



Orvosieszköz-tervezés a kézmozgás támogatására

Medical Device Design to Support Hand Movement

Egerszegi Boglárka Fanni

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Budapest, Magyarország
egerszegibogi@gmail.com

Abstract

After accidents, neurological disorders, and cerebrovascular diseases, patients must learn to perform their daily tasks with their new, changed life situation, in which they can be helped by various ergotherapy aids. In the course of my work, I aimed to develop an aid that not only tries to correct the errors of products found on the market, but also a multifunctional aid that serves several types of disability, and which can be worn by individuals with upper limb involvement and living with locomotor diseases/locomotor disorders/changes. An important aspect in the design of the aid was, among other things, that it can be used in any environment and during any activity and that it should be comfortable to wear.

Keywords: *special design, 3D modelling, product design, ergotherapy.*

Összefoglalás

A baleseteket, neurológiai rendellenességeket, cerebrovaszkuláris betegségeket követően a pácienseknek meg kell tanulniuk új, megváltozott élethelyzetükkel mindennapi feladataikat ellátni, melyben segítségükre lehetnek különböző ergoterápiás segédeszközök. Munkám során egy olyan segédeszköz fejlesztését tűztem ki célul, ami nem csupán a piacon fellelhető termékek hibáit igyekszik kijavítani, hanem egy olyan multifunkcionális, több típusú akadályozottságot kiszolgáló segédeszköz, amelyet a felső végtagot érintő, mozgásszervi betegséggel/mozgásszervi meg/elváltozással élő egyének bátran viselhetnek. A segédeszköz-tervezésben fontos szempont volt többek között, hogy bármilyen környezetben és tevékenység során használható, és hogy viselése kényelmes legyen.

Kulcsszavak: *speciális tervezés, 3D tervezés, terméktervezés, ergoterápia.*

1. Bevezetés

Egyes országokban az ergoterápia és az ergoterapeuta kifejezéseket használják a foglalkozási terápia és a foglalkozási terapeuta helyett. A szakma jelképének az élet hieroglif jelét (☞) választották az ókori egyiptomi írásból [1].

A reumás betegségek okozta kézműködési zavarokat az ergoterápia segédeszközökkel segíti kezelni. A kézre irányuló terápiás beavatkozások fő anatómiai területe a csukló- és ujjizületek, a feladat pedig e testrészek posztoperatív vagy konzervatív kezelése. Az ergoterápia célja az ízületek mozgásképességének fenntartása, az izmok erősítése, a torzulások korrekciója, a fájdalomcsillapítás vagy a gyulladáscsökkentő kezelés [2].

Magyarországon az ergoterápiáról szóló első közlemény közel 80 éve jelent meg [3], a legújabb pedig alig néhány hónappal ezelőtt [4]. Részletes ismertetést közöl Mogánné Tölgyesy Szilvia a szakterület hazai fejlődéséről [5], és kifejezetten a mozgásjavítási célból alkalmazott kezeléseket ismerteti tanulmányában, szerzőtársaival, Bartos Adél [6].

A szakma önálló, magyar nyelvű folyóirata, bő 30 éve, a *Rehabilitáció*.

2. Témaválasztás, a felhasználói kör meghatározása

Kutatásom témájának olyan orvosi segédeszköz tervezését választottam, mely elsősorban felső végtagi érintettségű mozgásszervi betegséggel

vagy neurológiai rendellenességgel élő személyek számára könnyíti meg mindennapi tevékenységüket. Célom, hogy az általam tervezett orvosi eszköz segítse a felhasználók életét a legegyszerűbb feladatok elvégzésétől a számukra legbonyolultabbnak bizonyulóig.

A felhasználói kör kiválasztásakor olyan, fokozottan korlátozott személyeket választottam, akik az alább felsorolt mozgásszervi rendellenességek valamelyikétől szenvednek:

- hemiplégia (féloldali bénulás),
- hemiparézis (ellenoldali testfél gyengesége),
- cerebrális parézis (agyi bénulás),
- reumatoid arthritisz (reumás ízületi gyulladás).

További célcsoportot képeznek az ún. időszakos felhasználók, akik valamilyen sérülés, trauma – például kéztörés – következtében szorulnak bizonyos segédeszközök igénybevételére.

A felhasználói kör meghatározásakor fontos szempont volt, hogy minél több csoportot érintsen a kiválasztás, hiszen a tervezési feladat fő célja egy komplex megoldást nyújtó eszköz megtervezése volt.

Az általam tervezett orvosi eszköz méreteinek meghatározásához nem volt elegendő az analógiák geometriai sajátosságainak vizsgálata. A PeopleSize katalógus vonatkozó fejezeteit tanulmányoztam át a felnőtt emberi kéz méreteinek megállapításához, továbbá vizsgáltam az elérési tartományokat egyes esetekre. Azokat az adatokat, melyek a katalógusban nem szerepeltek, mint például a csuklóméretet meghatározása, egy harmincmintás mérésrel állapítottam meg.

Az eredmények értékelését követően az átlagos és percentilis értékeket is meghatároztam, nemekre történő lebontásban.

3. A szabványok vizsgálata

Minden, piacon lévő termékre vonatkoznak különböző szabályok, szabványok, melyeknek a termékeknek meg kell felelniük. Munkám során a betartandó szabványok az egyetemes tervezésre vonatkoztak, ezen belül az akadálymentesség szabályait kötötték ki.

A magyar nyelven is kiadott, ISO 9999:2007 szabvány [7] meghatározza a kifejezetten fogatékkal élők számára gyártott vagy általánosan elérhető segédeszközök osztályozását. A használathoz más személy segítségét igénylő segédeszközöket is tartalmazza. Jelenleg a legfrissebb szabvány az általam fejlesztett terméket illetően, a címét tekintve is jelentősen módosított MSZ EN ISO 9999:2023 [8].

4. Anyagválasztás

A termékemnek számos higiéniai, mechanikai, élettani feltételnek kell megfelelnie, melyek közül kiemelendő a biokompatibilitási tulajdonság. Mivel igen széles spektrumú rendellenességeket igyekeztem a felhasználói kör azonosításakor lefedni, figyelembe kellett vennem a rendellenességekkel esetlegesen előforduló betegségeket is, mint például azok a bőrbetegségek, melyeknél az érintett páciens bőre kisebbedik, a bőr védő funkciója nem teljes.

Ezeknek a követelményeknek való megfeleléshez orvosi eszköz céljára alkalmas szilikont választottam a pánt alapanyagául.

Higiéniai tulajdonságokat elemezve, a szilikont lehet legkönnyebben tisztán tartani, hiszen nem ázik át, vízlepergető, egyszerűen fertőtleníthető. Fizikai jellemzőit tekintve ütésálló, nyújtható, emellett mégis puha tapintású. Bőrrel érintkezve nem okoz irritációt, így a pánt hosszabb ideig történő viselése biztonságosnak tekinthető.

A kétkomponensű önthető szilikonok közül a RTV kétkomponensű anyagra esett a választásom. Mivel bőrrel érintkező termék elkészítéséhez használom, így csak élelmiszeripari felhasználásra alkalmas katalizátor használatát tekintettem megengedettnek.

A magyarországi székhelyű gyártók közül a Bondex Kft. Rubosil SR-30 megnevezésű, peroxidos szilikon terméke felel meg a fenti kritériumoknak, hiszen egyike azon kevés anyagoknak, melyek OÉTI- (Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet) engedéllyel rendelkeznek. A termék főbb jellemzőit az **1. táblázat** mutatja [9].

1. táblázat. A Rubosil SR30 anyagtulajdonságai

Bedolgozási, fazékidő	20 min
Kötési, kikeményedési idő	30 min
Keményység	30±5 ShoreA
Hőállóság	-55–200 °C
Viszkózitás	26 500 ± 1500 m·Pa·s (vagy cP)
Sűrűség	1,40 g/cm ³
Hasadási ellenállás	4,86 N/mm
Szakítószilárdság	1,88 N/mm ²
Szakadási nyúlás	140%

A Rubosil SR-30 szilikonhoz a gyártó a Rubosil K Food megnevezésű katalizátort javasolja, melyre a gyártó szintén megszerezte az OÉTI engedélyét. 1 kg szilikonhoz 50 mL katalizátor hozzáadása szükséges. A választott szilikon legjellemzőbb felhasználási területei közé az élelmiszeripari és a cukrászati öntőformák tartoznak. Emellett bőrrel érintkező termékek is igazoltan gyárthatók belőle, mint pl. lábujj-szétválasztó, ill. -terpesztő és egyéb protézisek.

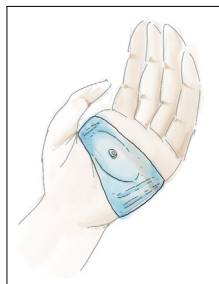
A 3D-s nyomtatott alkatrészek – funkcionális fejek, kapcsok – elkészítéséhez műgyantát választottam: a 3D JAKE gyártó fehér színű, 3D Printer Tough Resin termékét. Ez egy nagy keménységű fotopolimer műgyanta, melyet SLA nyomtatóval lehet használni. Az anyagösszetételt a gyártó nem tette nyilvánossá, az anyag kiválasztását a korábbi, prototípusgyártási folyamatok indokolják. Előként docamid anyagból, a szálkisajtolás [10] aditív gyártási eljárás FDM eljárásváltozatával készültek az alkatrészek. A gyártási eljárásból adódóan nagy az elemek felületi érdessége, továbbá a húzó igénybevétel hatására a gömb alakú elemek elváltak az alapjuktól. A gyártási módot ezt követően SLA eljárásváltozatra cseréltem; ekkor nagy keménységű, de nem rugalmas gyantával dolgoztam [11].

Az alkatrészek az anyagválasztás miatt ridegek lettek, a bepattintható kötés a harmadik bekapcsolásra maradandó alakváltozást szenvedett, majd eltörött. Ezek a tapasztalatok indokolták a megjelölt termék használatát. Az alkatrészek keménysége és kopásállósága jobbnak bizonyult, továbbá a bepattintható kötés sem deformálódott, annak ellenére sem, hogy több mint húsz összeszétkapcsolási ciklust végeztem el.

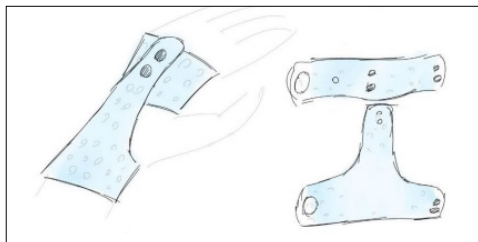
5. A termék koncepció meghatározása

Az információgyűjtési munkám során számos konkurens terméket elemeztem. Vizsgáltam ezeknek a termékeknek az erősségeit és hiányosságait, hogy a pozitív jellemzőket átdolgozva és átültetve, a negatív tulajdonságokat pedig kijavítva olyan termékjavaslatot alkothassak, amely a lehető legtöbb felhasználói igény kielégítésére alkalmas. Az információk feldolgozását követően követelményjegyzéket állítottam fel.

A piacutatás során több tartót, fogantyút vizsgáltam meg, így ezek ötvözéséből született az ötlet: egy olyan szilikonpánt (1. és 2. ábra), amelyben 3D-s nyomtatott talp található, melyhez, igény szerint, oldható bepattintható kötéssel csatlakoztathatók egyes multifunkcionális fejek,



1. ábra. Az első termék koncepció kézfej felőli oldala



2. ábra. Egy továbbfejlesztett termék koncepciónak a kéz hát felőli oldala

melyek adott tárgyak megfogásában, tevékenységek elvégzésében segédkeznek; pl. evőeszköz, fogkefe, íróeszköz megfogása, gomb begombolása, cipzár felhúzása.

A műanyag betét a pánt tenyér felőli oldalán helyezkedik el, egy megnövelt vastagságú szilikonpárnába (az ún. magba) építve, úgy, hogy csak a bepattintásra alkalmas része lóg ki a pántból. Így a felhasználót nem zavarja akkor sem, ha épp nincs használatban.

A szilikonpánt tenyér felőli oldalán, a mag mellett, csúszásgátló bordákat helyeztem el, ezzel biztosítva a fogást, a megtartást.

A kéz háti oldalon perforációkat kell kialakítani, ezzel elérve a bőr levegővel való érintkezését, illetve így csökkenthető a használt anyagmenyiség, ez pedig a termék súlyát és árát is befolyásolja.

A termékhez minél kevesebb, ám minél több módon felhasználható fejeket és pántokat terveztem, amelyek elférnek akár zsebben vagy egy kisebb táskában is. Szerettem volna divatos, nem feltűnő, kompakt és diszkrét terméket tervezni, így segítve azokat a felhasználókat is, akik szeretnék elterelni a figyelmet a megváltozott helyzetükről.

6. A termék koncepció fejlesztése

6.1. Az első termék koncepció értékelése

Az interjúk elvégzéséhez rehabilitációs központokba látogattam el. A látogatásaim során érintet-

tekkel és szakorvosokkal konzultáltam a termék koncepciót illetően. Számos észrevételt osztottak meg velem az említett személyek, melyek által a termékjavaslatomat megfelelően tovább tudtam fejleszteni.

Az első kritika a pánt fel- és levételét érintette: a kéz bebújtatása nem megfelelő módszer egy felső végtag mozgásának korlátozottságával élő személy számára. A pántot tehát szíjszerű geometriára szükséges cserélni, melyet több méretre is be lehet állítani egy kapocs segítségével. Fontos emellett, hogy a pánt egyik végén gyűrűszerű perforációt kell kialakítani, hogy azok a felhasználók is önállóan fel tudják tenni, akik ujjainak mozgástartományra korlátozott. Így a gyűrűbe be tudják akasztani az ujjukat, és húzó mozdulattal a megfelelő méretűre tudják állítani a pántot. Mindezen szempontok mellett több kiegészítő tervezését is indokoltnak találtam azért, hogy a termékcsaláddá fejlődő koncepció minél több felhasználói igényt ki tudjon elégíteni.

A látogatások során vizsgáltam a funkcionális fejek geometriáját is. A visszajelzések alapján kis és nagy átmérőjű termékek megfogására is alkalmasnak kell lenniük a fejeknek, illetve az öltözőkódésben is segítséget kell nyújtaniuk. A felhasználóknak a gombolás, a zokni felhúzása és a cipő bekötése okozza a legnagyobb problémát. Gépelesben, érintőképernyős telefon használatában is segítségre szorulnak bizonyos felhasználók. Ehhez egy olyan fej kialakítása szükséges, mely elérhetővé teszi a pontos leütést olyan személyek számára is, akiknek az ujjuk ezt nem teszik lehetővé a beszűkült mozgástartomány miatt.

A komplex munkafolyamatok elemzése rávilágított a fej és a pánt kapcsolódásának hibáira is. Mindennapi tevékenységek végzése közben egyes eszközök megfogása és használata más irányú mozgást igényel, mely mozgás a felhasználó állapotától függően nem minden esetben megvalósítható. Emiatt a kapcsolódásnak elfordulást kell biztosítani, hogy ezek a cselekvések mindenki számára elvégezhetőek legyenek, tehát a termék kialakításából adódó esetleges hiányosságok miatt ne legyenek akadályozva a felhasználók. Ezért a bepattintható kötés geometriáját átalakítottam. Így adott tartományban gömbcsuklóként viselkedik, biztosítva a megfelelő mértékű elfordulást és hajlítást.

Az esztétikai jellemzők megvitatásakor a pánt perforálását a megkérdeztettek támogatták. Tehát egy olyan mintázat megtervezése lett a feladatom, amely húzás esetén sem szakad el, esztétikus, és a lehető legnagyobb bőrfelületet szabadon hagyja. Ezek mellett biztosítani kell a bekapcsoláshoz

szükséges feltételeket: pontosan kell illeszkednie a kapocshoz, továbbá a méretre állíthatóságot is lehetővé kell tennie.

6.2. A perforációk tervezése

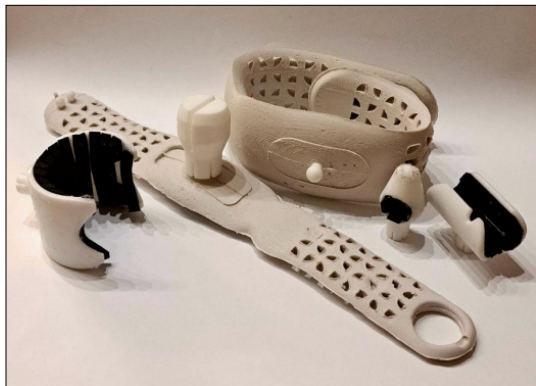
A mintázat megtervezésekor az esztétikai jellemzők szem előtt tartása mellett a lehető legkisebb bőrfelület lefedésére törekedtem úgy, hogy a pánt még meg tudja tartani az eszköztartó fejet és a benne lévő használati eszközt is. Ehhez a falvastagság és a perforációk területének arányát szükséges meghatározni, ami nem lehet kisebb 1:2-nél.

A mintázatokat Copeland-módszerrel értékelttem különböző szempontok alapján: esztétika, falvastagság, újszerűség. A kapott pontszámokat összegeztem, így kiválasztva a megfelelő mintázatot a perforációk kialakításához.

7. Következtetések: az eszköz végleges tervének ismertetése

A munkám során megterveztem, a kézmozgást segítő ergoterápiás segédeszköz termékcsalád olyan, esztétikus, multifunkcionális eszközöket magába foglaló termékcsalád, mely felső végtag érintettségű, mozgásszervi betegséggel vagy neurológiai rendellenességgel élő személyek számára nyújt segítséget mindennapi tevékenységeik elvégzésében.

A termékek minden, gyakran használatban lévő alkatrésze külön-külön cserélhető, ezáltal mind a gyártó, mind a vásárló szempontjából költséghatékony, továbbá így növelhető a termékélettartam is. A különböző pántgeometriák lehetővé teszik a speciális felhasználók számára az állapotuknak, elérési tartományuknak megfelelő eszközök kiválasztását és használatát, így reflektálva egyéni igényeikre.



3. ábra. Az elkészített termékcsalád prototípusa

A bőrrrel érintkező pántok kétkomponensű, biokompatibilis szilikonból készültek, egyedi mintázatuk nemcsak esztétikai funkciót tölt be, hanem a bőr levegővel való érintkezését is biztosítja, így megakadályozza a bőr bepállás miatti irritációját. Emellett a perforációk a pánt két végének összekapcsolását segítik, így a megfelelő méret könnyedén beállítható, a megfelelő rögzítés egyszerűen biztosítható.

Az anyagválasztásból adódóan a terméket nem kell fel- és levenni vízzel való érintkezéskor, mert minden komponense vízálló. Egyszerűen higiénikusan tartható, hiszen a kereskedelemben lévő bőr- és eszközfertőtlenítő szerekre nem érzékeny. Számos, mindennapi tevékenységekhez használatos eszköz megfogását lehetővé teszi. Könnyen méretre állítható, emellett nemcsak a tenyér felőli oldalon teszi lehetővé az eszközök megtartását, hanem a kézháti oldalra fordítva is alkalmazható.

Ezt a transzformálhatóságot mutató tulajdonságot azért tartottam fontosnak beépíteni, mert a megjelölt felhasználói csoportban nagy számban vannak olyan egyének, akik kézfejét nagymértékű elváltozás érte. Ezeknek az elváltozásoknak – kontaktúráknak, elcsontosodott porcoknak – a jelenléte nem teszi lehetővé azt, hogy a felhasználó a tenyerébe illesszen bármit is. Úgy véltem, hogy a kézhátra való rögzítéssel számukra is számos, eddig elérhetetlen funkció is elérhetővé válik.

A speciális eszköztartó fejek megtervezésénél nemcsak a funkciók megfelelő teljesítésére koncentráltam, hanem arra is, hogy az egyes kiegészítők kézbe illőek legyenek, kapcsolódásuk biztos legyen, cserélhetőségük pedig ne okozzon nehézséget a felhasználók számára.

A használati eszközök rögzítésének kapcsán azt vizsgáltam, hogy miként a legegyszerűbb azokat befogni úgy, hogy ne mozduljanak el használat közben. A probléma megoldására számos kiala-

kítást terveztem, egyes javaslatokba a befogni kívánt használati eszközök típusától és geometriájától függően összerakható anyagból készítem további rögzítőt is.

A működési elvek helyességét a gyakorlatban is teszteltem egy sztrókot túlélte, hemiplegiával élő beteg, illetve ergoterapeuták bevonásával. A vizsgálat eredményei egyértelműen igazolták az elgondolás helyességét. A pozitív visszajelzések és az egyes elemeket érintő javaslatok hatására a fejlesztést a későbbiekben is folytatni kívánom.

A termékem hiánypótló, a munka elején felállított célkitűzésnek – azaz annak, hogy kompromisszumok nélküli komplex megoldást nyújtson a speciális felhasználói csoportként megjelölt felhasználók számára – megfelel. Ezek a személyek mind akadályozottak a kezük vagy kézfejük mozgásában, ami nagymértékben megnehezíti mindennapi tevékenységeik elvégzését. A kórházi rehabilitáció során azt tanulják meg, hogy miként adaptálódjanak megváltozott élethelyzetükhöz, azonban a rehabilitációt követően szinte mindegyik érintett személy valamilyen segédeszköz bevonására szorul. Termékcsaládommal az ő igényeiket igyekeztem kielégíteni.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Söderback I.: *Occupational Therapy: Emphasis on Clinical Practic*. In: *International Handbook of Occupational Therapy Interventions*. (Szerk.: Söderback I.). Springer, Dordrecht, 2009. 14–35. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-75424-6>
- [2] Bureck W., Illgner U.: *Hand ergotherapy for rheumatic diseases and the special importance of hand surgery*. Zeitschrift für Rheumatologie, 73/5. (2014) 424–433. <https://doi.org/10.1007/s00393-013-1342-3>
- [3] „Ego Te Restaurabo”. *Az ergoterapia az egészség-helyreállítás szolgálatában*. Magyar Kórház, 13/17. (1944) 437–438.



4. ábra. A véglegesre kidolgozott termékcsalád fotorealistikus képe

- [4] Szívügyem az ergoterápia. Császár Gabriellával Bajkay Ágnes beszélgetett. *Fizioterápia*. A Magyar Gyógytornász-Fizioterapeuták Társasága szakmai folyóirata, 32/1–2. (2023) 47–50.
- [5] Mogánné Tölgyesy Szilvia: *Az ergoterápia hazai fejlődése*. *Egészségügyi Gazdasági Szemle*, 45/5–6. (2007) 37–39.
- [6] Bartos A., Józsa J., Tajthy K., Tapa G., Cselovszki T., Hum K., Szigeti J., Gasparicsné Csillag Á.: *Ergoterápia a mozgásjavítóban*. *Fizioterápia: A Magyar Gyógytornász-Fizioterapeuták Társasága szakmai folyóirata*, 21/1. (2012) 23–27.
- [7] MSZ EN ISO 9999:2007 Fogyatékkal élő személyek segédeszközei. Osztályozás és szakkifejezések (ISO 9999:2007)
- [8] MSZ EN ISO 9999:2022 Segédeszközök. Osztályozás és terminológia (ISO 9999:2022)
- [9] MSZ EN ISO/ASTM 52900:2017 Additív gyártás. Általános alapelvek. Terminológia (ISO/ASTM 52900:2015)
- [10] Bondex Kft. „OÉTI engedélyes folyékony szilikon Rubosil. 2022 (letöltve: 2022. október 19.). <https://szilikonwebaruhaz.hu/id/02767-OETI-engedelyes-folyekony-szilikon-Rubosil-SR38>
- [11] Bondex Kft. „OÉTI engedélyes élelmiszeripari katalizátor önthető szilikonhoz Rubosil K Food 50 ml”. 2022. (letöltve: 2022. október 19.). <https://szilikonwebaruhaz.hu/id/02763-OETI-engedelyes-elelmiszeripari-katalizator-ontheto-szilikonhoz-Rubosil-K-Food-50-ml>