

OTKA T 048386

RÉSZLETES BESZÁMOLÓ

2005-2008

**A szövegben megjelenő hivatkozási számok a „Közlemények” alatt, az egyes publikációknál megadott számokra utalnak, és az elvégzett munka megítélését vannak hivatva segíteni.**

Ez a szám nem az automatikus sorszámozás, hanem az első szerző név előtt megadott szám!

(Az egyszerűbb kezelhetőség kedvéért a beszámoló végén is megtalálható a publikációs jegyzék.)

## **1. Bevezetés, a kutatás hazai és nemzetközi hatásai**

A részletes beszámoló 5 részre tagozódik. A részek egymásra épülve segítik az elvégzett kutatómunka áttekintését. A szövegben - időrendi sorrendben számozva, és a hivatkozásoknál szokásos módon - feltüntettem azokat a publikációkat, amelyek az elvégzett munka alapján születtek. Természetes, hogy az OTKA követelményeinek megfelelően csak a „legsúlyosabb” közleményre hivatkozom. Előfordul, hogy egy adott eredményről más szerkesztésben, más nyelven és más országban is megjelent publikáció.

A szerződés mellékletét képező munkatervben foglalt feladatok teljesültek. Egy résztéma maradt, amelynél a munka végső fázisához érkeztünk, és a gyakorlati kipróbálás várhatóan ez év folyamán befejeződik, ez a mesterséges sphincter. És van egy olyan téma, amely ugyan nem szerepelt az eredeti tervben, de a kutatócsoport orvos tagjainak javaslatára 2007-ben felvettük a megoldandó feladatok sorába. Ebben az esetben figyelembe kellett vennünk az orvostudomány – ezen belül a sebészet - fejlődésének aktuális irányát, és mert a kérdéses új műtéti technika a szilikon elasztomerek felhasználásával készített segédeszközöket és aktuátorokat nem nélkülözheti, a módosítás mindenképpen szükséges volt. Ez egyben súlypontáthelyezést is jelentett, mert a szilikon elasztomerek finommechanikai gyártóeszközként való alkalmazása helyett az orvosi finommechanikai területre helyeződött a hangsúly. Örvendetes, hogy ennek az újonnan vállalt feladatnak eredményeként a SOTE I. sz. Sebészeti Klinikáján, 2007-ben elindult a NOTES (Natural Orifice Translumenal Endoscopic Surgery) minimal invazív sebészeti technika hazai kutatása, amelyben a klinika vezetője, Kupcsulik professzor körül kialakult csoport, és főként annak legtevékenyebb tagja, Dr. Lukovich Péter úttörő szerepet vállalt. Lukovich doktor az OTKA kutatócsoport tagja.

### **1.1 Hazai hatások**

Fontos kiemelni, hogy a NOTES sebészet világszintű bemutatkozása mintegy 4 évvel ezelőtt történt. Így az OTKA támogatásával olyan orvosi kutatásban tudtunk együttműködni, amely a világ élvonalához tartozik. Ezen OTKA kutatásnak köszönhetően már több olyan segédeszközt fejlesztetünk ki, illetve több eszköz van jelenleg is fejlesztés alatt, amelyek a jelenleg folyó 5 sebészeti kutatási témát teszik lehetővé. Az új műtéti technikával kapcsolatos információk a [www.notesweb.extra.hu](http://www.notesweb.extra.hu) honlapon olvashatók, amelyet ugyancsak Dr. Lukovich Péter és munkatársai szerkesztenek. A SOTE szervezésében 2008. márciusában megrendezésre került az I. Magyar NOTES Konferencia, amelyet 2009. februárjában már a második követ.

Tervezzük, hogy a most lezáráshoz érkezett közös OTKA kutatási témát a közeli jövőben már a NOTES sebészeti technika fejlesztéséhez és elterjesztéséhez szükséges műszaki alap kutatások irányában fogjuk folytatni.

Az OTKA kutatás eredményei egy 2008-ban Magyarországon megjelent könyvben is megjelennek, egy teljes fejezet, a 10. formájában, amelyet OTKA témavezetőként írtam. Ez a könyv az első átfogó bionikai jellegű mű, amely főként a biomechanikával, és annak orvostechnikai vonatkozásaival foglalkozik [19].

Jelenleg három PhD hallgatóm dolgozik a szilikon elasztomerek konstrukciós és szenzortechnikai alkalmazása területén. Egyikük dolgozatának munkahelyi vitája már sikerrel le is zajlott, a dolgozat beadásán munkálkodik. Két PhD hallgató a kutatási munkájának mintegy kétharmadát már elvégezte. Egy volt PhD hallgatóm, ezen OTKA kutatáshoz kapcsolódó, de már korábban elkezdett a disszertációját az Ilmenai Műszaki Egyetemen védte meg, erről az 1.2 fejezetben írok.

## **1.2 Nemzetközi hatások**

Ugyancsak az OTKA kutatás fontos eredményeként lehet elkönyvelni azt, hogy a 2008. évben megjelent első hazai biomechanikai szakkönyv teljes 10. fejezete az OTKA támogatásával elvégzett kutatásokon alapul. Erőteljes a nemzetközi visszhang is. A 2008-ban Németországban megjelent, többszerzős bionikai szakkönyv [24] 227. oldalán, engedélyünkkel az OTKA kutatás során elkészült testüreg szonda képe látható. Ugyancsak 2008-ban jelent meg Németországban a *Mechanics of Terrestrial Locomotion* c. könyv [25], amely részletesen ismerteti az OTKA támogatással, a BME-n és a SOTE-n, a nagyrugalmasságú szerkezetek területén folyó kutatásokat és annak eredményeit, a bionikai inspirációjú mozgásformák területén.

Az szilikon elasztomerek alkalmazásával és az anyagjellemzőkkel kapcsolatos OTKA kutatások felkeltették a világ legismertebb szilikon alapanyag gyártó cégének, a NuSil (USA) európai képviselő munkatársainak figyelmét is. 2007-ben [14], és 2008-ban [28] meghívtak a Karlsruhe melletti központjukban évente megrendezésre kerülő több napos továbbképző tanfolyamaikra, vendég előadóként. Mindkét alkalommal főként a szilikon elasztomerek dinamikai tulajdonságaira, valamint a szenzorként való alkalmazásra kellett az előadásokban összpontosítani. A tanfolyamokon Nyugat-Európából érkezett felhasználó cégek képviselői voltak jelen, túlnyomórészt az orvostechnikai ipar képviselőiben. A jó szakmai kapcsolatnak köszönhetően a NuSil cég ellátta kutatócsoportunkat a legújabb orvostechnikai, különleges tisztaságú alapanyagaik mintacsomagjaival.

A hosszú múltra visszatekintő tudományos és oktatói együttműködés Thuringia egyetlen műszaki egyetemével, a Technische Universität Ilmenau, Inst. für Technische Mechanik nagyrugalmasságú struktúrák területén - a szilikon elasztomerek kapcsán - új lendületet kapott. Az OTKA kutatás kertében minden évben egy-egy PhD hallgatót fogadtunk és küldtünk, akik a szilikon elasztomerekkel kapcsolatos témáikon 6-6 hónapot dolgoztak. Ezen együttműködés keretében Böhm Valter volt doktoranduszom sikerrel védte meg a TU Ilmenau-n disszertációját, amelyben egy szilikon alapú, különleges finommechanikai csuklórendszerrel foglalkozott [27]. Minden évben vendégelőadást tartok a „Biokompatible Werkstoffe” témakörben az Ilmenai Egyetemen a Biomedizintechnik, továbbá a Biomechatronik szakok hallgatóinak. Az előadások legnagyobb részét az OTKA kutatás eredményei adják.

Ugyancsak egyetemközi együttműködés, a Technische Universität Dresden Inst. für Feinwerktechnik und Elektronik Design szakemberivel ápolta régi kapcsolat megújulását hozta az OTKA kutatás. Az évenként vendégelőadásokon túlmenően, 2008. novemberében elhatároztuk, hogy az ipari és hallgatói igények kielégítésére közösen, tananyagot dolgozunk ki Bionika témakörben. A flexibilis biológiai struktúrák műszaki leképezése területén a szilikon elasztomerek szerepe meghatározó. A tematikát mind a BME-n, mind pedig a TU Dresden-en azonos formában tervezzük alkalmazni.

## **2. Anyagvizsgálatok**

A nagyrugalmasságú szerkezetekben – elsősorban a finommechanikában és az orvostechikában - alkalmazható szilikon gumi típusok mechanikai, dinamikai, villamos, optikai tulajdonságainak rendszerező, továbbá élettartam vizsgálatait végeztük el. Egy korábbi OTKA kutatás során kimutattuk, hogy a szilikon elasztomerek típusainak szinte áttekinthetetlen sokfélesége mellett, van egy olyan anyagjellemző, amely alkalmas arra, hogy a tervező számára támpontot adjon, és ez a Shore keménység. A szilikon elasztomerek mechanikai tulajdonságait döntően 3 dolog determinálja. Ezek molekulalánc variációi, és az átlagos lánchosszúság, a töltőanyagok mennyisége és milyensége, valamint az oldószer tartalom. A kutatásunk elsősorban arra irányult, hogy megvizsgáljuk, a szilikon elasztomerek szerkezeti anyagként és szenzorként milyen feltételekkel alkalmazhatóak. Anyagvizsgálataink ezért a kutatás előfeltételeként szolgáltak, és minden alkalmazás területén újra szerepet kaptak.

Új módszert vezettünk be az általunk alkalmazni kívánt szilikon elasztomerek dinamikai modelljének és anyagmodelljének meghatározására, ez a rendszertechnika szintézis módszere. E módszer lehetővé teszi, hogy a szakítóvizsgálatok során nyert konkrét mérési adatokból, objektív eljárással határozzuk meg a koncentrált paraméterű dinamikai modellt [1] [7]. Ennek lényege az, hogy a szakítógörbe Laplace transzformáltját kimenetként véve, az ismert bemenet Laplace transzformáltjának ismeretében az átviteli függvény meghatározható. Ez az átviteli függvény esetünkben a vizsgált anyag impedancia hálózatának eredő értéke. A parciális törtekre bontás segítségével a konkrét 5 paraméteres modell előállítható.

Gyakorlati szempontból, és a felhasználókat tekintve fontos eredményünk, hogy ki tudtuk mutatni, mely anyag típusoknál helyettesíthetők a nagy tisztaságú, drága orvosi szilikonok olcsóbb ipari típusokkal [21], [34]. Az orvosi tisztaságú (UP6) szilikon gumik ára ugyanis sokszorososan meghaladja az ipari szilikonokét. Prototípusok gyártásánál, a kísérleti fázisban az olcsóbb alapanyagok alkalmazása csökkenti a fejlesztési költségeket. Ezeket a vizsgálatokat az orvosi szilikon alapanyagokat gyártó piacvezető cég, a NuSil (USA), az európai képviselőjén keresztül (Polytech-PT), vizsgálati anyagok rendelkezésére bocsátásával hathatósan támogatta.

## **2. Technológiák összehasonlítása**

Megmutattuk, hogy a prototípus gyártás területén szokásos két technológiával (présvulkanizálás és öntés) előállított szilikon gumi legfontosabb mechanikai tulajdonságai között nincs meghatározó különbség. A nem orvosi szilikon gumi termékeket gyártó cégek jellemzően ún. likvid szilikon alapanyagot alkalmaznak a tömeggyártásban. Ez az alapanyag rendkívül viszkózus, így általában nagy nyomáson, extrudálással állítják elő a termékeket. A vulkanizálás magas hőmérsékleten, peroxidos eljárással megy végbe, ami által mérgező komponensek maradványai is visszamaradhatnak a termékben. Az orvosi szilikonokat

ugyancsak nagy nyomáson, fröccsöntéssel, vagy fröccsnyomással sajtolják a szerszámba, de a vulkanizáció addíciós, vagy kondenzációs folyamat. A kutatócsoportunk által előállított kísérleti darabok, jellemzően vékonyfalú, és rendkívül részlet gazdag alkatrészek akkor sem lennének készíthetők nagy nyomású technológiával, ha ilyen berendezések a kutatóhelyen rendelkezésre állnának. A szerszámba beáramló anyag a vékony falú elemeket egyszerűen letépné. Ezért a mintadarabgyártás, a labor körülmények közötti fejlesztés csak présvulkanizálással, vagy öntéssel, esetlegesen réteges öntéssel történhet. Ez viszont felveti a kérdést, hogy a présvulkanizációs és az öntéses technológiák révén előállított termékek mechanikai tulajdonságai között van-e kimutatható különbség? Jellemzően ismét azokat a Sh keménységeket vizsgáltuk, amelyek a nagyrugalmasságú konstrukciókban lényeges szerepet kapnak (20–70 Sh). Vizsgálataink révén kimutattuk, hogy a két prototípus gyártástechnológia révén előállított próbatestek szakítógörbéiben és a szakítószilárdságban nincsen olyan mértékű különbség, amely az öntéses technológiát hátrébb sorolhatná [21], [34].

### 3. Aktuátor formák optimalizálása

A beszámoló bevezetőjében említettem, hogy az új, szerkezeti anizotrópián alapuló pneumatikus aktuátoros, digitális vezérlésű, testüreg-szondát 2008-ban már két német tudományos mű is bemutatta [24], [25]. A szonda ipari és orvosi alkalmazásra egyaránt alkalmas, bár eredetileg kifejezetten vastagbél vizsgálatokhoz alkalmas, miniatürizált, féregmozgáson alapuló, önjáró robot mozgatórendszerének és vezérlésének kifejlesztése volt a célunk. A kísérleti példány elkészítése 2 évét vett igénybe, és elkészülte után különböző súrlódási együtthatójú, nedves, és száraz, merev és rugalmas falu csővezetékben teszteltük. Ezt követően in vitro tesztek is végrehajtottunk állati vastagbélben, amelynek a belső keresztmetszete szabálytalan. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a szonda irányíthatóan képes előrehaladni mindegyik üreg típusban. Az eredményeket több közleményben ismertettük, ezek közül a legfontosabbak [5], [6], [18].

Egy másik, nagy jelentőségű speciális orvosi aktuátor, a mesterséges sphincter (bélelzáró) prototípusának VEM modellezését 2009. januárjában fejeztük be. A szerkezet aktuátorának alakja, és a zárás mechanizmusa alapvetően eltér a világon jelenleg egyedül beszerezhető típustól (AMS 800). Az orvosi szakirodalom alapos tanulmányozása, a műtéti eredmények nyomán követése ugyanis egyértelműen mutatja, hogy az AMS 800 esetében alkalmazott mechanikai zárási elv szövödményeket okoz. A kutatócsoportunk által kidolgozott zárási elv a záróizmok valós működéséhez közeli állapotot hoz létre, csökkentve a szövetek becsípődésének és a nyomás miatti nekrozis a veszélyét [23], [29]. Az első változatot, a forma bonyolultsága miatt, csak az orvosok igényénél nagyobb térfogatban tudtuk előállítani. A VEM modellezések eredményeként végül sikerült a méretcsökkentés, a működési funkció megtartásával. Az eredményeket, a fejlődést is reprezentálva, konferencián és szaklapban is bemutattuk [16], [26], [36], [40]. E fejlesztésünk kapcsán kell megemlíteni, hogy az eredmények publikálása nem csak a testüreg szonda, hanem a mesterséges sphincter esetében is folyamatos gondot jelent. A multi cégek képviselői nem csak a konferenciákon vannak jelen, hanem állandóan figyelik a szakmai folyóiratokat. A szabadalomképes ötletek meg nem engedett formában való eltulajdonítása alkalmazott alapkutatások esetében nagyon nehezen védhető ki, ezért a publikálás az utolsó 3 évben külön gondot jelentett számunkra. Óvatosnak kellett lenni, hogy publikációink színvonalának csökkenése nélkül úgy jelentessünk meg cikkeket, hogy azok az ötletlopást ne segítsék.

Az alakoptimalizálás fázisában van a bevezetőben említett minimál-invazív gastro-entero NOTES sebészethez nélkülözhetetlen védőcső és aktuátor. Ez a szilikon védőcső nélkülözhetetlen, ha a sebész a nyelőcsövön és a gyomor falon keresztül kíván az eszközeivel

a hasüregbe kijutni, és ott beavatkozásokat elvégezni. A módszer előnye, hogy nem marad a külső hasfalon seb, gyorsabb, és szövödmény-mentesebb a gyógyulás. Ugyanakkor biztosítani kell, hogy az eszközök cseréje során a nyelőcső érzékeny szövete ne szenvedjen károsodást. A védőcsövet megfelelő pneumatikus aktuátorral rögzíteni kell a gyomorfallal ejtett nyílás két oldalán, és az aktuátor egyben jelentős vérzéscsillapítást is eredményez. A mintapéldányokat elkészítettük, és jelenleg a sebészek ennek segítségével gyakorolnak in vitro. A tapasztalatokat összegyűjtöttük, orvos kutatótársaink külföldi rangos szaklapokban számoltak be az eredményeikről [10], [11], [14]. Jelenleg az aktuátor végleges alakjának VEM modellezése folyik. E fázis nélkülözhetetlen a bonyolult alakú gyártó szerszám megtervezése előtt.

A beszámoló bevezetőjében említettem, hogy az eredeti munkatervben még nagyobb hangsúllyal szerepelt a finommechanikai szerelés céljaira alkalmas dugattyú nélküli munkahenger kísérleti példányának megalkotása. A kutatócsoport orvos tagjai azonban meggyőztek minket arról, hogy fontosabb az emberi élet minőségének javításával kapcsolatos kutató tevékenység, ezért csak egy speciális bionikai elvű robotmegfogó terve készült el a VEM szimulációk eredményeként. Ezt az Ilmenai Műszaki Egyetem Mechanika Intézetének munkatársaival közösen fejlesztettük ki [2], [5]. A témában, közös magyar-német vezetéssel, sikerrel megvédett PhD dolgozat született [27], és a BME MOGI Tanszék és a TU Ilmenau közötti nemzetközi együttműködésünkben továbbra is ez az egyik kutatási terület. A másik fontos terület a bionikai mozgásformák közös kutatása.

#### **4. Új típusú szenzorok**

Igazoltuk a nagy tisztaságú optikai szilikon kettőtörő tulajdonságát meghatározott feltételek mellett, és elsőként alkalmaztuk az effektust száloptikával kombinált erőmérőben [20], [33] [38].

A vezető szilikon nagy rugalmasságú anyagokból készült, és iparban alkalmazott szerkezetekhez való integrálhatóságát, élettartamát, statikus és dinamikai jellemzőit vizsgáltuk eredményesen [3], [9], [22].

A kutatás során újabb alkalmazási lehetőségek merültek fel, és ezek létjogosultságát a nemzetközi publikációk figyelése is megerősítette. Ezért a húzó és hajlító igénybevételek mellett elkezdtük a nyomásos terhelés vizsgálatát is [15]. Lehetőség látszik ugyanis szelektív nyomásérzékelő „szőnyeg” elkészítésére vezető szilikon gumi alkalmazásával.

Fontos elméleti kutatást is elkezdtünk a vezető szilikon gumi mechanikai és villamos tulajdonságai közötti kapcsolatrendszer vizsgálatára, különös tekintettel a mindkét fizikai területen észlelhető relaxáció és kúszás tekintetében. Úgy tűnik, hogy ez az alap kutatás jellegű vizsgálat, az OTKA kutatás lezárását követően, még hosszabb időre is elláthatja izgalmas témával a csoport tagjainak egy részét. Első eredményeinket már közzétettük [38], [39].

A vezető szilikon szenzor a versenylovak mozgásanalízisére is alkalmas, mert az eddigi módszer helyett minimális beavatkozást igényel. A jelenleg ismert módszerek rendkívül költségesek és bonyolultak, főként akadályozzák a versenyló normális mozgását. A mozgás analízis célja az alsó lábszár inain fellépő mechanikai terhelések mérése az ugrás befejező fázisában. A probléma szakmai körökben nemzetközileg is fontos, mert a sérülések a rendkívül magas költséggel kiképzett állatokat a későbbiekben alkalmatlanná teszik további versenyzésre. A vizsgálatokhoz szükséges volt egy olyan fémből készült szerkezet elkészítése, amely a ló alsólábszárának legfontosabb anatómiai arányait megtartva, lehetővé teszi a szilikonból készült inak elhelyezését úgy, hogy ezekre a vezető szilikon szenzor applikálható legyen. A lábszár modell megépítéséhez a Szt. István Egyetem Állatorvosi



- [4] L. Molnár – A. Huba – E. Solti – A. Bojtos:  
Measuring Technique of Tendon's Mechanical Behaviour  
Gépészet 2006. BME-NTICL. ISBN 963 593 465 3. PP340-346.
- [5] J. Keskeny – A. Huba – I. Muka:  
High Elastic Bionic Based Robot and Gripper  
ICM 2006. IEEE 3rd Internat. Conf. on Mechatronics  
ISBN 1-4244-9712-6. PP236-241
- [6] A. Huba – J. Keskeny – I. Muka:  
Design and Control of High Elastic Tube Robot with Worm-Like Locomotion  
17th Internat. DAAAM Symposium, 2006 Vienna.  
ISSN 1726-9679 PP463
- [7] L. Molnár – A. Czmerk – A. Huba:  
Mechanical Behaviour of Silicone Rubber in Time and Frequency Domain  
Gépészet 2006. BME-NTICL. ISBN 963-593-465-3.
- [8] L. Molnár – M. Brandt:  
Research into Bending Stiffness of Oesophageal Stent Using Numerical Simulation  
Gépészet 2006. BME-NTICL. ISBN 963-593-465-3.
- [9] L. Valenta – T. Zahola – A. Huba – J. Halas:  
High Elasticity Strain Gauge on Silicone Basis  
Gépészet 2006. BME-NTICL. ISBN 963-593-465-3.
- [10] K. Tari – P. Lukovich – G. Váradi – A. Jónás – K. Gerlach – P. Kupcsulik:  
NOTES on fan endoscopic assistant about N.O.T.E.S.  
11th ESGENA Conference, 2007. Paris
- [11] A. Zsika-Klein – P. Lukovich – P. Winternitz – K. Tari – P. Kupcsulik:  
The Role of Endoscopic Ultrasound in Transgastric Interventions With Flexible  
Endoscope. Experimental Results.  
Gut 39 (Suppl I) A191 IF 6,601
- [12] A. Jónás – P. Lukovich – P. Bata – G. Váradi – B. Kecskédi – P. Kupcsulik:  
Oesophagel Diverticulum: New Indication of Using Magnets in the Minimal Invasive  
Therapy. Experimental Study.  
Gut 39 (Suppl I) A227 IF 6,601
- [13] B. Kecskédi – P. Lukovich – A. Zsika-Klein – K. Tari – A. Jónás – G. Váradi – B.  
Kádár – P. Kupcsulik:  
New Minimal Invasive Method for Creation of Gastro-Entero Anastomosis.  
Experimental Results on Biosynthetic model  
Gut 39 (Suppl I) A352 IF 6,601

- [14] A. Huba:  
Silicongummi als Konstruktionsmaterial. Ausgewählte technische Eigenschaften und einige Anwendungen.  
Polytec-PT/NuSil Kundenseminar „Silicone“ 2007.  
Waldbronn/Karlsruhe, CD Informationsmaterial
- [15] A. Bojtos – A. Huba:  
Hyperelastic Silicone Rubber Sensors  
Technical Review, Cluj-Napoca, 38/2007. PP67-71.
- [16] I. Muka – A. Huba:  
Hydraulic Operated High Elastic Closure System  
Technical Review, Cluj-Napoca, 38/2007. PP279-282.
- [17] P. Lukovich – G. Váradi – A. Zsika-Klein – A. Huba – P. Kupcsulik – K. Tari:  
Testing New Semiflexible Instrument on Biosynthetic Model Developed for Transgastric Surgery  
Gut 39 (Suppl I) A 353 IF 6,601
- [18] A. Huba – J. Keskeny:  
Design of a Flexible Tube Robot  
Facta Universitatis. Mechanical Engineering., Univ. Nis. Vol 4. No1. PP45-51.
- [19] Halász G. (szerkesztő): Modellezés a biomechanikában.  
Műegyetemi Kiadó, 2007. 10. fejezet, PP395-444
- [20] L. Valenta - A. Bojtos:  
Mechanical and Electrical Testing of Electrically Conductive Silicone Rubber  
Trans Tech Publications, Zürich Vol 589 (2008). PP179-184. IF 0,3
- [21] J. Keskeny – A. Huba:  
Influences of Manufacturing Technology on the Mechanical Properties of Silicone Rubber Structures  
Materials Science, Testing and Informatics  
Trans Tech Publications, Zürich, 2007. Vol 537-538. PP663-670. IF 0,3
- [22] L. Valenta – A. Huba – I. Muka:  
High Elastic Strain Gauge Made from Silicone Rubber  
Materials Science, Testing and Informatics  
Trans Tech Publications, Zürich, 2007. Vol 537-538. PP709-716. IF 0,3
- [23] A. Bursics:  
Anorectal physiological changes after rubber band ligation and closed haemorrhoidectomy  
Colorectal Dis Vol 6. PP58-61.
- [24] K. Braun – R. Erb – M. Fink:  
Spektrum Bionik. Vorbild Natur in Leben und Technik  
Wissen Media Verlag, Gütersloh/München, 2008.



- [25] K. Zimmermann – I. Zeidis – C. Behn:  
Mechanics of Terrestrial Locomotion  
Springer Verlag, 2009.
- [26] I. Muka – A. Huba:  
Design of Biomechanical Actuator  
53rd Intern. Wissensch. Koll., Ilmenau, 2008.
- [27] V. Böhm:  
Bionisch inspirierte monolithische Gelenkelemente mit fluidmechanischem Antrieb  
Dissertation, TU Ilmenau, 2005.
- [28] A. Huba:  
Silicongummi als Konstruktion-und Sensormaterial?  
Polytec-PT/NuSil Kundenseminar „Silicone” 2008.  
Waldbronn/Karlsruhe, CD Informationsmaterial.
- [29] A. Bursics – Z. Csapó - K. Morvay:  
Complication and Failure After DG-HAL Procedure  
Colorectal Dis, abstract, Vol 5.
- [30] P. Lukovich - Mehdi Sadat Akhavi –A. Jónás – B. Kádár – P. Bata – K. Tari –P. Kupcsulik:  
New Minimal Invasiv Aproaches to Produce Gastro-Jejunostomy by Flexible Endoscope  
Z Gastroenterol, 2006. Vol 44. IF 1,0
- [31] B. Kádár – P. Lukovich - Sadat Akhavi Mehdi – A. Jónás – P. Bata – K. Tari – P. Kupcsulik:  
Transgastric Gastro-Jejunal Anastomosis by Flexible Endoscope on a Porcine’s Digestive Tract  
Z Gastroenterol 2006. Vol 44. IF 1,0
- [32] A. Jónás – P. Lukovich – B. Kádár - Sadat Mehdi, P. Bata – K. Tari - P. Kupcsulik:  
Our First Experiences with Endoscopic Gastroentric Anastomosis Using Magnets  
Z Gastroenterol 2006. Vol 44. IF 1,0
- [33] A. Bojtos – L.Valenta:  
Examine of Mechanical Load of Silicone Rubber by Optical Methods  
Trans Tech Publications, Zürich Vol 589 (2008). PP191-196. IF 0,3
- [34] I. Muka – A. Huba:  
The comparison of Solid Silicone Rubber Types Manufactured by Diverse Technologies  
Trans Tech Publications, Zürich Vol 589 (2008). PP123-129. IF 0,3
- [35] A. Huba – A. Bojtos – N. Szakály:  
Modelling of Tendon Load on the Lower Leg of Racehorse  
3rd Hungarian Conf. on Biomechanics, 2008. ISBN 978 963 06 4307 8. PP101-107.

- [36] I. Muka – A. Huba:  
Developing of an Artificial Sphincter Using Silicone Elastomer Material  
3rd Hungarian Conf. on Biomechanics, 2008. ISBN 978 963 06 4307 8. PP223-228.
- [37] I. Muka – P. Elek – P. Lukovich:  
Semiflexible Endoscope and Overtube for Minimal Invasive Surgery  
3rd Hungarian Conf. on Biomechanics, 2008. ISBN 978 963 06 4307 8. PP229-236.
- [38] A. Bojtos – A. Huba:  
Transparent Silicone Rubber Used for Optical Force Transducer  
53rd Internat. Wissenschaftl. Koll., Ilmenau, 2008. ISBN 978-3-938843-37-6. PP 103
- [39] A. Bojtos – A. Huba:  
Strain Sensor Development Based on the Optical Birefringence Effect  
Gépészet 2008, ISBN 978-963-420-947-8. L-05.
- [40] I. Muka – A. Huba:  
Design and Optimisation of Artificial Sphincter with FEM Method  
Gépészet 2008, ISBN 978-963-420-947-8. N-08.