

SÁROSI JÓZSEF – DR. PHD GYEVIKI JÁNOS:**
Pneumatikus izomelemek alkalmazása gyógyterápiás eszközökhöz

Abstract

Many important activities of daily living (e. g. dressing and eating) depend on two-handed function. For people affected by stroke, frequent physical therapy has been suggested to be a successful rehabilitation. The use of robotic devices to assist the therapies is becoming more commonly, but traditional robots are usually stiff. The devices have to be able to provide the treatment way of repetitive practice. More and more devices consist of pneumatic artificial muscles (PAMs) as a good solution for actuators. There is a need for affordable, economical, low cost, lightweight, practical, low stiffness, multi-dimensional and low noise operation devices to assist therapy. In this paper we present some possibilities of use of PAM in rehabilitation devices.

1. Bevezetés

Néhány évtizedes múltra tekint vissza a bionika tudománya, mely a biológiát és a technikát hivatott egyesíteni, s melynek elsődleges célja ezek eszközeivel utánozni az evolúció által évmillióig tökéletesített természetes szervezetet. Az elsőgenerációs bionikus eszközöket – pl. pacemaker, hallókészülék – olyan további eszközök követhetik, melyek a legteljesebb mértékben képesek helyettesíteni az elveszített vagy működésképtelenné vált szerveket. Elérhető közelségbe került már például olyan bionikus kar, melyet az ember saját idegrendszerével képes működtetni mikrochipek, illetve elektródák jeleinek felhasználásával, továbbá a mozgáskoordinációért felelős motoros kéregbe beültetett implantátum (neuroprotézis) segítségével.

Ebben a munkánkban azt szeretnénk megvilágítani, hogy a mesterséges pneumatikus izomelemek (Pneumatic Artificial Muscle, PAM) milyen szerepet töltenek be jelenleg az orvostudomány területén, azon belül is a rehabilitációs folyamatokban az ismétlődő feladatok elvégzésére alkalmas gyógyászati berendezéseknél.

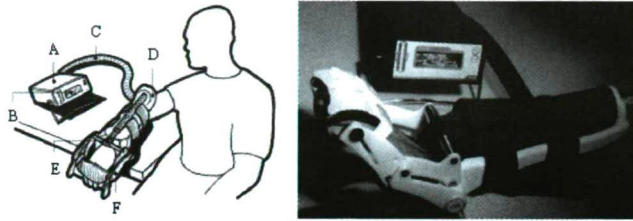
Mivel a PAM-ek egyszeres működésűek, csak húzóerőt képesek kifejteni, kétirányú mozgás megvalósításához két izom szükséges a valóságos izmokhoz hasonlóan. Az egyik mozgatja a terhet, míg a másik a célpozícióban fékként működik. Ellenkező irányú mozgásnál az izmok szerepet cserélnek. Ezeket a szembekapcsolt izmokat antagonisztikus izompárnak, a mozgató izmot flexornak vagy agonistnak, a fékező izmot extensornak vagy antagonistnak is nevezzük (Daerden és Lefeber 2002). A szakirodalomban fellelhetünk az előzőtől eltérő megoldást is. Sagar és Kumar (2002), valamint Bharadwaj et al. (2004) azt mutatják be, hogy a kétirányú erő kifejtés a PAM-mel párhuzamosan kapcsolt, vagy azzal egybeépített rugóval is megvalósítható. E konfigurációval csökken az aktuátorok száma, s így a szabályozási folyamat is egyszerűsödik.

*Tanársegéd – Szegedi Tudományegyetem Mémóki Kar.

** Főiskolai docens – Szegedi Tudományegyetem Mémóki Kar.

2. PAM-ekkel támogatott rehabilitációs eszközök

Koeneman et al. (2004) a csukló és ujjak terápiás kezelésére szolgáló, PAM-et magába foglaló gépet ismertetnek. 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 (Mentor™) is biztatni akarják a betegeket, hogy segítsenek önmagukon.



1. ábra. Mentor™ kézterápiás eszköz

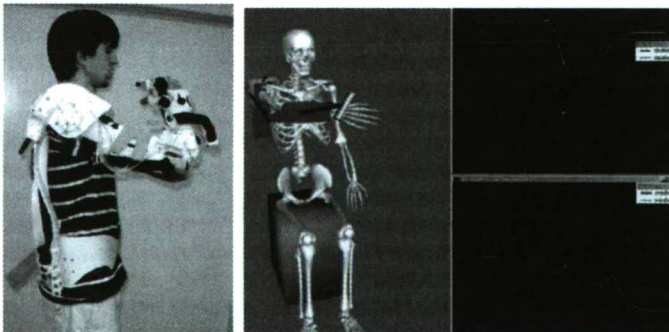
A) működtető egység, B) kijelző, C) levegőtömlő, D) alkarbefogó, E) PAM, F) mozgó mechanizmus)
(Forrás: Koeneman et al. 2004)

Az 1. ábrán bemutatott megoldásnál egy rudat, melyet a csukló hajlító tengelyével egyvonalban helyeztek el, ez a művelet megemeli és kinyújtja a csuklót az ujjakkal és egy módosított Watt mechanizmussal kinyújtja az ujjakat.

A RUPERT (Robotic UPPER Extremity Repetitive Therapy) elnevezésű rehabilitációs eszköz egész sorozatát (I–IV.) kifejlesztették már, mellyel az eredeti cél az volt, hogy olyan 3 D-s mozgásgyakorlási lehetőségeket biztosítson, mint például az evés. A készülék kompakt kivitelű, hordozható, viszonylag könnyen kezelhető és számítógéphez csatlakoztatható.

He et al. (2005) a RUPERT I-et (2. ábra) mutatják be, mint négy rugó-visszatérítésű PAM elemet tartalmazó, öt szabadságfokú (kettő a vállnál, kettő a könyöknél és egy a csuklónál) berendezés, mely a fel- és alkar méretéhez igazítható, könnyen fel- és levehető. A PAM-ek hosszváltozása nyomon követhető a szoftver nyújtotta szimuláción (2. ábra).

Az első prototípus igen korlátozott mozgásokat tett lehetővé, így a váll csak egy 15°-os síkban és maximum 45°-os szögben volt képes a kar emelésére.



2. ábra. RUPERT I. rehabilitációs eszköz és a PAM-ek hosszváltozásainak szimulációja

(Forrás: He et al. 2005)

A szintén négy pneumatikus izmot tartalmazó RUPERT II. és III. (3. ábra) Sugar et al. (2007) munkájában kerül ismertetésre.

A RUPERT II kialakításánál – az I. tapasztalatain túl – arra törekedtek, hogy a betegek 95%-a képes legyen használni azt anélkül, hogy másik készülékemre lenne szükség, így állítható forgásközéppontú és hosszúságú elemekből építették meg. A tervezés sokkal összetettebb lett ezáltal, hisz a sokrétűen állítható komponensek többlet terhet jelentettek, azaz nagyobb mechanikai teherbírást igényeltek.



3. ábra. RUPERT II. és III. rehabilitációs eszköz
(Forrás: Sugar et al. 2007)

A RUPERT III. karbonszálas kompozit felhasználásával készült, a II-nél ismertetett teher csökkentése érdekében.

Balasubramanian et. al (2008) tanulmányában a RUPERT IV-ről (4. ábra) tájékozódhatunk, mely a korábbi változatok továbbfejlesztésével alkalmas a kéz/csukló kinyújtására, az alkar kifordítására, a könyök kinyújtására, a felkar forgatására és a váll emelésére. Továbbra is fontos szempont volt, hogy a szerkezet könnyű legyen, ezért számos összetevő grafitot tartalmaz.



4. ábra. RUPERT IV. rehabilitációs eszköz
(Forrás: Balasubramanian et. al 2008)

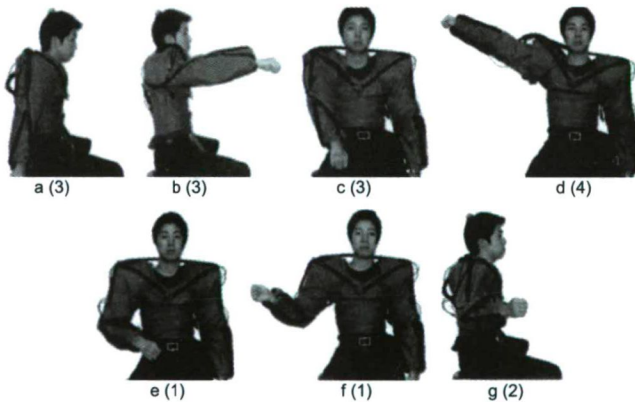
Maruta et al. (2007) a közelmúltban fejlesztették ki a felső végtag rehabilitációját szolgáló, ún. Master-Slave eszközt (5. ábra), mely a RUPERT-hez hasonlóan 3 D-s környezetben funkcionál és szoftverének segítségével számos mozgásterápia, így az automatikus

mozgásterápia is végrehajtható vele. A „master”-t a terapeuta, míg a „slave”-et a páciens viseli. A páciens könyökének mozgása követi a terapeuta könyökének hajlítását. Annak érdekében, hogy a terapeuta nehegy túlzott mértékű behajlítás és nyomatókat idézzen elő a „slave” használójánál, „slave”→„master” nyomatók-visszacsatolást alkalmaznak.



5. ábra. Mater-Slave rehabilitációs eszköz
(Forrás: Maruta et al. 2007)

Úgynevezett „izomöltöny”-ről (Muscle Suit) számol be Kobayashi és Hiramatsu (2004) a kutatásaik alapján. A fémkeret nélküli ruhához 11 db, 7 különböző hosszúságú (200–600 mm) PAM-et használnak az emberi test mozgásának támogatására. Kezdetben számos probléma merült fel viseletekor (korlátozott mozgástartomány, a ruha elcsúszása, laza vagy szoros illesztése, nehéz levétele, nagy teher az izmokra és a csontokra), melyeket újabb típus megalkotásával sikerült csökkenteniük (6. ábra).



6. ábra. Az „izomöltöny” néhány karmozgatási lehetősége (zárójelben a működő izmok száma)
(Forrás: Kobayashi és Hiramatsu 2004)

3. Következtetések, jövőbeni kutatási irányok

A robotikus eszközök változatos alkalmazási lehetőséget nyújtanak a klinikákon vagy otthon elvégzendő, ismétlődő feladatú fizioterápiás folyamatok elősegítésére. Elterjedésüket elősegítheti, hogy nemzetközi felmérések is azt mutatják, az idő előrehaladtával

gyógyászati szakemberek hiánya várható. A teljesség igénye nélkül bemutatott, mesterséges pneumatikus izomeleme(ke)t tartalmazó eszközök is bizonyítják, hogy ezen újszerű aktuátoroknak nem csak az ipari környezetben van számottevő jelentőségük, hanem az orvostudomány területén is. Célunkként PAM elemekkel működő humanoid robotkar, illetve karprotézis tervezését, kivitelezését és tesztelését tűztük ki.

Irodalomjegyzék

- Balasubramanian, S., Wei, R., Perez, M., Shepard, B., Koeneman, E., Koeneman, J., He, J.* (2008): RUPERT: An exoskeleton robot for assisting rehabilitation of arm functions, Virtual Rehabilitation 2008, Vancouver, Canada, 25–27 August, pp. 163–167.
- Bharadwaj, K., Hollander, K. W., Mathis, C. A., Sugar, T. G.* (2004): Spring over muscle actuator for rehabilitation devices, Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, San Francisco, CA, USA, 1–4 September, pp. 2726–2729.
- Daerden, F., Lefeber, D.* (2002): Pneumatic artificial muscles: actuator for robotics and automation, European Journal of Mechanical and Environmental Engineering, Volume 47, pp. 10–21.
- He, J., Koeneman, E. J., Schultz, R. S., Huang, H., Wanberg, J., Herring, D. E., Sugar, T., Herman, R., Koeneman, J. B.* (2005): Design of a robotic upper extremity repetitive therapy device, Proceedings of the 2005 IEEE, 9th International Conference on Rehabilitation Robotics, Tempe, AZ, USA, 28 June–1 July, pp. 95–98.
- Kobayashi, H., Hiramatsu, K.* (2004): Development of muscle suit for upper limb, Proceedings of the 2004 IEEE, International Conference on Robotics and Automation, Tokyo, Japan, 26 April–1 May, Volume 3, pp. 2480–2485.
- 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, pp. 2711–2713.
- Maruta, H., Noritsugu, T., Sasaki, D., Takaiawa, M.* (2007): Development of wearable master-slave training device constructed with pneumatic rubber muscle, International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, Japan, 11–14 November, pp. 424–429.
- Sugar, T. G., Kumar, V.* (2002): Design and control of a compliant parallel manipulator, ASME Journal of Mechanical Design, Volume 124 (4), pp. 676–683.
- Sugar, T. G., He, J., Edward, J., Koeneman, J., Koeneman, J. B., Herman, R., Huang, H., Schultz, R. S., Herring, D. E., Wanberg, J., Balasubramanian, S., Swenson, P., Ward, J. A.* (2007): Design and control of RUPERT: Robotic upper extremity repetitive therapy, IEEE Transaction on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, Volume 15 (3), pp. 336–346.