu provede (LHK navede PHK, rozevření tlakem o míček), válcový – oslaben (úzký neprovede, široký provede), precizní úchopy neprovede.

Kognitivní a psychosociální funkce

Instrukce a terapie je třeba přizpůsobit zpomalenému psychomotorickému tempu a mírnému narušení krátkodobé paměti. Přítomna lehká dysartrie, čtení s občasnou záměnou písmen, problém s porozuměním čtenému, někdy zapomíná obsah textu. Pokles pozornosti v průběhu terapie – výrazně ovlivněno únavou pacienta a problémy odpočívat. Vhodné používat jednoduché věty a ponechat dostatek prostoru pro pochopení a možnost otázek.

Hodnocení soběstačnosti

Dle indexu Barthelové lehký stupeň závislosti v personálních ADL. Oblékání dolní poloviny těla zvládne s mírnou fyzickou dopomocí, nezapne knoflíky a nezaváže tkaničky. Při sebesycení zapojuje pouze LHK, nutná dopomoc při krájení potravy a třeba zahušťovat tekutiny. Z osobní hygieny nezvládne si ostříhat nehty, při holení je nutná dopomoc druhé osoby. Přítomny občasné nehody úniku moče či stolice.

Většinu položek instrumentálních ADL nelze hodnotit, jelikož pacient po příhodě nebyl v domácím prostředí. Účty spravuje dcera, problémy přítomné při manipulaci s mincemi a vyzvedáváním peněz na poště z důvodu odlišnosti podpisu po příhodě. Využívá telefon k volání a psaní zpráv. Nakupování aktuálně limitováno chůzí na dlouhou vzdálenost, již před příhodou zajišťoval pouze malé nákupy, velké prováděla dcera.

Stanovení cílů a plánů ergoterapie

cíle pacienta: „rozhýbat ruku, uvolnění pravé ruky, naučit ji pracovat“

krátkodobý cíl:

Pacientovi bude vytvořena pomůcka pro pití (kelímek se speciálním válcovým madlem) se kterou bude schopen se do 3 týdnů napít pomocí PHK.

krátkodobý plán:

Určení mezních poloh rozsahu pohybu pro KP. Vytvoření prototypů KP. Porovnání fotografií s dostupnými modely databáze vlastní nebo dostupné na webovém úložišti. Příprava 3D modelu dle fotografií prototypu. Výroba KP pomocí 3D tiskárny. Testování KP pacientem a vyhodnocení funkčnosti KP. Úprava KP – pokud bude nutná. Návěv užívání KP. Instruktaž ohledně údržby KP a bezpečnosti. Hodnocení dosažených výsledků. Během celého procesu bude probíhat terapie se zaměřením na problematiku končetinu z důvodu přípravy pro testování a aplikaci KP.

cíl KP:

Zapojení PHK do činností (pacient aktuálně PHK zapojuje pouze při cvičení) zapojení nácviku rozevření dlaně a dopomoci LHK při pití.

Proces výroby

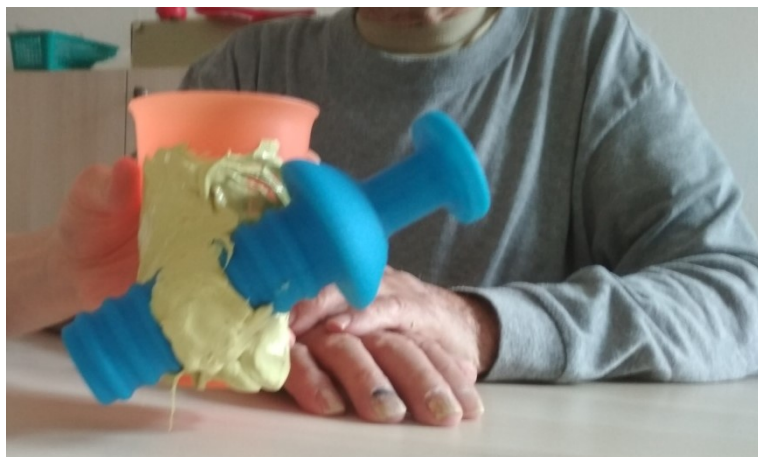
Rozvaha a návrh konkrétní KP

Byla vybrána velmi jednoduchá aktivita, kterou by pacient zvládl, běžně ji opakovaně prováděl několikrát denně a pro kterou by byl motivován v zapojení PHK. Byla vybrána činnost napítí se. K vytvoření prototypu byl využit kelímek, terapeutická hmota a již vytisknutých jiných pomůcek. Díky němu byla možnost vyzkoušet funkčnost potenciální pomůcky a nalézt vhodný úhel madla vůči kelímku a vhodnou šířku madla (viz obr. 10.2.1. a 10.2.2.). Madlo bylo od kelímku vzdáleno 32 mm, průměr madla byl 38 mm, a délka madla byla 110 mm. Objímka pro vložení kelímku měla průměr 80 mm. Z důvodu snížené obratnosti při pokládání předmětu byla zamýšlena odkládací podložka, do které by jednotlivé části pasovaly. Po konzultaci byla zvolena stabilizační podpora. Pacient si vybral červenou barvu pomůcky.

Obr. 10.2.1. Prototyp pomůcky pro pití IV (zdroj: archiv autora)



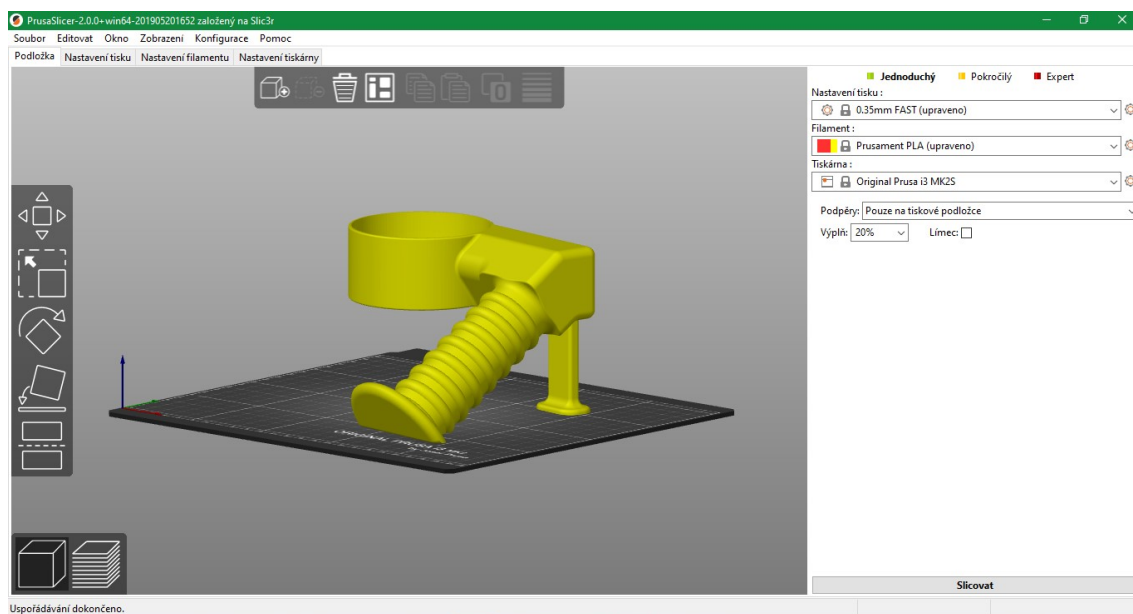
Obr. 10.2.2. Prototyp pomůcky pro pití detail IV (zdroj: archiv autora)



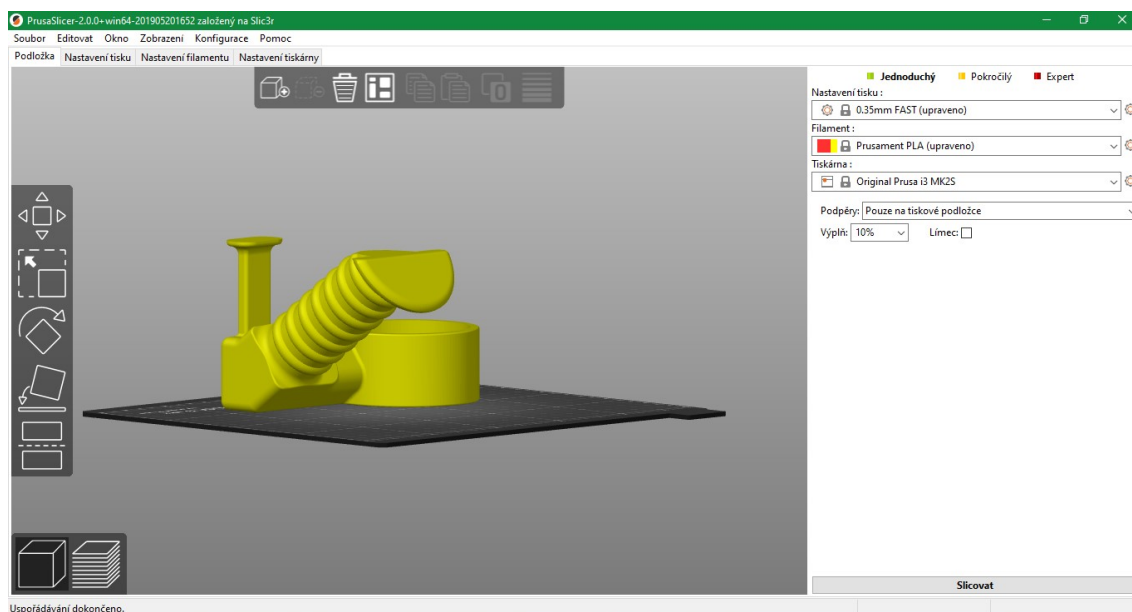
Výroba 3D modelu a příprava pro 3D tisk

Po zakoupení kelímku byla vytvořena pomůcka dle jeho parametrů. Po vytvoření 3D modelu madla a objímky následovalo vytvoření propojení mezi zmíněnými částmi a nakonec byla vytvořena stabilizační podpora (viz obr. 10.2.3. a 10.2.4.). Následovala kontrola řešení sestavením pomůcky a kelímku v 3D modelu. Čas pro vytváření modelu je uveden v tabulce 10.2.1. K tisku byl využit stejný materiál jako u první kazuistiky, tedy PLA. Výplň pomůcky činila 15% a byly využity nutné mohutné podpěry na podložce. Následoval proces slicování, kontrola jednotlivých vrstev (viz obr. 10.2.5.) a převedení do G-code.

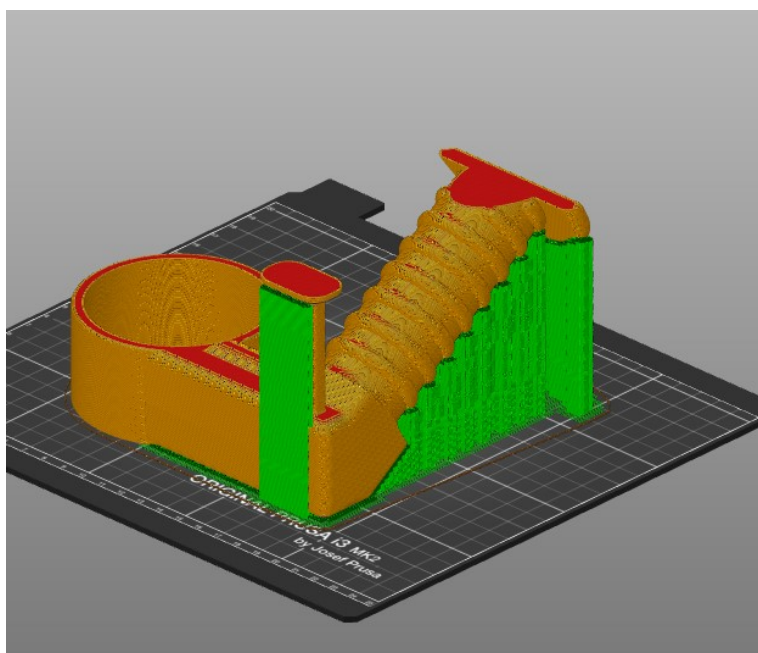
Obr. 10.2.3. 3D model pomůcky IV (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.2.4. Uložení na podložku IV (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.2.5. Struktura modelu po procesu slicování včetně podpěr IV (zdroj: archiv autora)



Nastavení 3D tiskárny a tisk pomůcky

Nastavení 3D tiskárny probíhalo stejným způsobem a se stejnými daty, jako u kazuistiky první. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu jsou uvedeny v následující tabulce 10.2.1. Tato pomůcka byla jediná, u které přesáhla cena elektřiny jednu korunu – cena elektřiny činila 1,96 Kč.

Tabulka 10.2.1. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu IV.

doba modelování	doba tisku	množství materiálu	cena materiálu	z toho množství a cena podpěr
2 hod	9 hod 31 min	50,39 m 150,28 g	67,47 Kč	52,8 g 23,7 Kč

Testování vytištěné pomůcky s pacientem a finální úpravy

Po vytištění pomůcky bylo nutné obrousit drobné chyby tisku, aby nedošlo k poranění pacienta o pomůcku. Poté byla hodnocena schopnost a kvalita úchopu (viz obr. 10.2.6.). Pacient si levou HK pomohl rozevření a sevření pomůcky PHK (viz obr. 10.2.7.). Poté byl schopen pomůcku udržet, přiblížit ji k ústům a napít se (viz obr. 10.2.8.). Při pokládání bránila rozlití stabilizační nožka. Poté levou HK pomohl uvolnění stisku pomůcky PHK. Vzhledem k funkčnímu využití a spokojenosti pacienta nebyly modifikace potřebné. Jelikož nebylo nutné pomůcku lepit, finální úpravy neprobíhaly.

Nácvik manipulace s finální pomůckou

Samotnému nácviku předcházely terapie se zaměřením na sevření předmětu a uvolnění prstů. Při nácviku pití bylo nutné korigovat patologické souhyby (elevace a abdukce ramene, lateroflexe trupu...). Souhyby nebylo možné korigovat při vytváření fotografií. K nácviku bylo nutné využívat zahuštěných tekutin pacienta k zabránění aspirace. Po dvou terapiích nácviku sebesycení pacient pomůcku využíval na pokoji během jídel. Pacient byl instruován o používání KP, o údržbě, odolnosti pomůcky a o bezpečnostních pokynech (více viz příloha č. 5).

Obr. 10.2.6. Finální pomůcka IV (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.2.7. Pomoc druhé končetiny s úchopem IV (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.2.8. Manipulace s finální pomůckou IV (zdroj: archiv autora)



Závěr kazuistiky

Ačkoliv byl pacient schopen se napít pomocí LHK, byla mu vytvořena pomůcka, aby se byl schopen napít pomocí PHK. Důvodem byla dominance PHK a zapojení paretické horní končetiny do jednoduché činnosti, která se mnohokrát za den opakuje. Pacient chtěl zapojovat PHK do činností, ale u většiny z nich to nebylo možné. Díky pomůcce častěji PHK zapojil a cvičil ji ve funkci. Následovalo opakované nacvičování rozevření a uvolnění předmětu, kde si dopomáhal LHK. Pacient měl pomůcku na pokoji a využíval ji, ale zlepšení pohybů nebylo výrazně znatelné. O pomůcku do domácího prostředí neměl zájem, chtěl ji ponechat v zařízení pro nácvik dalších pacientů. Z důvodu vyšší ceny oproti ostatním pomůckám zůstala autorovi k představení při obhajobě bakalářské práce.

Shrnutí výroby pomůcky: cena materiálu 67,47 Kč, doba tisku 9 hodin a 31 minut, časová investice terapeuta mimo přímý kontakt s pacientem (3D model, příprava tisku, finální úpravy) byla 2,5 hodiny.

10.3. Příloha č. 3 – Kazuistika č. 5

Shrnutí vyšetření

Anamnéza

43-letý pacient, Status epilepticus 9. 6. 2019 při sekundární posttraumatické epilepsii (kvadrupareza, přechodně okohybná porucha), stav po kraniotraumatu 6/2018.

Pracoval jako grafik, naposledy prodával nábytek. Užívá léky v souvislosti s epilepsií, hypertenzí a na žaludeční obtíže. Neuvádí žádné alergie. Předchozí rehabilitace probíhala na Neurologické klinice VFN, která byla zaměřena především na nácvik vertikalizace, chůzi a autoterapie spastické parézy. Režim dne není příliš pravidelný, ve volném čase rád čte, rybaří a další. Kompenzační pomůcky před onemocněním nepoužíval, aktuálně používá čtyřkolové chodítko a potřeboval by další pomůcky (například sedačku na vanu). Vizus i sluch v normě.

Mobilita, vyšetření horních končetin

Mobilní, vertikalizace do stoje samostatně – s oporou PHK o postel/stůl – váha převažuje na pravé dolní končetině (dále PDK), chůze se čtyřkolovým chodítkem a doprovodem – chůze nejistá, těžiště posunuto doprava, na levé dolní končetině (dále jen LDK) vážne dorsální flexe hlezenního kloubu – nutné připomínat zvedání špičky pro prevenci pádu, nezvládne chůzi po schodech.

PHK (dominantní): aktivní i pasivní pohyb v plném rozsahu, taxe přesná, funkční test ruky provede, normostézie všech kvalit cití.

LHK: otok v oblasti předloktí a akra, držení – ramenní kloub ve vnitřní rotaci, mírná flexe loketního kloubu, prsty v pěst (schopen uchopit chodítko a uvolnit ruku), bolestivost ramenního kloubu při pohybu, diadochokineze z důvodu poruchy hybnosti LHK nelze vyšetřit

Aktivní rozsahy: ramenní kloub – ventrální flexe do 1/2, extenzi neprovede, abdukce do 1/4, rotace neprovede; loketní kloub: flexe do 3/4 pohybu, extenzi provede v plném rozsahu, pronaci ani supinaci neprovede; zápěstí: dorsální flexe provede do 1/4 pohybu, plantární flexi neprovede, dukce pouze v rozsahu několika stupňů; prsty: neprovede přiblížení palce a IV. a V. prstu, ostatní rozsahy prstů bpn. Pasivní rozsahy: ramenní kloub: ventrální flexe do 1/2 – nelze pokračovat pro bolest, extenzi do 1/2, abdukce do horizontály (limitace zkrácením mm. pectorales), rotace do 1/2; loketní kloub: flexe plný rozsah, extenzi možná v plném rozsahu, pronace a supinace pouze několik stupňů; zápěstí: dorsální i plantární flexe v plném rozsah, dukce pouze v rozsahu několika stupňů; prsty: plný rozsah.

Výrazně snížená svalová síla ve všech segmentech, diadochokineze: pro hybnost LHK nelze vyšetřit. Funkční test ruky: přiblížení palce proti ostatním prstům – provede, palec-malíček a palec-prsteníček pouze do poloviny vzdálenosti.

Orientační vyšetření čítí: normostézie algického, termického čítí, diskriminačního i hlubokého čítí; hypestézie taktilního čítí symetricky bilaterálně, lokalizuje dobře

Vyšetření úchopů

Vážne fáze reachingu (pouze mírná protrakce ramenního kloubu), fázi rozevření neprovede (dopomoc PHK), sevření provede pouze částečně, uvolnění provede. Typy: kulový provede, válcový – úzký neprovede, široký provede, preciznější úchopy neprovede.

Kognitivní a psychosociální funkce

Kognitivní ani psychosociální funkce neovlivňují významně spolupráci s pacientem (instruktáž, práci s pomůckou). Instrukce a terapii je potřeba přizpůsobit významně zpomalenému psychomotorickému tempu.

Hodnocení soběstačnosti

Dle indexu Barthelové střední stupeň závislosti v základních všedních denních činnostech. Nezapne knoflíky, nezaváže tkaničky a neoblékne ponožky. U položky sebesycení je nutná malá fyzická dopomoc – nezvládne nakrájet potraviny, využívá pouze PHK. Nezvládne ostríhat nehty; holení a čištění uší nezkoušel. Nutná fyzická dopomoc u koupání a využívá kompenzační pomůcku. Potřeba fyzické dopomoci při přesunu na toaletu a očistě po toaletě.

Většinu položek instrumentálních ADL nelze hodnotit, jelikož pacient od poslední změny zdravotního stavu nebyl v domácím prostředí. Nesoběstačný v mobilitě – potřebuje doprovod druhé osoby z důvodu chůze a supervizi. Účty zatím nespravoval, problém s manipulací s mincemi. Využívá telefon PHK k psaní zpráv a telefonování.

Stanovení cílů a plánů ergoterapie

cíle pacienta: zlepšení soběstačnosti, větší zapojení LHK, zlepšení chůze

krátkodobý cíl: Pacient bude schopen do 3 týdnů pomocí vyrobeného modifikovaného madla vidličky zapojit LHK v pohybu k ústům a umístit do úst 5 soust.

krátkodobý plán: Získání mezních poloh rozsahu pohybu pro KP na základě vytvořeného prototypu z dostupných materiálů. Porovnání prototypu s dostupnými modely databáze vlastní nebo dostupné na webovém úložišti. Příprava 3D modelu dle fotografií prototypu. Výroba KP pomocí 3D tiskárny. Testování KP pacientem a vyhodnocení funkčnosti KP. Úprava KP – pokud bude nutná. Návuk užívání KP. Instruktáž ohledně údržby KP a bezpečnosti.

Hodnocení dosažených výsledků. Během celého procesu bude probíhat terapie se zaměřením na problematickou končetinu z důvodu přípravy pro testování a aplikaci KP.

cíl KP: Pacient zapojí LHK do pohybu vidličkou k ústům, do budoucna bude schopen se najíst zapojením obou HKK.

Proces výroby

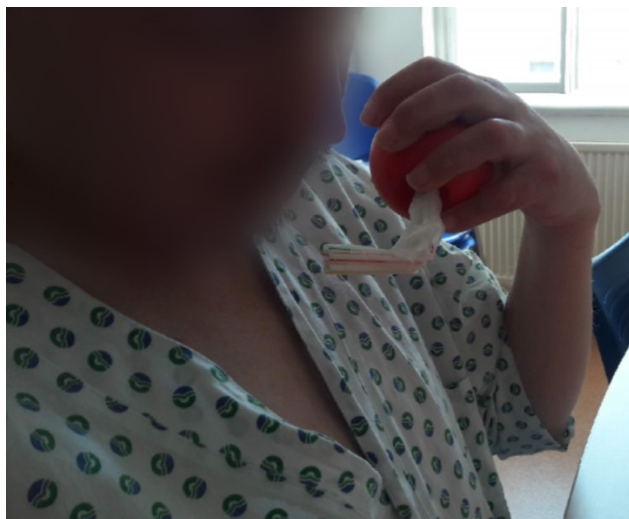
Rozvaha a návrh konkrétní KP

Na základě vyšetření soběstačnosti, hodnocení motoriky a úchopů byl vytvořen prototyp z dostupných materiálů. Prototyp se skládal z míčku a vícero brček simulující vidličku a možnosti ke zjištění vhodného úhlu (viz obr. 10.3.1. a 10.3.2.). Rozšířené madlo bylo zvoleno, jelikož pacient provedl fázi sevření pouze částečně a nebyl schopen uchopit běžný příbor. Vybrán byl kulový úchop, jelikož pacientovi dělал nejmenší potíže a ostatní typy pro něj nebyly funkční (především z hlediska výdrže a stupně únavy).

Obr. 10.3.1. Prototyp pomůcky pro sebesycení V (zdroj: archiv autora)



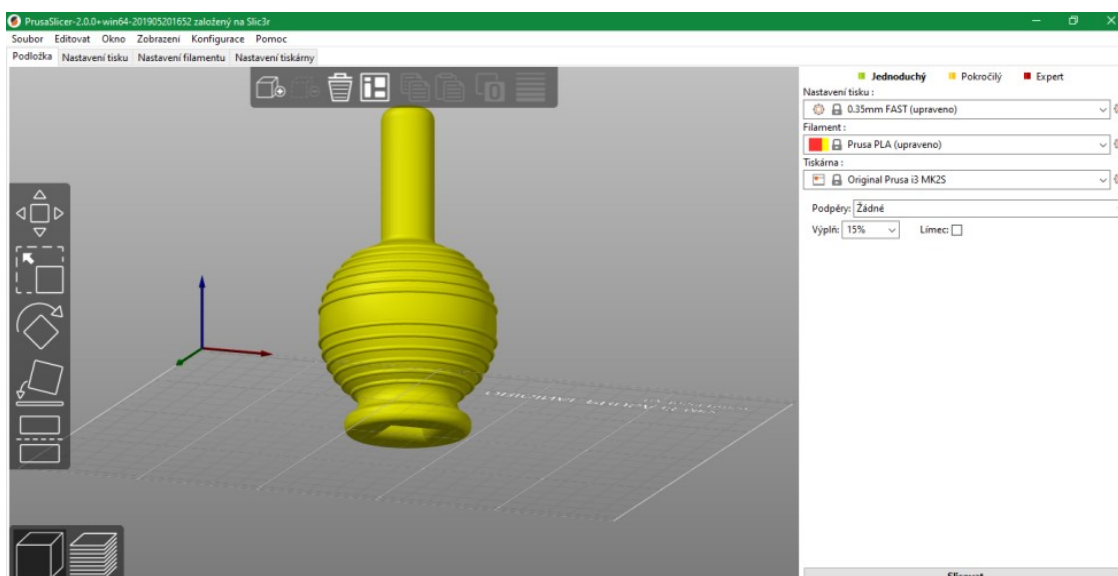
Obr. 10.3.2. Přiblížení k ústům V (zdroj: archiv autora)



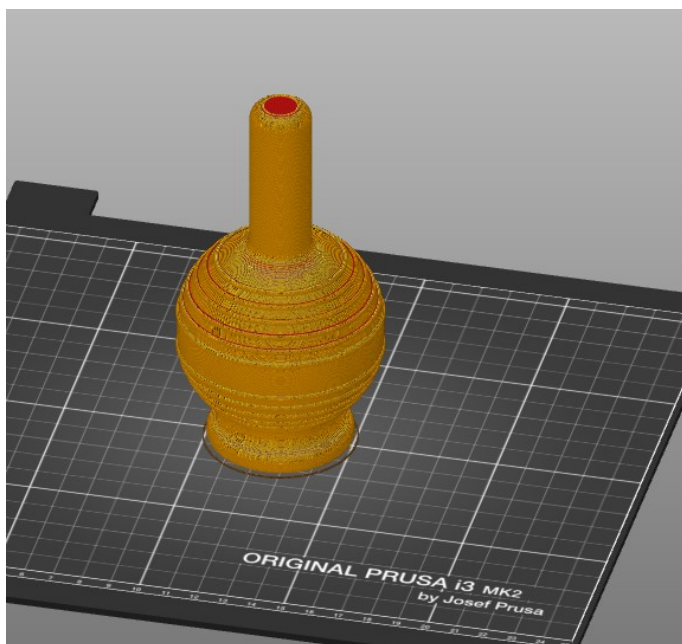
Výroba 3D modelu a příprava pro 3D tisk

Pomůcka byla velmi podobná, jako druhá pomůcka kazuistiky č. 1. 2D model byl vytvořen úpravou 2D modelu pomůcky z kazuistiky č. 1. Byly upraveny následující parametry: poloměr koule 70 mm, délka madla: 133 mm a průměr madla 21 mm. Následně byl vytvořen 3D model pomocí nástroje rotace. V dolní části byla vytvořena rozšířená část proti styku potravy se samotným madlem. Hned nad ní kulová část madla a v horní části úzká válcová část madla k dostatečnému připevnění vidličky a uschování kovu do pomůcky (viz obr. 10.3.3.). Čas pro vytváření modelu je uveden v tabulce 10.3.1. K tisku byl využit stejný materiál jako u první kazuistiky, tedy PLA. Výplň pomůcky činila 15% a podpěry nebyly nutné. Následoval proces slicování (viz obr. 10.3.4.), kontrola jednotlivých vrstev a převedení do G-code.

Obr. 10.3.3. 3D model pomůcky V (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.3.4. Struktura modelu po procesu slicování V (zdroj: archiv autora)



Nastavení 3D tiskárny a tisk pomůcky

Nastavení 3D tiskárny probíhalo stejným způsobem a se stejnými daty, jako u kazuistiky první. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiálu jsou uvedeny v následující tabulce 10.3.1.

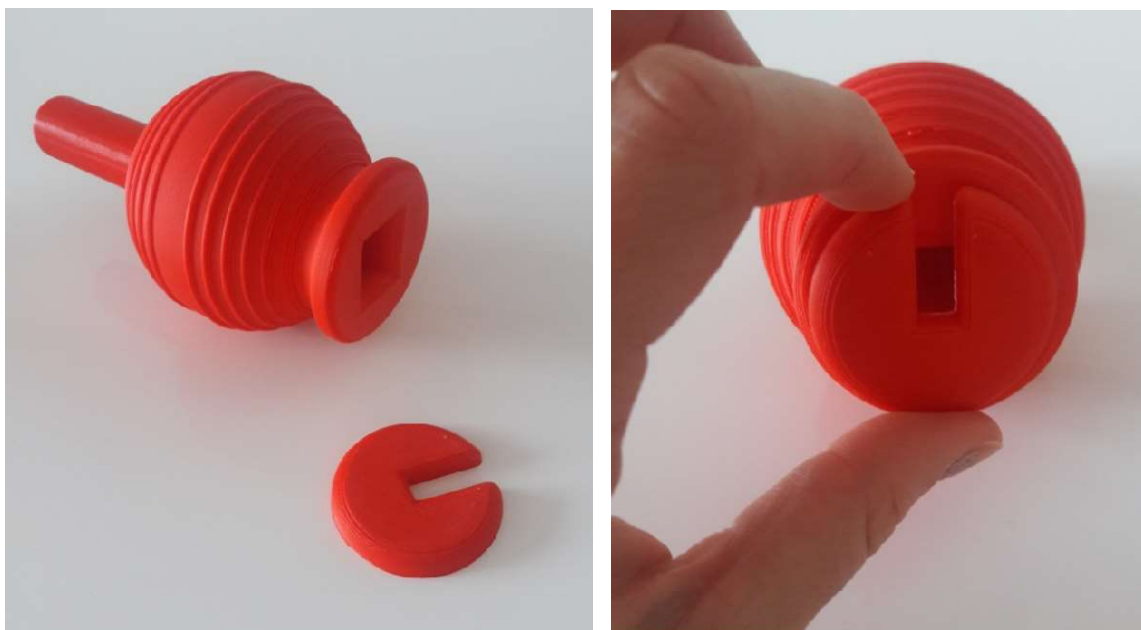
Tabulka 10.3.1. Zhodnocení doby modelování a tisku, množství a ceny materiáluV.

doba modelování	doba tisku	množství materiálu	cena materiálu
1,5 hod	3 hod 56 min	27,27 m 81,35 g	36,52 Kč

Testování vytištěné pomůcky s pacientem a finální úpravy

Po dokončení tisku proběhly drobné úpravy k zajištění bezpečnosti pacienta. V rámci testování pomůcky bylo zjištěno, že pacient vytištěnou pomůcku není schopen udržet a manipulovat s ní. Vytváření pomůcky pomocí 3D tiskárny u tohoto pacienta nebyla vhodnou formou výroby. Pacient využíval stisku měkkého míčku ve fázi držení prototypu a manipulaci s ním. Z těchto důvodů pomůcku vytvořenou pomocí 3D tisku nebyl schopen udržet ani funkčně zapojit. Modifikace pomůcky neprobíhala, jelikož by pro pacienta nebyla přínosná. Finální úpravy a další kroky postupu neproběhly z důvodu nevyhovující pomůcky. Pomůcka bude představena při obhajobě bakalářské práce (viz obr. 10.3.5. a 10.3.6.).

Obr. 10.3.5.Vytištěná pomůcka s krytem a obr. 10.3.6.Umístění krytu (zdroj:archiv autora)



Závěr kazuistiky

Pacientovi byla vybrána pomůcka pro sebesycení. Jednalo se o modifikované madlo – ve tvaru koule pro kulovitý úchop vidličky. Po vytištění bylo zjištěno, že pacient není schopen pomůcku uchopit a pracovat s ní. Důvodem bylo využití stisku měkkého míčku prototypu, na jehož základě byla pomůcka navržena. Zbylé kroky výroby neprobíhaly. Může se zdát, že časová i finanční investice byla zbytečná, madlo však bude představeno v rámci obhajoby bakalářské práce a následně ji může využít jiný pacient s obdobnými obtížemi. Další možností je využití modelu vytvořené pomůcky k modifikaci pro konkrétního pacienta.

Shrnutí výroby pomůcky: cena materiálu 36,52 Kč, doba tisku 3 hodiny a 56 minut, časová investice terapeuta mimo přímý kontakt s pacientem (3D model, příprava tisku, finální úpravy) byla 1,5 hodiny.

10.4. Příloha č. 4. – Informovaný souhlas pacienta (vzor)

Název bakalářské práce (dále jen BP): *Návrh a realizace kompenzačních pomůcek pro pacienty se získaným poškozením mozku pomocí 3D tiskárny*

Stručná anotace BP (shrnutí tématu a průběhu zpracování BP prezentované pacientovi):

Bakalářská práce se zaměřuje na výrobu pomůcek pomocí 3D tisku pro pacienty se získaným poškozením mozku. 3D tisk je jednou z možností jak pomůcky vyrábět levněji a tím pacientům ulehčit finanční situaci. Významnou výhodou je možnost úpravy přímo pacientovi na míru.

Pacient se zúčastní spoluprací při zpracování kazuistiky – zodpoví otázky na zdravotní stav, ohledně bydlení a podobně, také bude vyšetřena jeho hybnost. Hlavní oblastí otázek budou omezení soběstačnosti během běžných denních aktivit – například hygieny a sebesycení. Pacient poté spolupracuje se studentem při vymýšlení, na konkrétním zpracování pomůcky a na případných úpravách. Vyrobenu pomůcku poté vyzkouší a se studentem nacvičí její používání v běžném životě, přitom bude využita fotodokumentace. Všechny informace budou v bakalářské práci zpracovány anonymně, u fotografií bude zakryt obličej.

Jméno a příjmení pacienta:

Datum narození:

Kazuistika pacienta pod číslem:

1. Já, níže podepsaný/á souhlasím s účastí v BP, jejíž výsledky budou anonymně zpracovány formou kazuistiky. Je mi více než 18 let.
2. Byl/a jsem podrobně a srozumitelně informován/a o cíli BP a jejich postupech, průběhu zpracování, a formě mé spolupráce. Byl mi vysvětlen očekávaný přínos BP.
3. Porozuměl/a jsem tomu, že svou účast mohu kdykoliv přerušit či zcela zrušit, aniž by to jakkoliv ovlivnilo průběh mé další léčby. Moje účast v kazuistice BP je dobrovolná.
4. Kazuistika bude v BP uveřejněna přísně anonymně bez jakýchkoliv osobních údajů.
5. S účastí v kazuistice BP není spojeno poskytnutí žádné finanční ani jiné odměny.

Datum:

Podpis pacienta:

Podpis studenta:

10.5. Příloha č. 5 – Instrukce pacienta

Před předáním pomůcky byli všichni pacienti seznámeni s bezpečnostními pokyny, postupem při údržbě a další důležitými informacemi. Instrukce pro pozdější připomenutí byly předány i v psané podobě.

- kontrola pomůcky: nutná před každým použitím, pokud se Vám na pomůcce cokoliv nezdá, konzultujte to s odborníkem (př. ortotik-protetik, lékař, ergoterapeut) a raději ji nevyužívejte – hrubé části na pomůcce, uvolňující se lepidlo či jiná část pomůcky je důvodem přestat pomůcku užívat a poradit se s odborníkem.
- k umístování do úst a styku s potravinou slouží pouze kovová část
- údržba/hygiena: po každém použití pomůcku řádně umyjte houbičkou, teplou vodou a mycím prostředkem na nádobí
- odolnost teple: pomůcku není vhodné umístit do myčky, mikrovlnné trouby, trouby, na radiátor, či na jiný horký povrch
- mechanická odolnost: pomůcka není vhodná pro míchání pokrmů na plotně
- při umístění pomůcky do tašky dejte pozor, abyste se nezranili o kovovou část pomůcky

Pomůcka je určena výhradně pro sebesycení.

10.6. Příloha č. 6 – Odeslaný abstrakt na Studentskou vědeckou konferenci

Název: Návrh a realizace kompenzačních pomůcek pro pacienty se získaným poškozením mozku pomocí 3D tiskárny

Jména autorů: Klára Gazdová, Zuzana Rodová, Yvona Angerová

Název pracoviště: Klinika rehabilitačního lékařství, 1. LF UK a VFN v Praze

Úvod: Disabilita po získaném poškození mozku je významnou příčinou snížení soběstačnosti člověka, dochází k vyšší potřebě péče, což je zatěžující personálně i ekonomicky. Rehabilitace a kompenzační pomůcky dlouhodobě soběstačnost zvyšují, tím je možno odlehčit zdravotnictví, pacientovi i jeho okolí.

Novou možností pro výrobu kompenzačních pomůcek je 3D tisk. V souladu s trendem zahraničních pracovišť pracují s 3D tiskem také na šesti pracovištích 1. lékařské fakulty. V zahraničí se formuje trend využití 3D tisku také v rámci rehabilitace. Využití 3D tisku se objevuje v mnoha vědeckých člancích zahraničních autorů, vznikají případové studie a na webových stránkách prestižních pracovišť je možné získat vytvořené modely. 3D tisk je využíván k výrobě dlah (statických i dynamických) a k tisku pomůcek rozšiřujících úchopy všech běžně užívaných předmětů, umožňuje také levnou výrobu pomůcek pro terapii.

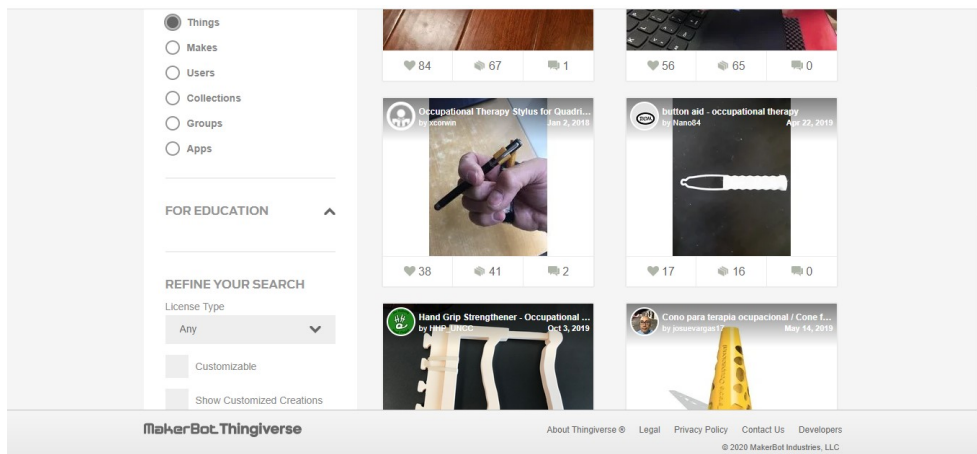
Metodika: Pěti pacientům se získaným poškozením mozku byla v rámci bakalářské práce vytvořena kompenzační pomůcka na míru a vytištěna pomocí 3D tisku. Pomůcky byly zaměřené na všední denní činnosti, které pacienti nebyly bez nich schopni provádět.

Závěr: Jedná se o velmi perspektivní technologii využitelnou v každodenní praxi většiny zdravotnických odborností. Mezi hlavní výhody 3D tisku patří jeho nízká cena, dostupnost, možnost vytvoření modelu přímo na míru pacientovi a postupné přizpůsobení pomůcky na základě vývoje schopností pacienta.

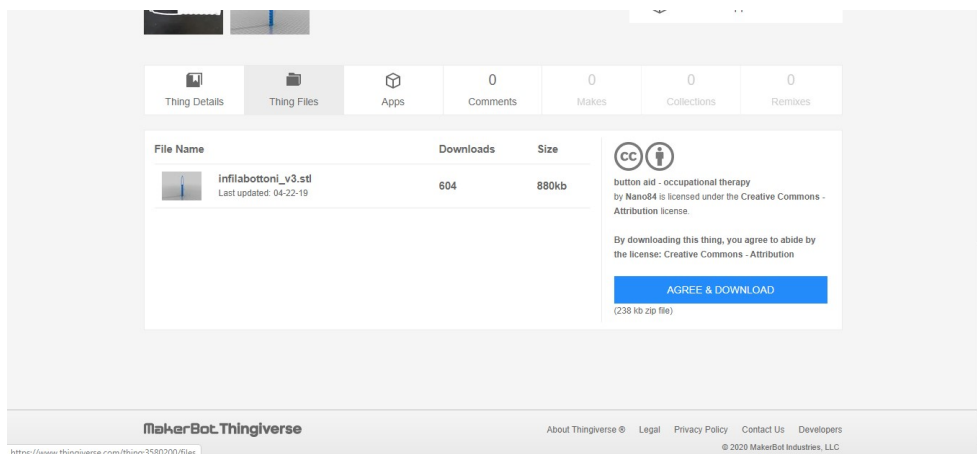
Klíčová slova: 3D tisk, kompenzační pomůcky, ergoterapie, získané poškození mozku

10.7. Příloha č. 7 – Výroba zapínače knoflíků z Thingiverse.com

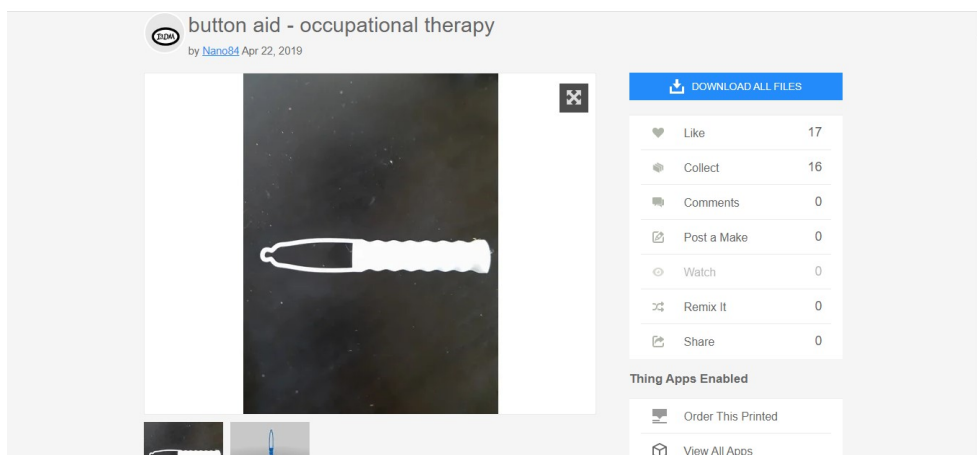
Obr. 10.7.1. Vyhledání předmětu na webovém portále (zdroj: Thingiverse, 2020)



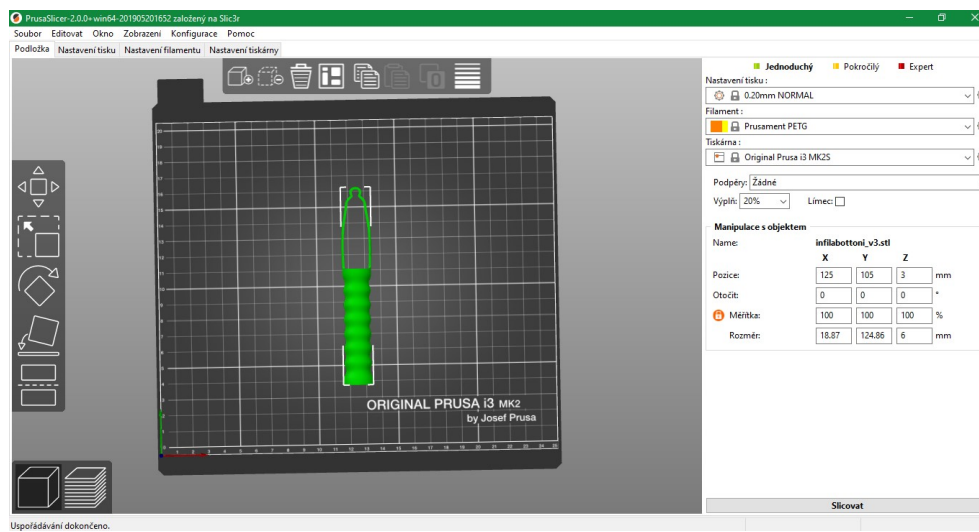
Obr. 10.7.2. Zobrazení předmětu (zdroj: Thingiverse, 2020)



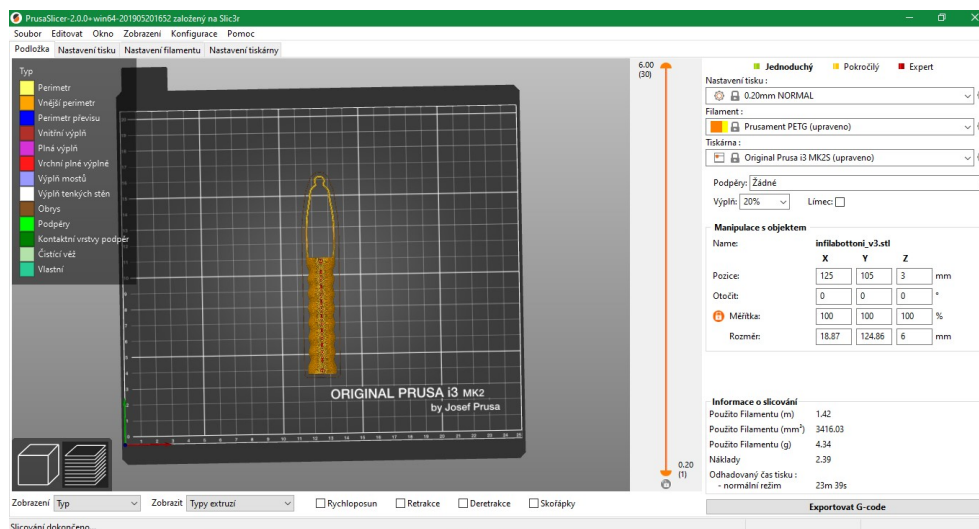
Obr. 10.7.3. Stažení předmětu ve formátu STL (zdroj: Thingiverse, 2020)



Obr. 10.7.4.3D model zapínače v PrusaSlicer (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.7.5. Zapínač po slicování (zdroj: archiv autora)



Po uložení G-code na SD kartu:

Obr. 10.7.6. Vložení SD karty do 3D tiskárny (zdroj: archiv autora)



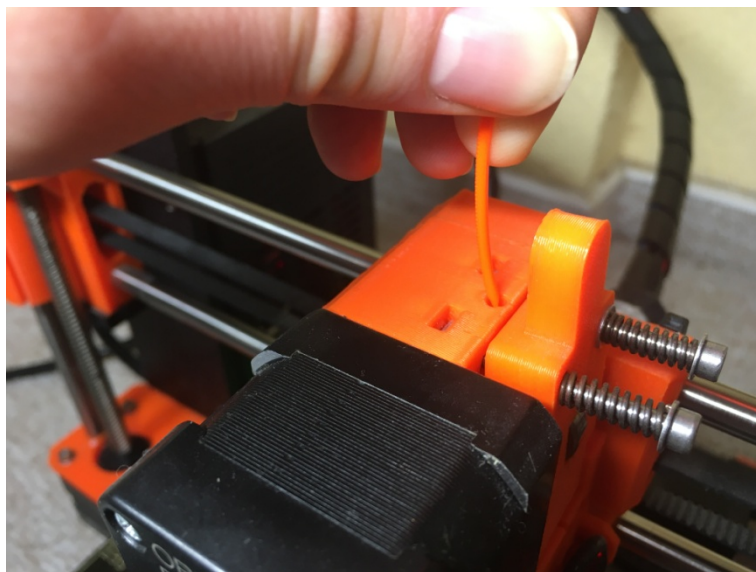
Obr. 10.7.7. Nastavení teploty podložky a trysky pro tisk PLA (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.7.8. Zavést filament (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.7.9. Zavedení filamentu (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.7.10. Spuštění tisku z SD karty (zdroj: archiv autora)



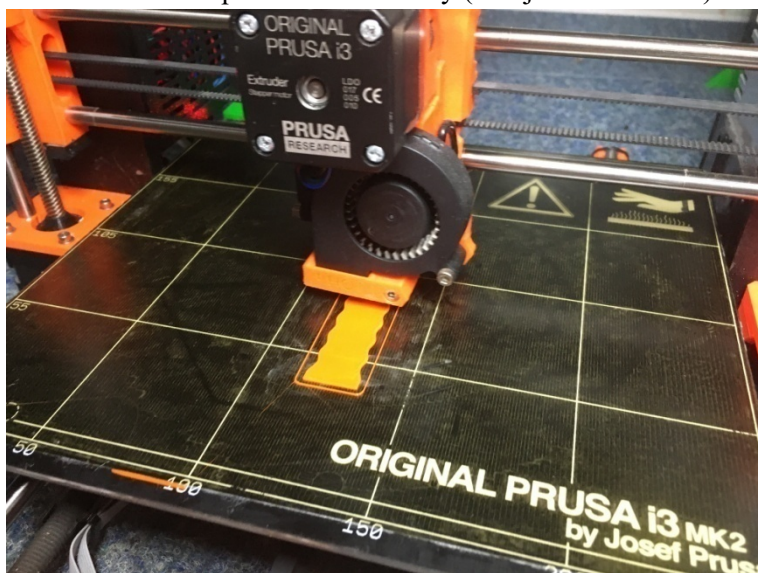
Obr. 10.7.11. Volba předmětu (zdroj: archiv autora)



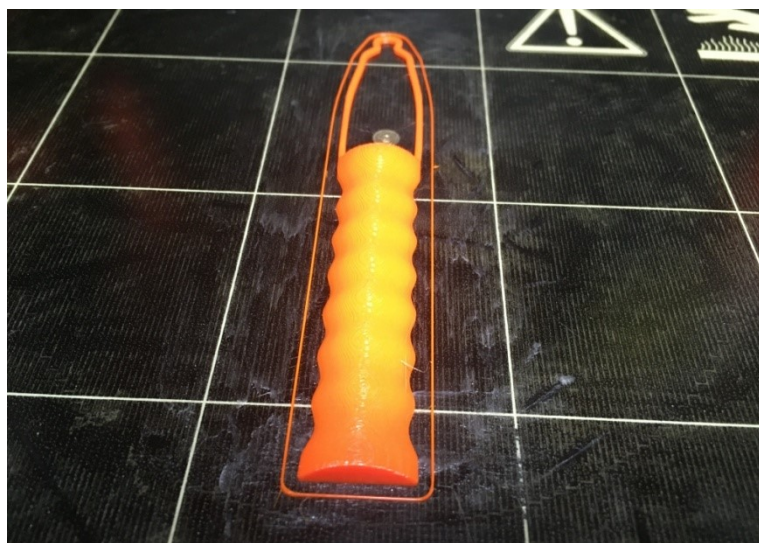
Obr. 10.7.12. Nahřívání trysky a podložky (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.7.13. Kontrola první tiskové vrstvy (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.7.14. Vytisknutý zapínač knoflíků (zdroj: archiv autora)

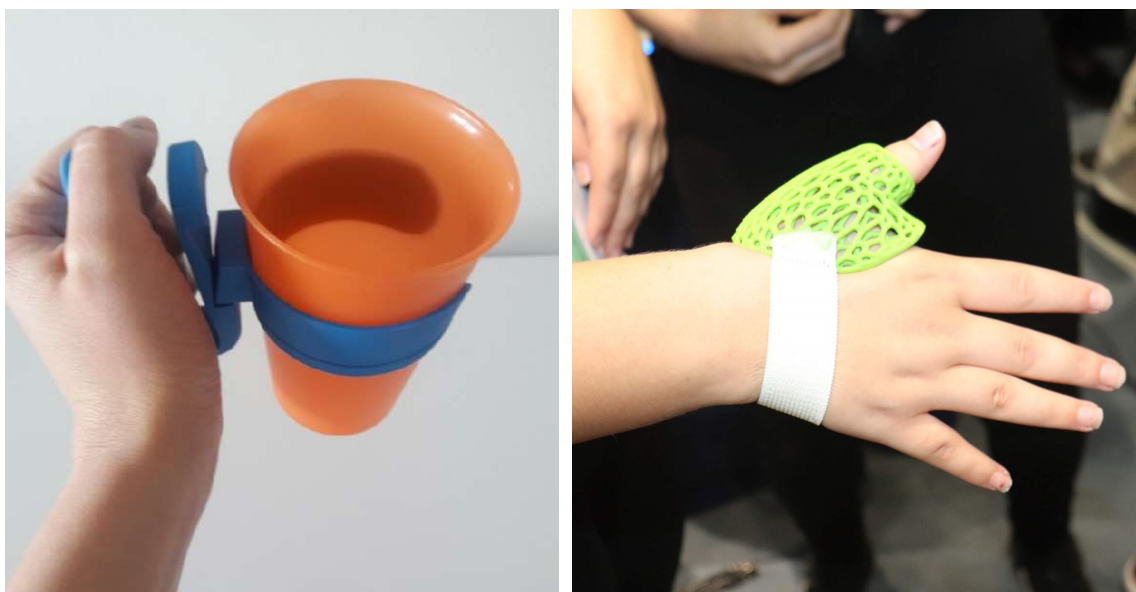


10.8. Příloha č. 8 – Další tištěné předměty

Obr. 10.8.1. Madlo na kelímek I a obr. 10.8.2. Madlo na kelímek II (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.8.3. Madlo na kelímek III a obr. 10.8.4. Dlahá na palec (zdroj: archiv autora)



Obr. 10.8.5. Madlo na kartáček (zdroj: archiv autora)

