

BŐRÖN KERESZTÜLI INFORMÁCIÓÁTVITEL MECHANIKAI REZGÉSEK SEGÍTSÉGÉVEL

Miklós Ákos¹, Szabó Zsolt²

¹MTA–BME, Gépek és Járművek Dinamikája Kutatócsoport

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műszaki Mechanikai Tanszék

miklosa@mm.bme.hu

Absztrakt

A cikk első felében a rendelkezésre álló szakirodalom alapján bemutatjuk a tapintás – mechanikai rezgések érzékelésének szempontjából – fontos tulajdonságait, illetve az érzékelést befolyásoló tényezőket és ezek hatásait. A kutatás eredményeként elmondható, hogy a bőr érző receptorain keresztül összetett információ közlésére van lehetőség, ami indokoltá teszi egy, az elterjedt rezgéskeltőkhöz képest fejlettebb eszköz alkalmazását, melyet a cikk második fele mutat be. A kettős excenteres rezgéskeltő eszközzel lehetőség nyílik egymástól független frekvenciájú és amplitúdójú rezgések létrehozására.

Kulcsszavak: tapintás, rezgéskeltő eszköz, kettős excenter

Information transfer through the skin using mechanical vibrations

Abstract

In the first part of this paper the tactile sensing of the human skin will be investigated by literature survey. The important properties of the sensation of mechanical vibrations and the effects of other influencing factors will be presented. The conclusion of the survey is that it is possible to transfer complex information via the mechanoreceptors of the skin, which makes it essential to use a more advanced vibrotactor device than commonly used ones. Using the dual excenter vibrotactor device, which is presented in the second part of the paper, it is possible to generate vibrations with independent frequency and amplitude.

Keywords: tactile sensing, vibrotactor, dual excenter

Bevezetés

A technika fejlődésével együtt egyre fontosabbá válik a mindennapjainkban az információ közlése. Legyen szó tudás átadásáról, tájékoztatásról, szórakoztatásról, figyelmeztetésről vagy bármilyen tevékenység elősegítéséről, az információátadás hatékonysága jelentősen befolyásolja e tevékenységek eredményességét.

Az ember információt az érzékszervein keresztül képes befogadni. A fent megjelölt célokra elsősorban az ember öt leggyakrabban felsorolt érzéke alkalmas. A legtöbb információhoz a látás és hallás útján jutunk, ezeket egészíti ki a tapintás, szaglás és ízlelés. Technikai értelemben a további érzékek, mint például az egyensúlyérzék, teltségérzet nehezen vagy egyáltalán nem használható fel információátadására.

A látás és hallás kiemelkedő szerepe azt is magával vonja, hogy a legtöbb esetben a hatékonyság érdekében ezeken a csatornákon keresztül történik a közlés, és bizonyos esetekben ez arra vezethet, hogy az adott csatornák túlterhelődnek, alkalmasint nem képesek már befogadni több információt. Több kutatás^{1,2} is rámutatott, hogy a harci repülőgépek kabinjában található rengeteg műszer követése meghaladja a pilóták vizuális képességeit. Ugyanez azonban megfigyelhető autózvezetés közben is, ahol a közlekedési helyzet, a közúti jelzések és a gépkocsi műszereinek együttes figyelése oda vezethet, hogy a vezető figyelme gyorsan lan- kad és balesetveszély keletkezik.

A látást és hallást korlátozó körülmények között meg kell még említeni, hogy míg a látás adott pillanatban mindig csak a figyelem irányába korlátozódik, a hallás zajos környezetben válik alkalmatlanná az információ hatékony feldolgozására. Ahogy tehát a látás vagy hallás teljes hiánya esetén is, kézenfekvő megoldásnak tűnik további érzékek kihasználása a hatékonyabb információátadás érdekében. A jelen cikk kifejezetten a tapintás lehetőségeivel foglalkozik, mert annak nincsen kitüntetett iránya, és a bőrben – kiváltképpen a kézen és a nyelven – található érző receptorok nagy száma miatt nagy fajlagos információmennyiség átadására alkalmas. A tapintás érzékenysége sok esetben meg is haladja a szemmel látható mérettartományt. Az ujjbegy térbeli felbontása akár 0,15 mm is lehet, ez azt jelenti, hogy ekkora távolságban már érezzük, hogy az inger nem ugyanott van.³ Ennél azonban sokkal kisebb méretű kiemelkedéseket is képesek vagyunk érzékelni, amikor egy felületet végigsimítunk. Éles kiemelkedések esetén a legkisebb érzékelhető méret kb. 0,06 mikron, míg gömbölyű kiemelkedésnél ez nagyobb, 2 mikron.³ Tapintással az ingerek időbeni lefutása is érzékelhető, így a rezgések is kb. 1 kHz frekvenciáig.³ Ezenkívül a tapintáshoz kapcsolódó kognitív képességek lehetővé teszik a kézbe

vett tárgyak alakjának és méretének nagy biztonsággal történő meghatározását.^{4,5}

A tapintás tehát a látáshoz és halláshoz hasonlóan igen fejlett érzék, emellett pedig technikailag kiforrott megoldások állnak rendelkezésre tapintásos ingerek létrehozására. A megoldások különböznek abban, hogy az ingert fizikailag milyen módon hozzák létre. Ez alapján megkülönböztethető mechanikai, elektromos, kémiai úton és hővel történő gerjesztés. A legelterjedtebb megoldás a mechanikai gerjesztés. Előnye, hogy kevésbé kockázatos, mint az elektromos vagy kémiai módszerek, jellemzően olyankor szokott háttérbe szorulni az elektromos stimulációval szemben, ha kis felületen több ponton szeretnénk független ingereket létrehozni.¹

A tapintás általi – heptikus – információköz- lés alkalmazása számos területen elterjedt.^{3,6} A kommunikációban használt eszközök bizonyos eseményekre figyelmeztetnek, a sebészetben lehetőség nyílik kisméretű műtétek elvégzésére robotok segítségével úgy, hogy közben nem vész el a tapintás érzése. Ugyanígy lehetséges műtétek begyakorlása, vagy éppen mozgásterápiás gyakorlatok betanítása.⁷ Hasonlóan a szórakoztatásban és a virtuális valóságban, a valóság hű látványon és hangokon kívül lehetséges „kézzel fogható” virtuális világot teremteni.⁸ A virtuális valóságnak az oktatásban és az iparban is jelentős szerep juthat a közeljövőben.

Egy másik alkalmazási terület, amikor valamilyen sérült érzékelési csatorna pótlására kívánjuk felhasználni a tapintást. Számos kutatás folyik az egyensúly támogatására a nyelven elhelyezett elektromos gerjesztők segítségével.^{9,10} A látás és hallás kiváltása is lehetséges bizonyos mértékig.^{11–13}

A cikk a következőkben részletesen foglalkozik a tapintás technikai szempontból fontos

részleteivel, valamint a tapintásban – mint információközlésre alkalmas csatornában – rejlő lehetőségekkel. Ezek után bemutatásra kerül egy olyan, mechanikai rezgések gerjesztésére alkalmas eszköz, amely hatékonyabban képes kihasználni a heptikus információközlés lehetőségét, mint a jelenleg elterjedt eszközök.

Taktilis érzékelés a bőrön keresztül

A tapintás jellemzően a bőrön keresztül történik. Mechanikai hatások érzékelésére ugyan a nyelv is alkalmas, a korábban felsorolt alkalmazások többsége a bőr érző receptorait használja fel, ezen belül is legfőképpen a kézen és karon elhelyezkedőket. Ezek alapos kutatásáról az 1970-es évektől beszélhetünk. A tapintásban vagy taktilis érzékelésben a kézen négy különböző típusú érző receptor játszik szerepet. Az SA1, lassan adaptálódó Merkel-receptornak kiemelkedő szerepe van az érintkező felület mintázatának és görbületének érzékelésében. Dinamikus ingerekre sokkalta érzékenyebb, mint statikus hatásokra. A receptor érzékelési zónáján belül az érzékenység változó, így alkalmas az érzet pontos térbeli felbontására. A receptor mechanikai szempontból a bőr helyi alakváltozási energiasűrűségét érzékeli. Az RA, gyorsan adaptálódó Meissner-receptor a bőrrel érintkező felület megcsúszását jelzi, így a megfogást teszi hatékonyá. Az érzékelési tartományon belüli érzékenysége egyenletes, így a térbeli felbontása rossz. Mechanikai szempontból a bőr mozgására reagál. A PC receptor is a bőr mozgását érzékeli a magasabb frekvenciatartományban, a legérzékenyebb 200 Hz környékén, ahol a bőr akár 10 nm-es rezgését is képes jelezni, ha pedig közvetlenül a receptort éri inger, már 3 nm-es amplitúdót is érzékel. Szerepe a megfogott tárgyak által közvetített rezgések érzékelésében fontos. Alacsony frekvenciájú rezgésekre, így statikus ingerekre gyakorlatilag érzéketlen. Az SA2, lassan adaptálódó receptorról és annak sze-

repéről áll rendelkezésre a legkevesebb információ. Szerepe a bőrrel érintkező testek relatív mozgásirányának érzékelésében van.^{14,15}

A receptorok működése mind a négy típus esetén a bőrben lejátszódó valamilyen mechanikai jelenségre vezethető vissza. Vagy mozgást, vagy valamilyen megnyúlást érzékelnek. Emiatt több modellt is létrehoztak az érzékelés jobb megértése és szimulációja érdekében. Készült sík mechanikai modell az ujjbegy bőrében kialakuló feszültségeloszlás, illetve a bőr dinamikai viselkedésének meghatározására az egyes receptorok viselkedésének figyelembevételével,¹⁶ illetve kifejezetten a receptorok viselkedésének jobb modellezésére is több kutatás folyt.^{17,18}

Mechanikai jellemzők érzékelése

A heptikus visszajelzés egyik legelterjedtebb módja, hogy a bőrrel érintkező felületek rezgésével stimuláljuk az érző receptorokat. A cikk második fele is egy rezgések keltésére alkalmas eszközt mutat be. Ennek megfelelően a továbbiakban a mechanikai rezgések érzékelésével foglalkozunk bővebben.

A rezgések érzékelésénél két fő kérdéskör merül fel. Az egyik, hogy a rezgés mechanikai paramétereinek mely értékei esetén vagyunk képesek érzékelni az ingert, a másik pedig hogy képesek vagyunk-e különbséget tenni az érzékenység határában belüli különböző paraméterű mechanikai rezgések közt.

Az érzékelés határa vagy érzékenység az a legkisebb rezgésamplitúdó, amelyet még képesek vagyunk érzékelni. Ezt az érzékenységet jelentős mértékben befolyásolja a rezgés frekvenciája és a rezgés bőrhöz képesti iránya is. A bőr érzékenysége a frekvenciától egy U alakú görbe szerint függ, melynek minimuma az ujjbegyen és a kézen 200 Hz körül található

(2. ábra). A frekvenciafüggésnek ez a jellege függetlenül más befolyásoló tényezőktől megmarad, függőleges eltolódás azonban lehetséges.

Az érzékenységet befolyásoló fontos tényező a rezgés iránya. A bőr felületére merőleges irányú rezgéseket jobban érezzük, mint a felülettel párhuzamosakat.^{19,20} Az érzékenység természetesen attól is nagyban függ, hogy a rezgés a test melyik pontján hat. Mivel az érző receptorok sűrűsége testrészenként változó, az ujjbegy vagy a talp sokkal érzékenyebb, mint a has vagy a hát bőre. Befolyásolja a rezgés érzését az is, hogy a bőr felülete sima vagy szőrös.^{21–24} A rezgés helyével összefügg az érintkező felületek mérete is. Kimutatható, hogy a nagyobb felületen átadódó rezgést előbb megérezzük,^{19, 21,25} ami ismét az ingerelt receptorok számához köthető. Ebből adódóan pontszerű érintkezés esetén az érzékelés helytől való függése is erősebb.²² Az érzékenységnak az érintkező felület alakjától való függése is kimutatható.²⁶ Nem független az érzékenység a felületeket összenyomó erőtől sem. A terhelőerő hatására az érzékenység enyhén javul.¹³

A fontosabb tényezők között még mindenképpen meg kell említeni, hogy nem mindegy, milyen gerjesztés érte a vizsgált területet korábban. Mivel a receptorok adaptálódnak a rezgéshez, minél tovább, minél nagyobb amplitúdóval és minél közelebbi frekvencián ingereljük a vizsgált részt az érzékenység mérese előtt, annál rosszabb érzékenységet kapunk.^{27,28}

Az érzékelést kevésbé befolyásoló tényezők a hőmérséklet, az életkor és a bőr nedvessége. Verrillo²⁹ szerint az érzékenység 30 °C körül a legjobb, ennél alacsonyabb hőmérsékleteken meredekebben, magasabb hőmérsékleteken kevésbé meredeken romlik. A bőr nedvessége az érzékenységet nem befolyásolja számottevően, de az érzékelési határnál erősebb rezgés-

sek érzetét módosítja, ugyanis megváltozik a bőr mechanikai viselkedése.³⁰ Az életkor hatása is kimutatható, az idősebb korosztály érzékenysége romlik a fiatalabbhoz képest.^{31,32}

Az a kérdés, hogy a különböző fizikai paraméterekkel rendelkező rezgéseket mennyire tudjuk megkülönböztetni, sokkal kevésbé tisztázott. A rezgés amplitúdóját bizonyosan érzékeljük, hiszen az érzékelési küszöbötől egészen a fájdalmas, akár elviselhetetlen tartományig terjed az rezgések által kelthető érzet. Az U alakú érzékenységi görbének megfelelően azonban adott amplitúdójú rezgést is érezhetünk más intenzitásúnak attól függően, hogy mekkora a rezgés frekvenciája. Ezt a hatást akkor sem lehet kiküszöbölni, ha a rezgés sebességének vagy gyorsulásának amplitúdóját vennénk összehasonlítási alapul. Az érzékenységi görbe vizsgálata alapján az elmozdulás harmadik deriváltjával arányos az érzékenységi görbe kezdeti szakasza.¹⁴ Mégis kimutatták,²³ hogy a rezgés intenzitása mellett különbséget tudunk tenni a különböző frekvenciájú rezgések közt, sőt, a rezgéseket a hangokhoz hasonlóan a felharmonikusaik alapján is képesek vagyunk megkülönböztetni.¹³ Mechanikailag még fontos kérdés, hogy lehetséges-e a rezgés irányának megítélése. Elvileg ez lehetséges,³³ ami a bőr receptorainak bemutatása alapján is elfogadható, hiszen az RA és SA2 receptoroknak éppen ilyen jellegű szerepet tulajdonítunk.

Az emberi tapintás vizsgálata tehát arra enged következtetni, hogy a bőrön keresztül összetett információ befogadására vagyunk képesek. Arról, hogy a taktilis csatornán keresztül milyen adatsűrűséget lehet elérni, csak közvetett információk állnak rendelkezésre. Ha a nyomtatott szöveg olvasásának sebességét összevetjük a Braille-írásnak az olvasási sebességével, a szavak komplexitásától függően 3–4-szeres különbséget tapasztalhatunk.³⁴ Ezek szerint bizonyos feladatok esetén a tapintás a látással

összehasonlítható információsűrűség átvitelére is alkalmas. Ennek megfelelően érdemes a rezgéssel való információközlés esetén is összetettebb jeleket alkalmazni, ami nemcsak a rezgés tényét hordozza, hanem a rezgés különböző paramétereinek pontos beállítása által egyszerre nagy mennyiségű és komplex információt is képes átvinni.

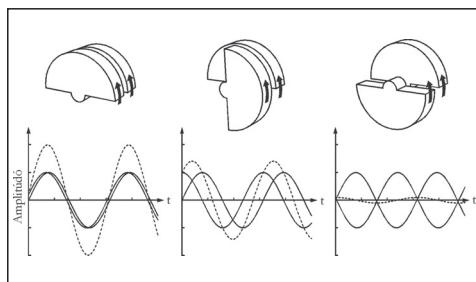
Kettős excenteres rezgéskeltő eszköz

A mai heptikus alkalmazásokban használatos rezgéskeltő eszközök közül a legelterjedtebbek az excentrikus forgó tömeggel működő, ERM (Eccentric Rotating Mass) rezgetők. A széles körű alkalmazás oka legfőképpen az egyszerű és robusztus kialakítás, viszont a működési elvből adódóan a létrehozott rezgés frekvenciája és intenzitása nem független egymástól. A gerjesztőerő nagysága a frekvencia négyzetével arányos, illetve lineárisan függ a forgó tömeg excentricitásától, mely a forgórész tömege és a forgórész súlypontjának forgástengelytől mért távolsága szorzataként adódik. Az excentricitás egyszerű kialakítás esetén működés közben rögzített, így a frekvencia és az intenzitás csak egyszerre módosítható. Ez egyrészt korlátozza az átadható információ összetettségét, másrészt a bőr érzékenységének frekvenciafüggése miatt ezek az eszközök csak egy előre kijelölt frekvenciatartományban működnek jól. Az optimálisnál sokkal alacsonyabb frekvenciák esetén ugyanis a rezgést a bőr nem érzékeli, a túl magas frekvenciás rezgések pedig fájdalmas hatást kelthetnek.

Független frekvenciájú és amplitúdójú rezgések keltésére alkalmasak a lineáris rezgetők, melyek egy – jellemzően nemlineáris karakterisztikájú – rugóra erősített tömeg megfelelő elektromágneses erővel történő gerjesztésével működnek, azonban ezen eszközök frekvenciatartománya is szűk.³⁵ Hasonló eszközök léteznek forgó motoros kivitelben is, itt a for-

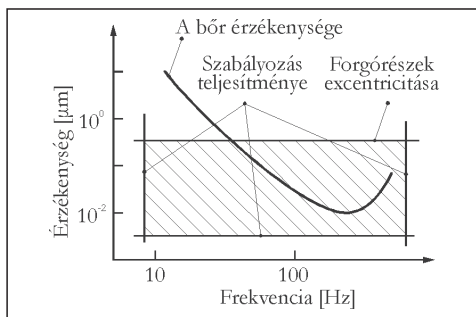
górész váltakozó irányú forgatásával lehetséges mechanikai rezgések keltése.³⁶ Ennek a berendezésnek a hátránya, hogy a rezgés során a forgórész lassítása és gyorsítása egyaránt energiát emészt fel.

Jelen munka a fent említett hátrányok kiküszöbölésére a kettős excenteres rezgéskeltő eszközt javasol, melynek működési elve az ERM gerjesztőjétől annyiban tér el, hogy egy forgórész helyett kettőt tartalmaz. Mivel a berendezés által gerjesztett rezgés a két forgórész rezgésének összegeként keletkezik, lehetőség van a két rezgés fázisának egymáshoz képesti eltolásával adott frekvencia mellett is különböző amplitúdójú rezgéseket létrehozni (1. ábra).



1. ábra. A rezgés amplitúdójának beállítása a forgórészek egymáshoz képesti fázisszögével (az egyes forgórészek gerjesztése folytonos vonallal és az eredő gerjesztés szaggatott vonallal)

Látható, hogy a legnagyobb amplitúdó akkor érhető el, ha a két forgórész azonos fázisban forog, míg ellenfázisú forgás esetén a rezgés amplitúdója nullára csökkenthető. A berendezés ezzel az ERM rezgetők egyszerű kialakítását megtartva lehetségessé teszi a rezgés frekvenciájának és amplitúdójának független és fokozatmentes beállítását széles frekvenciatartományban (2. ábra). A legkisebb alkalmazható frekvencia az, amelynél az azonos fázisban lévő forgórészek rezgése már érezhetővé válik a bőr számára, vagyis a forgórészek excentricitásából származó határoló görbe metszi a bőr



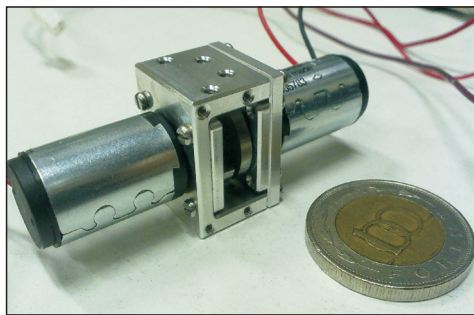
2. ábra. A bőr érzékenységének frekvenciafüggése mechanikai rezgések esetén,^{19–21} illetve az aláhangolt kettős excenteres rezgető munkatere és a korlátozó tényezők a frekvencia-amplitúdó síkban (log-log skála)

érzékenységének határát jelölő görbét. A megvalósítható munkatartományt korlátozza még az alkalmazott szabályozó teljesítménye, illetve ehhez kapcsolódóan az alkalmazott szenzorok érzékenysége.

Mivel az amplitúdó változtatásához elegendő a forgórészek egymáshoz képesti fázisán változtatni, a rezgés megszüntetéséhez és újraindításához nem szükséges a forgórészek leállítás és felgyorsítása sem, ami bizonyos alkalmazási területeken jelentős energiamegtakarítással járhat.

A két forgórész egymáshoz képesti fázisának beállítása bizonyos körülmények között lehetséges egyszerűen a motorokra kapcsolt feszültségek beállításával,³⁷ azonban a megbízható és hatékony működéshez egy szabályozó alkalmazása szükséges.

A bemutatott kialakítás nemcsak a független frekvencia és amplitúdó megvalósítását teszi lehetővé, hanem ellentétes irányú forgás esetén a rezgés irányának beállítását is (1. ábra).³⁸ Ilyenkor a rezgések az egyik irányban kioltják egymást, az amplitúdó azonban az egyszerű ERM eszközökhöz hasonló függést mutat a frekvenciával.



3. ábra. A kettős excenteres rezgető prototípusa

A javasolt kettős excenteres kialakítás alapján a kutatás során készült egy prototípus berendezés is, amely lehetővé tette az elképzelés tesztelését, illetve a korábban megalkotott mechanikai modellek³⁷ validálását (3. ábra).

A prototípust a méretei közvetlenül a bőr gerjesztésére korlátozottan teszik csak alkalmazhatóvá, azonban az elvégzett mérések alapján elmondható, hogy a megoldás alkalmas a kitűzött célra.³⁹

Összefoglalás

A bőr taktilis érzékelésével kapcsolatos irodalomkutatás alapján tehát mondhatjuk, hogy a bőrben található érző receptorok segítségével különbséget tudunk tenni más-más frekvenciájú, amplitúdójú és irányú rezgések között, illetve képesek vagyunk a rezgések helyét is viszonylag jó felbontással meghatározni. Ezzel megvan a lehetőség összetett információt közölni a bőrön keresztül, segítve vagy kiváltva más érzékeinket, mint a látást vagy a hallást.

A tapintás kifinomultságának kihasználására javaslatot tettünk egy fejlett rezgéskeltő eszköz alkalmazására, amely a frekvencia és amplitúdó független beállításával, illetve egyszerű kialakításával alkalmas a hagyományos ERM rezgetőknél hatékonyabb információközlésre.

IRODALOM

1. *Van Erp JBF, Self BP*, editors. Tactile Displays for Orientation, Navigation and Communication in Air, Sea and Land Environments. Final report. NATO Science and Technology Organization. 2008 Aug. Report No.: HFM-122.
2. *Ho C, Reed N, Spence C*. Multisensory in-car warning signals for collision avoidance. *Human Factors* 2007 Dec;49(6):1107–14.
3. *Srinivasan MA, Basdogan C*. Haptics in virtual environments: Taxonomy, research status, and challenges. *Comput Graph* 1997 Jul–Aug;21(4):393–404, doi:10.1016/S0097-8493(97)00030-7.
4. *Klatzky RL, Lederman SJ, Metzger VA*. Identifying objects by touch: An expert system. *Percept Psychophys* 1985;37(4):299–302, doi:10.3758/BF03211351.
5. *Naķano K*. Information regarding tactile sensation in friction signals with high uncertainty. *Tribol Int* 2008 Nov;41(11):1114–25, doi:10.1016/j.triboint.2007.12.005.
6. *Murray AM, Klatzky RL, Khosla PK*. Psychophysical characterization and testbed validation of a wearable vibrotactile glove for telemanipulation. *Presence-Teleop Virt* 2003 Apr;12(2):156–82, doi:10.1162/105474603321640923.
7. *Ding ZQ, Luo ZQ, Causo A, Chen IM, Yue KX*, et al. Inertia sensor-based guidance system for upperlimb posture correction. *Medical Engineering & Physics* 2013 Feb;35(2):269–76, doi:10.1016/j.medengphy.2011.09.002.
8. *Galambos P*. Vibrotactile feedback for haptics and telemanipulation: Survey, concept and experiment. *Acta Polytech Hung* 2012;9(1):41–65.
9. *Vuillerme N, Pinsault N, Fleury A, Chenu O, Demongeot J*, et al. Effectiveness of an electro-tactile vestibular substitution system in improving upright postural control in unilateral vestibular-defective patients. *Gait & Posture* 2008 Nov;28(4):711–5, doi:10.1016/j.gaitpost.2008.05.017.
10. *Vuillerme N, Cuisinier R*. Head position-based electro-tactile tongue biofeedback affects postural responses to Achilles tendon vibration in humans. *Experimental Brain Research* 2008 Apr;186(3):503–8, doi:10.1007/s00221-007-1249-9.
11. *Segond H, Weiss D*. Human spatial navigation via a visuo-tactile sensory substitution system. *Perception* 2005;34(10):1231–49, doi:10.1068/P3409.
12. *Kaczmarek KA, Tyler ME, Bach-y-Rita P*. Pattern identification on a fingertip-scanned electro-tactile display. In: *Proc. 19th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*;1997 Oct 30 – Nov 2; Chicago (IL), USA. 1997. p. 1694–6.
13. *Soneda T, Naķano K*. Investigation of vibrotactile sensation of human fingerpads by observation of contact zones. *Tribol Int* 2010 Jan–Feb;43(1-2):210–7, doi:10.1016/j.triboint.2009.05.016.
14. *Johnson KO*. The roles and functions of cutaneous mechanoreceptors. *Curr Opin Neurobiol* 2001 Aug;11(4):455–61, doi:10.1016/S0959-4388(00)00234-8.
15. *Johnson KO, Yoshioķa T, Vega-Bermudez F*. Tactile functions of mechanoreceptive afferents innervating the hand. *J Clin Neurophysiol* 2000 Nov;17(6):539–58, doi:10.1097/00004691-200011000-00002.
16. *Wu JZ, Dong RG, Raķheja S, Schopper AW, Smutz WP*. A structural fingertip model for simulating of the biomechanics of tactile sensation. *Medical Engineering & Physics* 2004 Mar;26(2):165–75, doi:10.1016/j.medengphy.2003.09.004.
17. *Slaviķ P, Bell J*. A mechanoreceptor model for rapidly and slowly adapting afferents subjected to periodic vibratory stimuli. *Math Biosci* 1995 Nov;130(1):1–23, doi:10.1016/0025-5564(94)00083-C.

18. *Bensmaïa S.* A transduction model of the Meissner corpuscle. *Math Biosci* 2002 Apr;176(2): 203–17, doi 10.1016/S0025-5564(02)00089-5.
19. *Brisben AJ, Hsiao SS, Johnson KO.* Detection of vibration transmitted through an object grasped in the hand. *Journal of Neurophysiology* 1999 Apr;81(4):1548–58.
20. *Hwang J, Hwang WN.* Vibration perception and excitatory direction for haptic devices. *J Intell Manuf* 2011 Feb;22(1):17–27, doi:10.1007/s10845-009-0277-7.
21. *Verrillo RT.* Vibrotactile thresholds for hairy skin. *Journal of Experimental Psychology* 1966 Jul;72(1):47–50.
22. *Whitehouse DJ, Morioka M, Griffin MJ.* Effect of contact location on vibrotactile thresholds at the fingertip. *Somatosensory & Motor Research* 2006 Mar–Jun;23(1-2):73-81, doi: 10.1080/08990220600741119.
23. *Mahns DA, Perkins NM, Sahai V, Robinson L, Rowe MJ.* Vibrotactile frequency discrimination in human hairy skin. *J Neurophysiol* 2006 Mar;95(3):1442–50, doi:10.1152/jn.00483.2005.
24. *Wilśka A.* On the vibrational sensitivity in different regions of the body surface. *Acta Physiologica Scandinavica* 1954 Jul 18;31(2-3):284–9, doi:10.1111/j.1748-1716.1954.tb01139.x.
25. *Verrillo RT.* Effect of contactor area on the vibrotactile threshold. *The Journal of the Acoustical Society of America* 1963;35:1962–6.
26. *Verrillo RT.* Effect of spatial parameters on the vibrotactile threshold. *Journal of Experimental Psychology* 1966 Apr;71(4):570–5.
27. *Bensmaïa SJ, Leung YY, Hsiao SS, Johnson KO.* Vibratory adaptation of cutaneous mechanoreceptive afferents. *J Neurophysiol* 2005 Nov; 94(5):3023–36, doi:10.1152/jn.00002.2005.
28. *Verrillo RT, Gescheider GA.* Effect of prior stimulation on vibrotactile thresholds. *Sensory Processes* 1977 Aug;1(4):292–300.
29. *Verrillo RT, Bolanowski SJ.* Effects of temperature on the subjective magnitude of vibration. *Somatosensory & Motor Research* 2003; 20(2):133–7, doi:10.1080/089902203100105163.
30. *Verrillo RT, Bolanowski SJ, Chełkocky CM, McGlone FP.* Effects of hydration on tactile sensation. *Somatosensory & Motor Research* 1998; 15(2):93–108.
31. *Verrillo RT.* Change in vibrotactile thresholds as a function of age. *Sensory Processes* 1979; 3(1):49–59.
32. *Cholewiak RW, Collins AA.* Vibrotactile localization on the arm: Effects of place, space, and age. *Percept Psychophys* 2003 Oct;65(7):1058–77, doi:10.3758/Bf03194834.
33. *Olausson H, Westberg J, Kağuda N.* Tactile directional sensibility: peripheral neural mechanisms in man. *Brain Research* 2000 Jun 2; 866(1-2):178–87, doi:10.1016/S0006-8993(00)02278-2.
34. *Veispaq A, Boets B, Ghiesquiere P.* Parallel versus sequential processing in print and braille reading. *Res Dev Disabil* 2012 Nov–Dec;33(6):2153–63, doi:10.1016/j.ridd.2012.06.012.
35. *Halmai A, Lukács A.* New linear-electromagnetic actuator used for cellular phones. *Periodica Polytechnica – Mechanical Engineering* 2007; 51:19–22.
36. *Ninu, A. and Dosen, S. and Farina, D. and Rattay, F. and Dietl, H.* A novel wearable vibrotactile haptic device. In: 2013 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE 2013); 2013 Jan 11–14; Las Vegas (NV), USA. 2013. p. 51–2.
37. *Miklós Á, Szabó Z.* Vibrator with DC motor driven eccentric rotors. *Periodica Polytechnica – Mechanical Engineering* 2012;56:49–53.
38. *Schena BM, Park M.* Immersion Corporation, assignee. Directional Inertial Tactile Feedback Using Rotating Masses. US Patent 7,182,691 B1. 2007 Feb 27.

39. Miklós Á, Szabó Zs. Simulation and experimental validation of the dynamics of a dual-rotor vibroactuator. In: Proceedings of the 11th

International Conference on Vibration Problems; 2013 Sep 9-12; Lisbon, Portugal. 2013 p. 351.

A kutatást a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség támogatta a COSMOSYS elnevezésű nemzetközi TÉT pályázat keretében (TÉT_08-SG-2010-0002).

Miklós Ákos

MTA–BME, Gépek és Járművek Dinamikája Kutatócsoport

H–1111 Budapest, Műegyetem rkp. 5.

Tel.: (+36) 1 463-1436

SAJTÓKÖZLEMÉNY



Ültető-fektető többfunkciós elektromos betegágy kifejlesztése az ASS BERENDEZÉSI RENDSZEREK Ipari Bt. és a Debreceni Egyetem együttműködésével az Új Széchenyi Terv keretében

Az ASS BERENDEZÉSI RENDSZEREK Ipari Bt. 2013 szeptemberében 145,65 millió forint támogatást nyert a „Piacorientált kutatási-fejlesztési tevékenység támogatása” programban az Új Széchenyi Terv keretében. A 242,31 millió forint összköltségvetésű beruházásban egy speciális, elektromos működtetésű betegágy kifejlesztésére kerül sor a Debreceni Egyetem Ortopédia Klinika Biomechanikai Laboratóriumával történő együttműködés keretein belül.

A K+F projekt célja egy olyan, saját ötleten alapuló elektromos működtetésű betegágy kifejlesztése, amely a tartósan ágyhoz kötött betegek ápolási körülményeiben komoly változást eredményezve egyrészt az ágyhoz kötöttséggel járó kirekesztettség érzés csökkentésével a beteg pszichés állapotának javítása révén hatékonyan hozzájárulhat a gyógyulási folyamathoz, másrészt segíti a sokszor fizikailag is nagyon nehéz ápolási munkát.

A 242 316 459 forint összköltségvetésű beruházásban több újdonság erejű funkció megvalósíthatóságának, műszaki, gazdasági és orvostechikai komplex vizsgálata történik: a beteg ülő helyzetbe emelése; az ülő helyzetben lévő betegnek az ágy síkjára merőleges pozícióba történő kifordítása; az ágytálasz körülményeinek javítása; az ágyra helyezett masszírozó rendszerrel a beteg vérkeringésének javítása; a lábszártartó ágyrész megosztása úgy, hogy a két lábszárat egymástól függetlenül lehessen mozgatni (pl. alsóvégtagi ízületi problémák esetén).

A fejlesztési folyamat során értékelemzés alkalmazásával kerül sor a végső változat funkcióinak meghatározására. A végső változat a modellezés és prototípus-készítés, valamint a nullszériás termékek klinikai tesztelése során jut el a piacra jutás fázisába. A beruházáshoz a vállalkozás 145 659 547 forint támogatást nyert el az Új Széchenyi Terv segítségével.

ASS BERENDEZÉSI RENDSZEREK

Ipari Bt.

Cím: 6900 Makó, Rákosi út 4.

E-mail: ass@ass.hu

www.ujszecsenyiterv.gov.hu

