

PNEUMATIKUS MESTERSÉGES IZOM ÁLTAL MŰKÖDTETETT REHABILITÁCIÓS ESZKÖZÖK TERVEZÉSE ÉS KIVITELEZÉSE

Sárosi József – Csikós Sándor – Szabó Zénó – Bálint Ádám – Gergely Attila –
Dobó Franciska

Absztrakt: A pneumatikus mesterséges izom (PMI) egy sűrített levegővel működő, összehúzódo-kitáguló eszköz. A sugárirányú tágulással egyidejűleg a membrán tengelyirányban összehúzódik, ezáltal húzóerőt fejt ki a terhelésén. Az általa generált erő és mozgás egyenes vonalú és egyirányú. Mivel a PMI egyszeres működésű (csak húzóerőt képes kifejteni), a kétirányú mozgás megvalósításához két izom szükséges - a valóságos izmokhoz hasonlóan. Az egyik mozgatja a terhet, míg a másik a célpozícióban fékként működik. Ellenkező irányú mozgásnál az izmok szerepet cserélnek. Ezeket a szembekapcsolt izmokat antagonisztikus izompárnak, a mozgató izmot flexornak vagy agonistnak, a fékező izmot extensornak vagy antagonistnak is nevezzük. Ezen elrendezéssel lineáris és forgó mozgás is megvalósítható. A PMI-k jellemzője továbbá, hogy egyszerű felépítésűek, könnyűek, eredendően rugalmasak, egyszerű üzemvitelűek, nagy sebességre képesek, nagy a teljesítmény/tömeg és teljesítmény/térfogat arányuk, olcsók és nagy üzem-, robbanás- és tűzbiztonságúak. E munkánkban általunk megtervezett és kivitelezett, PMI-ket tartalmazó rehabilitációs eszközöket ismertetünk.

Abstract: Pneumatic artificial muscle (PAM) is an actuator, which converts pneumatic energy into mechanical form by transferring the pressure applied on the inner surface of its bladder into the shortening tension. PAMs' source of energy comes from pressurized gas, usually air. There are a lot of advantages of pneumatic artificial muscles like the high strength, good power-weight ratio, low price, little maintenance needed, great compliance, compactness, inherent safety and usage in rough environments. As PAMs are one-way acting, two are needed to generate bidirectional motion: as one of them moves the load, the other one will act as a brake to stop the load at its desired position. To move the load in the opposite direction the muscles change function. This opposite connection of the muscles to the load is generally referred to as an antagonistic set-up: the driving muscle is called the flexor or agonist, while the brake muscle is referred to as the extensor or antagonist. The antagonistic coupling can be used for either linear or rotational motion.

Kulcsszavak: pneumatikus mesterséges izom, Fluidic Muscle, rehabilitációs eszköz

Keywords: pneumatic artificial muscle, Fluidic Muscle, rehabilitation device

1. Bevezetés

A kontrakciós pneumatikus munkahengereket a szakirodalmak többnyire pneumatikus mesterséges izmoknak vagy pneumatikus izom végrehajtóknak nevezik. A pneumatikus mellett további végrehajtótípusok is ismertek, melyek mesterséges izomként használhatók: alakmemória ötvözet végrehajtók, elektrosztatikus végrehajtók, magnostrikciós végrehajtók, piezoelektromos végrehajtók, valamint polimerikus végrehajtók. A PMI-k az orvostudomány területén betöltött szerepükön (pl. művégtag mozgatása, ismétlődő feladatok elvégzésére szolgáló rehabilitációs eszközök mozgatója) túl egyre fontosabb szerepet játszanak a robotika (pl. ugráló és sétáló robotok), valamint ipari

alkalmazások (pl. lyukasztógép, papír- és fóliatekerceselő, emelőszerkezet, illetve vibrációs tölcser) végrehajto elemeként (Sárosi, 2013).

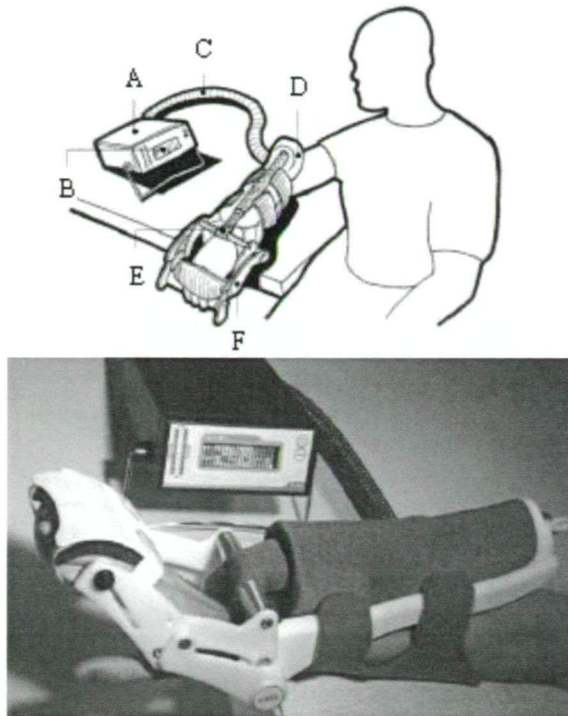
A kontrakciós pneumatikus munkahenger alapötlete az orosz Garasiev nevéhez fűződik és egészen az 1930-as évekig nyúlik vissza, azonban a kor akkori technológiai szintje csak korlátozott alkalmazást tett lehetővé. Az első igazi áttörés Joseph L. McKibben nevéhez fűződik az 1950-es években, aki - miután vizsgálta az analógiát a pneumatikus és a természetes izmok között - az általa tervezett és a róla elnevezett pneumatikus izmot alkalmazta rehabilitációs eszközben a paralízisben szenvedők mozgásának megkönnyítésére. A pneumatikus mesterséges izmok számos változatát kidolgozták mára. Így a legelterjedtebb, McKibben típus mellett a szakirodalmak további pneumatikus izmokat is megemlítenek: Yarlott, ROMAC, Kukolj, Morin, Baldwin, Pleated PAM, Rubbertuator, stb. Gyakran a működésükre utaló elnevezésekkel találkozunk: Pneumatic Muscle Actuator, Fluid Actuator, Fluid-Driven Tension Actuator, Axially Contractible Actuator és Tension Actuator (Daerden. 1999; Daerden és Lefeber 2002), valamint Fluidic Muscle (Festo, 2005).

E tanulmányban – mely folytatása Sárosi és Gyeviski (2010) munkájának – ismertetésre kerülnek pneumatikus mesterséges izmok által működtetett rehabilitációs eszközök, melyeket hallgatók bevonásával fejlesztettünk ki.

2. Pneumatikus mesterséges izom által támogatott kézterápiás eszköz

E rehabilitációs eszköz kifejlesztése Koeneman et al. (2004) munkája alapján történt, akik a csukló és ujjak terápiás kezelésére szolgáló, PMI-ket magába foglaló eszközt ismertettek (1. ábra). A tervezés fő célja egy olyan eszköz létrehozása volt, amely az alkalmazott idegkutatási tanulmányok legújabb eredményeit felhasználva agyvérzést túlélte betegek kézfunkciójának javítására szolgál. Az elnevezéssel (MentorTM) is biztami akarják a betegeket, hogy segítsenek önmagukon.

1. ábra: Mentor™ kézterápiás eszköz

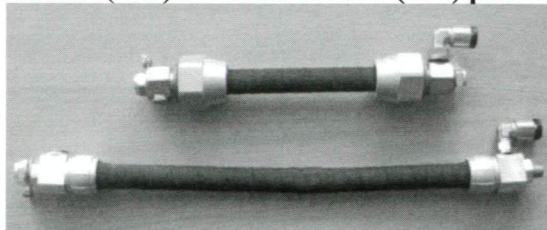


Jelmagyarázat: A - működtető egység, B - kijelző, C - levegőtömlő, D - alkarbefogó, E - PMI, F - mozgató mechanizmus

Forrás: Koeneman et al. 2004

Az általunk kidolgozott kézterápiás eszköz két különböző típusú PMI-t tartalmaz: MAS-10-100 (10 mm belső átmérőjű és 100 mm hosszúságú), valamint DMSP-10-250 (10 mm belső átmérőjű és 250 mm hosszúságú) (2. ábra). Az előbbi a csukló, míg az utóbbi az ujjak mozgatásáért felel. Mindkét izmot a Festo szabadalmaztatta és gyártja Fluidic Muscle néven.

2. ábra: MAS-10-100 (fent) és DMSP-10-250 (lent) pneumatikus izmok

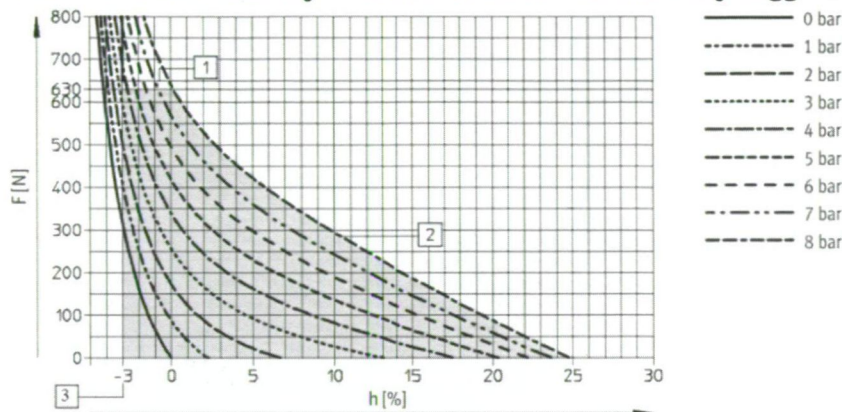


Forrás: A szerzők saját szerkesztése

A PMI-k legfontosabb jellemzőit az erő-kontrakció (erő-relatív elmozdulás) függvénykapcsolat írja le konstans nyomásokon. Ahogy a 3. ábra is bizonyítja, a

PMI-k által kifejtett erő adott nyomáson az izom összehúzódásával csökken és minimális értéke ($F = 0$ N) a kontrakció-maximumnál (minimális hosszúságnál) lép fel.

3. ábra: A 10 mm átmérőjű Fluidic Muscle erő-kontrakció jelleggörbéje

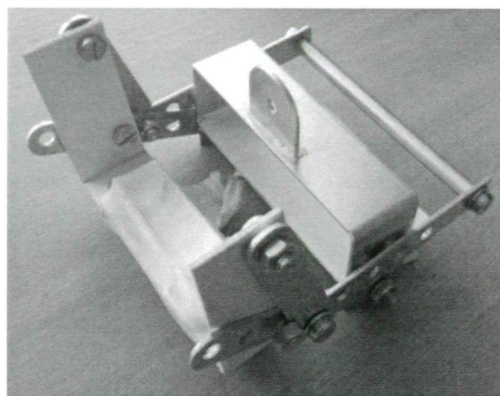
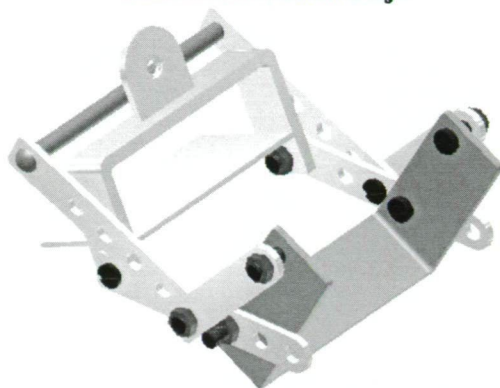


Jelmagyarázat: 1 - maximális erő, 2 - maximális túlnyomás, 3 - maximális megnyújtás, h [%] - kontrakció

Forrás: Festo 2005

A kézterápiás eszköz fő eleme Autodesk Inventorban került megtervezésre. Az ujjak tartását és mozgását szolgáló elem virtuális modelljét és az elkészített szerkezetét a 4. ábra szemlélteti.

4. ábra Az ujjak tartásáért és mozgásáért felelős elem virtuális modellje és elkészült konstrukciója

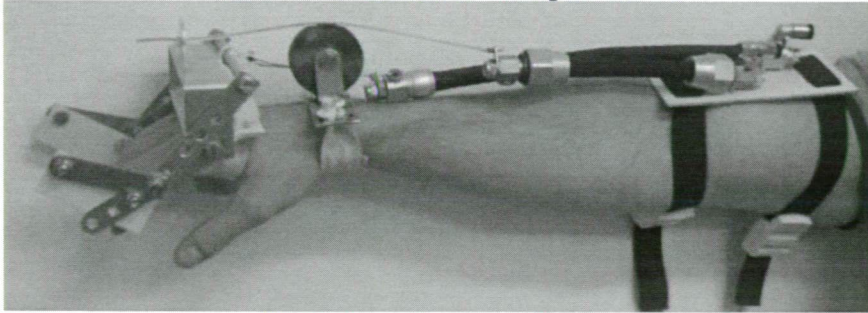


Forrás: A szerzők saját szerkesztése

Az 5. ábra a teljes kézterápiás készüléket mutatja. Mivel a rögzítő szíjak gumírozott anyagból készültek, ezért különböző méretű kezekre is fel lehet rögzíteni a berendezést. A megépített vázszerkezetbe be kell bújtatni a kézfejet, majd rögzíteni azt a felső, ill. az alsó ujjperceknél. A felső ujjperceknél lévő meggátolja, hogy leessen a kézről az eszköz, az alsó ujjperci rögzítés pedig stabilan tartja az ujjakat. A csigát tartalmazó részt a csukló tetejére kell feltenni és a csuklóra felszíjazni. A pneumatikus izmokat a kar felső részére kell rögzíteni a szíjak segítségével.

A terápiás eszköz feladata az ujjak kinyújtása és a kézfej felemelése, ami az izomba juttatott sűrített levegő révén valósul meg. A beteg állapotához és sérüléséhez mérten kell beállítani a megfelelő nyomásértéket, ami a kívánt tartományban mozgatja a kezét.

5. ábra Az elkészített kézterápiás eszköz

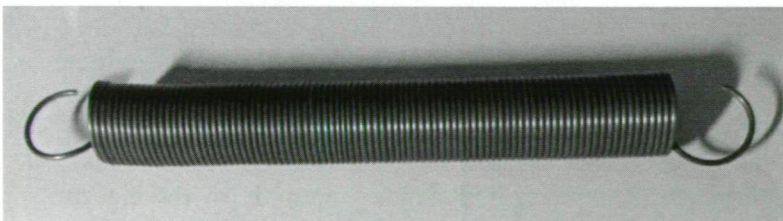


Forrás: A szerzők saját szerkesztése

3. Pneumatikus mesterséges izom által támogatott rehabilitációs eszköz az alsó végtag mozgására

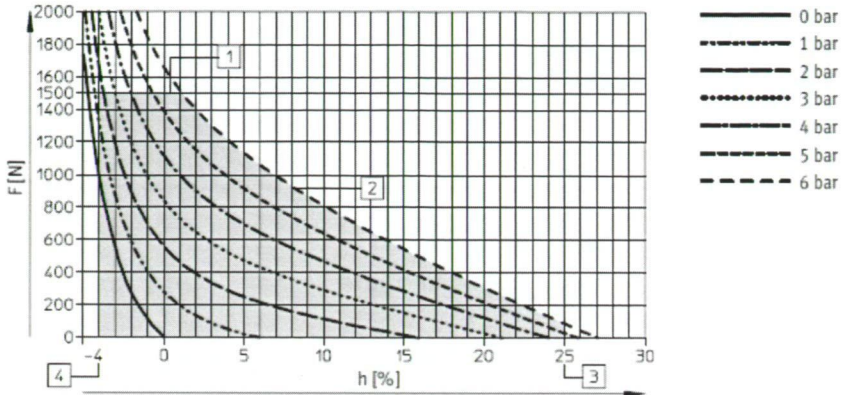
Az alsó végtag rehabilitációjára szolgáló eszköz egy PMI-t (MAS-20-200, ami 20 mm belső átmérőjű és 200 mm hosszúságú) és egy rugót tartalmaz (6. ábra), melyek egyaránt méretezés útján kerültek kiválasztásra. Ahogy a 7. ábrán látható, a nagyobb átmérőjű izom nagyobb erő kifejtésére alkalmas adott nyomásértéken.

6. ábra Méretezés után kiválasztott 20 mm átmérőjű PMI és 2x20x135 mm-es húzórugó



Forrás: A szerzők saját szerkesztése

7. ábra A 20 mm átmérőjű Fluidic Muscle erő-kontrakció jelleggörbéje

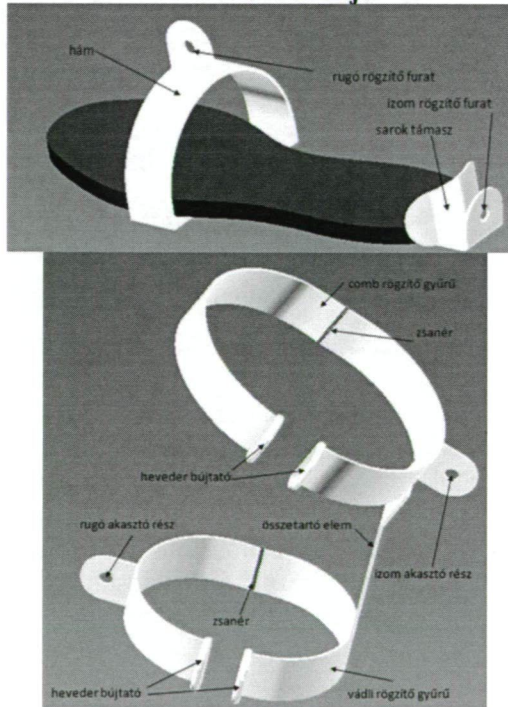


Jelmagyarázat: 1 - maximális erő, 2 - maximális túlnyomás, 3 - maximális megnyújtás, h [%] - kontrakció

Forrás: Festo 2005

A legfontosabb elemek (talp, illetve comb-vádli rögzítő szerkezet) megtervezése itt is Autodesk Inventorban történt (8. ábra).

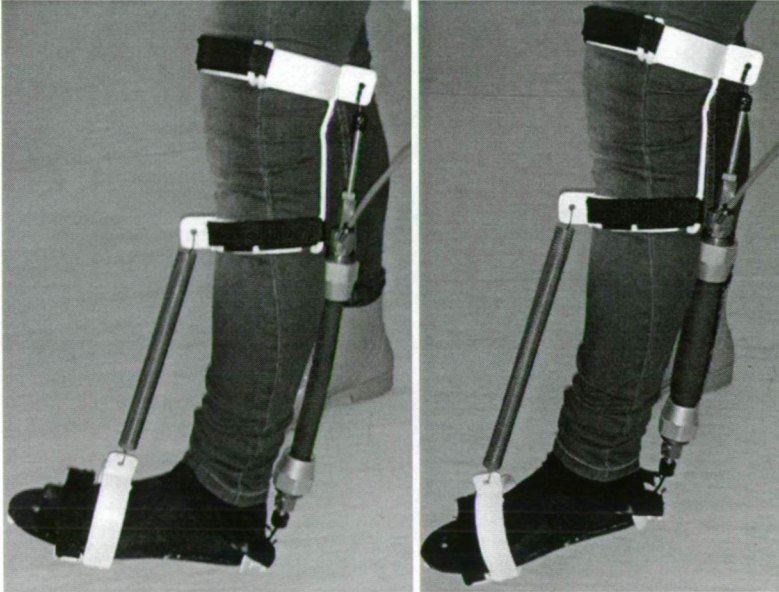
8. ábra A rehabilitációs eszköz talp és comb-vádli rögzítő szerkezetének virtuális modellje



Forrás: A szerzők saját szerkesztése

Ahogy a 9. ábra szemlélteti, a rugó elől, míg az izom hátul csatlakozik a talp és a comb-vádli rögzítő szerkezethez. A rehabilitációs eszköz lényege, hogy az izom hátrafeszíti a bokát, míg a rugó ezzel ellentétes erőt fejt ki, mely segítségével visszaállítja a lábfejet az eredeti állapotába. Azért kellett egy izom-rugó párt választani az antagonisztikus működéshez, mert két izom - hely hiányában - nem tudta volna a lábfejet megfelelő mozgástartományban mozgatni. Az eszköz kényelmes viseletet biztosít a rehabilitáció alatt. Itt is a beteg állapotához és sérüléséhez mérten kell beállítani a megfelelő nyomásértéket, ami a kívánt tartományban mozgatja a lábfejet.

9. ábra: A lábfej fel-le irányú mozgása az izom-rugó pár révén



Forrás: A szerzők saját szerkesztése

4. Következtetések, jövőbeni irányok

Egyre jobban előtérbe kerülnek olyan robotikus eszközök, melyek mind a klinikákon, mind az otthon elvégzendő, ismétlődő feladatú fizioterápiás folyamatok elősegítését szolgálják. Statisztikák igazolják, hogy gyógyászati szakemberek hiánya várható, így az ilyen eszközök elterjedése prognosztizálható. E munkánkban azt igazoltuk, hogy a pneumatikus aktuátorok nem csak ipari környezetben, hanem az orvostudomány területén is alkalmazhatók. Ehhez természetesen ki kell egészíteni a mérnöki tervezést és kivitelezést klinikai teszteléssel, ami egyik bemutatott eszköznél sem valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Daerden F. (1999): *Conception and Realization of Pleated Artificial Muscles and Their Use as Compliant Actuation Elements*. PhD Dissertation. Vrije Universiteit Brussel, Faculteit Toegepaste Wetenschappen Vakgroep Werktuigkunde, 5–33.
- Daerden F., Lefeber D. (2002): Pneumatic Artificial Muscles: Actuator for Robotics and Automation. *European Journal of Mechanical and Environmental Engineering*. Vol. 47, 10–21.
- Festo (2005): Fluidic Muscle DMSP, with Press-fitted Connections, Fluidic Muscle MAS, with Screwed Connections. Termékkatalógus. 39.
- Koeneman E. J., Schultz R. S., Wolf S. L., Herring D. E., Koeneman J. B. (2004): A Pneumatic Muscle Hand Therapy Device. *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, San Francisco, CA, USA, 1-4 September, 2711–2713*.
- Sárosi J. (2013): *Pneumatikus mesterséges izmok működésének statikus és dinamikus modellezése, nagypontosságú pozicionálása*. Doktori (PhD) értekezés. SZIE Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Gödöllő, 161.
- Sárosi J., Gyeviki J. (2010): Pneumatikus izomelemek alkalmazása gyógyterápiás eszközökhöz. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*. Vol. 5, No. 1–2, 278–282.