

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**A TÉRD POSZTOPERATÍV REHABILITÁCIÓJÁT ELŐSEGÍTŐ
ESZKÖZÖK KIFEJLESZTÉSE ÉS KLINIKAI KIPRÓBÁLÁSA**

Manó Sándor

Témavezető: Dr. Csernátony Zoltán, az MTA doktora



DEBRECENI EGYETEM

Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2016

A térd posztoperatív rehabilitációját elősegítő eszközök kifejlesztése és klinikai kipróbálása

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a Klinikai Orvostudományok tudományágban

Írta: Manó Sándor, okleveles gépészmérnök, minőségirányítási szakmérnök

Készült a Debreceni Egyetem Klinikai Orvostudományok doktori iskolája
(Mozgásszervi betegségek doktori programja) keretében

Témavezető: Dr. Csernátory Zoltán, az MTA doktora

A doktori szigorlati bizottság:

Elnök: Prof. Dr. Berta András, az MTA doktora
Tagok: Dr. Bacsó Zsolt, PhD
Dr. Farkas Csaba, PhD

A doktori szigorlat helyszíne és időpontja:

Debreceni Egyetem ÁOK Szemészeti Tanszék könyvtára
2016. február 4. 11:00

Az értekezés bírálói:

Prof. Dr. Kiss Rita, az MTA doktora
Prof. Dr. Borbás Lajos, PhD

A bíráló bizottság:

Elnök: Prof. Dr. Berta András, az MTA doktora
Tagok: Prof. Dr. Kiss Rita, az MTA doktora
Prof. Dr. Borbás Lajos, PhD
Dr. Bacsó Zsolt, PhD
Dr. Farkas Csaba, PhD

Az értekezés védésének helyszíne és időpontja:

Debreceni Egyetem ÁOK Belgyógyászati Intézet „A” épület tanterme
2016. február 4. 13:00

1. BEVEZETÉS

A térd sérüléseinek és betegségeinek kezelésére egyre nagyobb számban alkalmaznak különféle műtéti megoldásokat. Az ízület súlyosabb kopása, károsodása esetén sok esetben egyedül a teljes ízületi felszín pótlásával járó ún. totál endoprotézis (TEP) beültetés jöhet szóba. A nagyízületi endoprotetika az 1960-es években vált rutinszerű beavatkozássá először a csípőízület esetén, majd bő tíz évvel később terjedtek el a térd TEP beültetések. Míg a primer csípőprotézis beültetések száma 2030-ig a jelenleg elfogadott előrejelzések alapján nagyjából 30%-kal emelkedik, a térdprotézis beültetések száma ez idő alatt akár meg is négyszereződhet. A műtéti szám növelése mellett a műtétet követő rehabilitációra is egyre nagyobb hangsúly helyeződik, hiszen a műtét végső eredménye nagyban függ az eredményesen megvalósított posztoperatív rehabilitációtól. A fő cél, hogy a beteg hazabocsájtásakor a lehető legjobb mozgástartományt érjenek el az operált térden. Míg a normál térd maximum 150° körüli flexióját – ritka kivételektől eltekintve – nem tudják elérni, és ezt mind a szakma, mind a betegek elfogadják, addig a teljes extenzió elérése gyakorlatilag nélkülözhetetlen, hiánya – a *flexiós kontraktúra* – további problémákhoz vezethet. Hiába érik el a műtét során a teljes nyújtást, a tapasztalatok alapján az azt követő időszakban sokszor kialakul a flexiós kontraktúra. Irodalmi adatok alapján a 10° -nál nagyobb extenziós elmaradás előfordulása nőknél a 24%-ot, férfiaknál a 37%-ot is eléri.

A rehabilitáció során megoldható teljes extenzió elmaradás leggyakoribb oka a fájdalom kiváltotta reflexes izomvédekezés, de sokszor közrejátszik a beteg nem megfelelő kooperációja is. Már néhány fok flexiós kontraktúra is meglehetősen káros biomechanikai változásokat idéz elő a térdízületben, hiszen míg teljesen nyújtott térd mellett gyakorlatilag aktív folyamatos izommunka helyett csak finom egyensúlyozó mozgásokra van szükség a térd körüli izmok részéről, addig a szemiflektált helyzetben tartott térd esetén álláskor folyamatos munkára van kényszerítve az *extenzor* és a *flexor* izomzat, ezáltal azok korai kifáradásához és következményes fájdalomához vezet. Ezek mellett az ízfelszínek közötti megnövekedett nyomás miatt a *patellofemoralis* ízület terhelése is jelentősen nő, valamint a

későbbiekben a lágyrészegegyensúly megbomlása miatt ízületi instabilitáshoz is vezethet a mozgás effajta beszűkülése.

A térdízületi protézis műtöttek rehabilitációja során a gyógytorna kiegészítésére világszerte hagyományosan az ún. *Continuous Passive Motion* (CPM) berendezéseket alkalmazzák. A műtét után elvárható mozgástartomány visszaállítása azonban – főleg a fájdalom elleni reflexes védekezés miatt – sok esetben nem valósul meg maradéktalanul. Ezek a berendezések ugyan nagyon nagy segítséget jelenthetnek a rehabilitációban, azonban – amint az a hétköznapi gyakorlatban klinikánkon felismerésre került – a készülék a térd teljes kinyújtását nem teszi minden esetben lehetővé, ezáltal gyakorlatilag konzerválja a flexiós kontraktúrát.

Két felismerésünkre alapozva, nevezetesen, hogy a CPM berendezés a térd teljes nyújtását nem biztosítja, másrészt hogy a ritmikus *rángómozgás* oldja a térd flexiós kontraktúráját, a Debreceni Egyetem Ortopédiai Klinikáján elkezdtük egy olyan – a jelenlegi kezeléseket kiegészítő – eszköz-páros fejlesztését, amely alkalmazásával bizonyítottan csökkenthető a flexiós kontraktúra mértéke. Ennek egyik része az ún. *Elevated Heel Rest* (EHR), amely tulajdonképpen egy formára mart szivacs tömb, amely a sarok alátámasztására szolgál. Fontos tulajdonsága – amellet, hogy a végtagot és a térdet felemelve tartja –, hogy nem enged kirotációt, így csak a *sagittalis* síkú mozgásokra és térdízületi komponensekre van hatással. Ennek a jelentősége abban áll, hogy fiziológiás körülmények között egy egészséges ember is alsó végtagjait hanyatt fekvő helyzetben bizonyos mértékben kirotálva tarja. A megemelt sarok mellett – amikor a térd a levegőben van – ha ezt a kirotációt nem akadályozzuk meg, a térdet tulajdonképpen varizálnánk.

Az eszközpáros másik tagja a sarok ritmikus rázására kifejlesztett eszköz, a *Heel Vibrating Device* (HVD). Az eszközt első lépésben klinikánk orvosai és gyógytornászai magukon is kipróbálták és valóban nagyon hatékonynak tűnt. Az EHR-rel kiegészített rendszerrel elvégzett pilot study szubjektív és objektív eredménye is biztató volt. Az eszközzel végrehajtott klinikai vizsgálat eredményei kedvezőek vol-

tak, a betegek jól tűrték, és a hatékonyság érdekében szívesen használták. Az időközben elvégzett továbbfejlesztés eredménye egy ún. *bedside* (ágy melletti) konstrukció lett, amely – az első verzióval összehasonlítva – már nem igényel külön ágyon történő betegelhelyezést, bármely beteg ágya mellé tolható és a kezelés azonnal megkezdhető.

A posztoperatív térdkezelések hatékonyságának megítélésakor, a már említett eszközök, az EHR és a HVD kifejlesztése során is rendszeresen előjött az az alapvető kérdés, hogy a térd flexiós/extenziós szöge hogyan is mérhető le viszonylag nagy pontossággal. A kérdéskör tisztázása érdekében egy átfogó mérési sorozatot végeztem, amely során a röntgenfelvétel alapú mérés pontosságát, illetve alkalmazhatóságát vizsgáltam.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Munkámat az alábbi célok elérése érdekében végeztem.

A. Mérési tevékenység

- a. A térd extenziós szög konvencionális röntgenfelvételek alapján új módszerrel történő értékelése és a mérés pontosságának meghatározása.
- b. Az előzőek alapján a legmegfelelőbbnek tűnő mérési módszer kidolgozása.

B. Eszközfejlesztés

Új eszközök kifejlesztése a posztoperatív térd flexiós kontraktúra kialakulásának megelőzésére, illetve kezelésére.

- a. Statikus eszköz kifejlesztése: az Elevated Heel Rest (EHR);
- b. Dinamikus berendezés kidolgozása: a Heel Vibrating Device (HVD)
- c. Kombinált berendezés prototípusának kifejlesztése: a Knee Moving Device (KMD)

C. Klinikai vizsgálatok

A kifejlesztett eszközök klinikai kipróbálása, az alkalmazás tapasztalatainak összegzése és statisztikai értékelése.

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A térd TEP műtéteket követő rehabilitáció során azon túl, hogy *minél jobb* flexiót igyekszünk elérni, a teljes extenzió elérése *nélkülözhetetlen*. Kutatásaim gyakorlatilag ez utóbbi feltétel köré épültek, és két fő irányban valósultak meg.

3.1. A térd extenziós szögének mérése röntgenfelvételek alapján

A térd flexiós-extenziós szögének mérése látszólag egyszerű feladat, azonban a hagyományos szögmérőkkel, goniométerekkel történő mérés csak közelítő eredményt ad. A megfelelő pontosság eléréséhez ismernünk kell a lábszár és a comb tengelyét meghatározó csontok pontos helyzetét. Erre a legkézenfekvőbb lehetőséget a rutin oldalirányú röntgenfelvételek elemzése adhatja, azonban két problémával is szembesülnünk kell, ha ezeket a felvételeket értékelni szeretnénk: (1) a nemzetközi standardok szerint készült röntgenfelvételeken sem a *tibia*, sem a *femur* nem ábrázolódik teljes hosszában, illetve (2) a nem pontosan oldalirányból készült röntgenfelvétel torzíthatja a felvétel alapján mért szöget.

A fenti tényezők hatásának tisztázása, illetve kiküszöbölése érdekében a munkám első részében olyan mérési sorozatokat hajtottam végre, amelyek nyomán a térd extenziós szög röntgenfelvételek alapján történő pontos mérését lehetővé tévő módszer került kidolgozásra.

3.1.1. A comb és a lábszár valós és látszólagos oldalirányú tengelyének vizsgálata

A kísérlet során azt vizsgáltuk, hogy a comb, illetve a lábszár valós tengelye és a röntgenfelvételeken meghatározható tengelyek között milyen eltérés mutatkozik, ha a felvétel iránya

a pontos oldaliránytól különböző mértékben eltér. A mérés során 10 letisztított, kifőzött combcsontot és 10 *tibia-fibula* párt fényképeztünk pontosan oldalirányból, illetve úgy, hogy a csontot a tengelye körül $\pm 30^\circ$ -os tartományban 2° -os lépésekkel egy léptetőmotor alkalmazásával elforgattuk. Így minden lábszárról (*tibia-fibula*

párról) és minden combcsontról összesen 30+1 felvétel készült. Mivel lágyrészek híján nem volt szükség röntgenfelvételek készítésére, digitális fényképeket alkalmaztunk. A digitális fényképekre vektorgrafikus szerkesztő szoftver segítségével berajzoltuk a következő alakzatokat:

1. a nagytompor középpontja és az *epicondylusok* középpontja közé feszíthető szakasz (a *femur* tengelye)
2. a *femur* elülső disztális körvonalára illeszthető félegyenes
3. a *tibia* elülső proximális élére illeszthető félegyenes
4. a *tibia* hátsó proximális élére illeszthető félegyenes
5. a *fibula*fej és a külboka közé húzható szakasz (a lábszár tengelye)

Annak megállapítására, hogy mennyire határozhatják meg pontosan a combcsont, illetve a lábszár tengelyét a térd oldalirányú röntgenfelvételén is berajzolható (1,3 és 4) félegyenesek, a következő lépésben lemértük az 1-2, illetve a 3-5 és 4-5 egyenesek által bezárt, rendre α , β és γ szögeket (minél kisebb egy adott szög, annál pontosabban határozza meg a hozzá tartozó félegyenes a *femur*, vagy a lábszár tengelyét).

3.1.2. A térdhajlítás szögének mérése különböző vetületekben

A mérési sorozat végrehajtása közben arra kerestük a választ, hogy ismert, beállított extenziós szögek mennyit torzulnak a felvételkészítés irányának változásával. Ennek érdekében itt is egy léptetőmotorra szerelt platformmal dolgoztunk, de ezúttal műanyag csontokból álló alsóvégtagot fényképeztünk. A végtagon egymás után 6, 10, 13, 15 és 20°-os térdhajlítási szögeket állítottunk be, majd – minden egyes flexiós szög esetén – az előző kísérlet szerint függőleges tengely körül 2°-os lépésekkel összesen 60°-os tartományban elforgattuk a montázst és minden állapotról fényképet készítettünk. Az így kapott, különböző nézőpontból készült digitális fényképeken a műanyag csontokon megjelölt kitüntetett pontok segítségével

berajzoltuk a combcsont és a lábszár tengelyét (a 3.1.1. pontban szereplő felsorolás szerinti 2 és 5 szakaszokat), majd a képfeldolgozó szoftverrel sorra lemértük a térd látszólagos hajlítási szögét.

3.2. A flexiós kontraktúra kezelését szolgáló rehabilitációs eszközök kifejlesztése

3.2.1. Az *Elevated Heel Rest* (EHR)

Eszközfejlesztési alprojektünk első lépéseként a statikus lazítást, illetve nyújtást elősegítő EHR részleteit dolgoztuk ki, amely egy 30 cm élhosszúságú keményszivacs kockából áll, amelyen egy függőleges, a sarkat és az előlábát a lábközépig, illetve a bokák magasságáig befogó nyílás van, amibe a lábát belehelyezve a beteg térde az ágytól elemelkedik. Mivel a láb tengelye függőlegesen rögzített, megakadályozza a kirotációt és biztosítja, hogy a térd haránt tengelye vízszintes legyen, így a gravitációs erő egyértelműen a teljes nyújtás irányába hasson. Az EHR hatékonysága tartós használat mellett, illetve a következőkben ismertetett dinamikus készülék alkalmazásával együtt tapasztalható leginkább.

3.2.2. A *Heel Vibrating Device* (HVD) ágyhoz kötött változata

A berendezés alapvetően egy mechanikus szerkezetből, valamint az azzal összeköttetésben lévő törpefeszültségű vezérlőkörből tevődik össze, amelyek kifejlesztése az alábbi követelmények alapján történt:

- az rezgés amplitúdója (10-30 mm közötti tartományban) és sebessége lehetőleg fokozatmentesen változtatható legyen
- az eszköz programozható legyen
- az eszköz férjen el egy kórházi ágy végében

A kifejlesztett eszközök, az EHR és a HVD létjogosultságának bizonyítására 144 fő, primer térdprotézis műtéten átesett személy bevonásával randomizált klinikai vizsgálatot hajtottunk végre. A klinikai teszt során alapvetően azt mértük fel, hogy

a műtétet követően, az intézményben fekvés ideje (átlagosan hét nap) alatt milyen extenziós eredmény érhető el, ha alkalmazzuk az általunk javasolt EHR-t és a HVD-t, összevetve azokkal az esetekkel, ahol ezek nélkül hajtjuk végre a kezeléseket. A betegek randomizált módon kerültek a kiegészítő kezelésben is részesülők, illetve a csak a szokásos kezelésben részesülők csoportjába.

A kísérletsorozatban részt vevő minden beteg részesült a szokásos, CPM mozgatógépen alapuló gyógytornában, miközben a vizsgálati csoport naponta 10 percig 2 cm-es amplitúdóval 2 Hz frekvenciával kiegészítő kezelést kapott a HVD berendezéssel, valamint napi legalább egy órán át használta az EHR-t.

Az extenziós szög értékét a kezelés elején és végén készült oldalirányú röntgenfelvételek alapján, számítógépes mérésekkel határoztuk meg úgy, hogy a kijelölt anatómiai pontok alapján felvettük a lábszár és a combcsont tengelyének irányát, és a 3.1. alfejezetben ismertetett módon lemértük az általuk bezárt szöget. Az adatok statisztikai feldolgozásához egyoldali, kétmintás aránypróbát alkalmaztunk 5% szignifikancia szint mellett.

3.2.3. A Heel Vibrating Device (HVD) *bedside* változata

A klinikai vizsgálatokban is szereplő HVD rendszert a használat közben összegyűlt tapasztalatok alapján megpróbáltuk továbbgondolni, továbbfejleszteni. Ennek nyomán a rendszerrel szemben további követelmények, illetve egyszerűsítési elvek fogalmazódtak meg az alábbiak szerint:

- az eszköz ne legyen helyhez kötött, mobilizálható legyen (*bedside* kivitel),
- egyetlen egységként lehessen kezelni a hardvert, ne legyenek különálló egységek (az előző kivitelben a mechanikus rész mellett két, az elektromos egységeket tartalmazó doboz tartozott a rendszerhez)
- a mozgatót egy kengyelen keresztül, felülről valósuljon meg.

A továbbfejlesztett, mobilis prototípussal végrehajtottunk egy újabb klinikai tesztet, ezúttal 64 beteg bevonásával, melynek vizsgálati protokolljában néhány alapvető változtatást vezettünk be az első sorozathoz képest. Az új elképzelés szerint

annak érdekében, hogy a térd mozgástartományát érintő passzív kézi gyógytorna ne torzítsa az eredményeket, a betegek hétnapos rehabilitációs időszakát két részre bontottuk. Az első öt napon szinte ugyanaz történt, mint az előző vizsgálat-sorozatban, azaz a vizsgálatban szereplő mindkét csoport hagyományos gyógytornában+CPM kezelésben részesült, valamint az új berendezéssel kezelendő HVD csoport naponta 2x10 perc kezelést kapott az új, mobilis HVD-vel. Az egyetlen különbség a passzív gyógytorna elhagyása volt mindkét csoportban. A kezelés második szakaszában szükség esetén passzív tornáztatást is alkalmaztak az esetleges extenziós elmaradások kiküszöbölésére, de a két csoport tornáztató gépekkel való kezelése az első fázisnak megfelelően folytatódott.

A két csoport közötti különbséget az első és az ötödik napon – azaz az utolsó olyan napon, amikor passzív gyógytornában még nem részesültek a betegek – készült röntgenfelvételeken mérhető flexiós kontraktúra szögek alapján ítéltük meg. Ezzel a méréssel azt állapítottuk meg, hogy a kezelés során a csak CPM-mel, valamint a CPM-mel és HVD-vel is kezelt csoportban mekkora szögérték-javulás tapasztalható a térd extenzióját illetően. Az így kapott adatokat kétmintás t-próbával 5%-os szignifikanciaszint mellett hasonlítottuk össze.

3.2.4. A Knee Moving Device (KMD)

Eközben egy újabb irányban is elindítottunk az alapkoncepcióra épülő eszközfejlesztést. Elkezdtünk egy olyan, a térd teljes mozgásterjedelmét átfogó szerkezetet tervezni, amely egyben tartalmazza a már ismertetett rendszer rezgető funkcióit is.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A térd extenziós szögének mérése röntgenfelvételek alapján

4.1.1. A comb és a lábszár valós és látszólagos oldalirányú tengelyének vizsgálata

A számítások során, illetve az eredmények kimutatásakor minden esetben mind a 10 csonton, illetve csontpáron mért értékek átlagát vettük alapul. A vizsgált combcsontok esetében azt tapasztaltuk, hogy a combcsont elülső sziluettje és a nagytompor-*epicondylus* által meghatározott tengely által bezárt szög $1,4^\circ$ és $2,5^\circ$ között változik (min = $1,39^\circ$; max = $2,48^\circ$; átlag = $1,71^\circ$; SD = $0,36^\circ$), attól függően, hogy mennyire pontosan oldalról szemléljük azt.

A lábszár esetén a méréseink azt mutatták, hogy a lábszár valós tengelye és a *tibia* elülső *corticalisa* által meghatározott egyenes által bezárt szögre az oldalnézettől való eltérés nincs igazán hatással. A szögérték mindvégig $4,4 \pm 0,5^\circ$ volt (min = $3,8^\circ$; max = $4,89^\circ$; átlag = $4,36^\circ$; SD = $0,19^\circ$).

A hátsó *corticalis* és a lábszár tengelye közötti szög az előzőnél jóval kisebbnek adódott: $0,5-2^\circ$ között változott (min = $0,53^\circ$; max = $1,98^\circ$; átlag = $1,11^\circ$; SD = $0,35^\circ$), és szintén nem volt kifejezett összefüggés a pontosan oldalról, illetve az attól eltérő szögből történő mérések között.

4.1.2. A térdhajlítás szögének mérése különböző vetületekben

A műanyag csontokból összeállított térd flexiós szögének változását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a valós és a mért flexiós szögek közötti különbség, azaz a tévedés és a nézőpont oldaliránytól való eltérése között másodfokú függvénykapcsolat áll fenn, a függvényt ábrázolva parabolát kapunk. A méréseink azt igazolták, hogy minél nagyobb a térd flexiós szöge, annál nagyobb lehet tévedni a szög megállapításakor, ha nem pontosan oldalról készül az adott felvétel. Ugyanakkor a tévedés

mértékéről elmondhatjuk, hogy ha 20°-os flexiós szögről van szó, és 30°-os szögeltéréssel készül a röntgen-, vagy fényképfelvétel, akkor is csak maximum 2,5° az eltérés.

4.2. A flexiós kontraktúra kezelését szolgáló rehabilitációs eszközök kifejlesztése

4.2.1. Az *Elevated Heel Rest* (EHR)

Az előzetes koncepció alapján keményszivacsból, műbőr bevonattal készítettük el az EHR-t, amelyet egyrészt a HVD kezelések mellett alkalmaztunk legalább napi egy órán keresztül, másrészt a röntgenfelvételek készítésekor a sarok alátámasztására.

A tapasztalat azt mutatta, hogy a segédeszköz kiválóan alkalmas a térd haránttengelyének vízszintesben tartására, így a kezelést a kiegészítő szerepén túl a posztoperatív oldalirányú nyújtott röntgenfelvételhez való végtag-pozícionálásnak is hatékony segédeszköze.

4.2.2. A *Heel Vibrating Device* (HVD) ágyhoz kötött változata

A szokásos CPM, valamint az ágyra helyezhető HVD berendezéssel és az EHR-rel kiegészített egy hetes kezelés végén a teljes nyújtáskor mért extenziós szögértékeket hasonlítottuk össze a két csoportban. A kiértékeléskor a klinikákon szokásos gyakorlatnak megfelelően értékeltük a lemért szögeket. Ennek megfelelően a kezelést követően mérhető szögre vonatkozóan a 0°-os ideális állapothoz képest a $\pm 5^\circ$ -os tartományban lévő értékeket tekintettük „megfelelő” eredménynek. A minta alapján a nullhipotézis, miszerint a két csoportban ugyanannyi esetben mérhető hazaengedéskor $0^\circ \pm 5^\circ$ értékű extenziós szög, 5%-os szignifikancia-szint mellett egyoldali, kétmintás aránypróbával elutasításra került ($p=0,0355$). A minta alapján a két eljárás között tehát szignifikáns eltérés mutatható ki: a CPM + HVD +

EHR rendszerrel kezelt csoportban a megfelelőnek mondható szögek aránya szignifikánsan magasabb volt.

4.2.3. A *Heel Vibrating Device (HVD) bedside* változata

A fejlesztési folyamat eredményeképpen elkészítettük a prototípust, amely kivitelezése során sikerült megvalósítani az újrafogalmazott célkitűzéseinket, és az előzetes elvárásoknak megfelelően, problémamentesen működik.

A HVD továbbfejlesztett, az ágy fölé benyúló konzollal rendelkező változatával, 64 fővel végrehajtott klinikai vizsgálat eredményeinek feldolgozásakor elsősorban az extenziós szögnek a kezelés során történő változására koncentráltunk. Ennek megfelelően a kiértékeléskor a kezelések elején és végén mért szögértékek közötti különbség, azaz az extenziós szög javulását, illetve romlását vettük alapul. Annak érdekében, hogy a flexiós kontraktúra kezelésének hatékonyságát meg tudjuk ítélni, megvizsgáltuk, hogy a kontraktúrával rendelkező betegek (akiknél az első napon mért extenziós szög nagyobb volt nullánál) kezelési hatékonysága hogyan alakult a két csoportban. Az így kapott eredmények szerint a csak CPM-mel kezelt csoportban az extenziós szögértéket tekintve összességében átlagosan mintegy 0,85°-os romlás tapasztalható, míg a HVD-vel kiegészített csoportban 2,4° az átlag javulás. A két csoport eredményei között kétszélű esetben is szignifikáns a különbség 5% szignifikanciaszinten ($p=0,0033$), azaz a HVD-vel is kezelt csoportban a térd extenziós szögére vonatkozó javulás szignifikánsan nagyobb volt.

4.2.4. A *Knee Moving Device (KMD)*

A kezdeti szempontok és a HVD változatok használata során összegyűlt tapasztalatok alapján befejezés előtt áll egy prototípust, mintegy a HVD berendezések kiterjesztett változataként. A számítógéppel vezérelt rendszer a teljes mozgásterjedelemben képes a térd mozgatására, amellet, hogy tartalmazza a másik két konstrukció működésének alapját képező rázó-rezgető funkciót is.

5. MEGBESZÉLÉS

5.1. A térd extenziós szögének mérése röntgenfelvételek alapján

5.1.1. A comb és a lábszár valós és látszólagos oldalirányú tengelyének vizsgálata

Kísérleteink során az alapkoncepciónk az volt, hogy ellenőrizzük, illetve értékeljük azt, hogy a nem pontosan oldalirányból készülő röntgenkép mennyire befolyásolja az azon berajzolható és a tényleges tengely közötti különbséget. Mérési eredményinkre alapozva elmondhatjuk, hogy olyan esetekben, amikor egy röntgenfelvételen/fényképen csak a combcsont disztális része látszik, a combcsont tengelyének megítélésére az elülső *corticalis*-ra fektetett egyenes mérvadó, ami a betekintési szög 30°-os oldaliránytól való eltérése esetén is mintegy 2,5°-os pontossággal határozza meg a tengelyt.

A lábszár esetén a vonatkozó irodalomban tapasztalt ellentmondások miatt két esetet is megvizsgáltunk. A *tibia* mind elülső, mind hátsó *corticalis*-ára fektetett félegyenesek esetén megnéztük, hogy mennyire pontosan tekinthetőek a lábszár tengelyét meghatározó iránynak, valamint a *femur*-hoz hasonlóan azt is lemértük, hogy a felvételek készítésekor az ideális oldaliránytól való eltérés milyen mértékben torzítja a tengely irányát. Eredményeink azt mutatták, hogy a lábszár tengelyének becslésére a *tibia* hátsó *corticalis*-ára illesztett félegyenes sokkal nagyobb pontossággal alkalmazható, mint az elülső *corticalis*. Előbbi mintegy 2°-os, utóbbi pedig 5°-os pontosságot mutatott.

Megállapítottuk továbbá, hogy a felvételek készítési irányának az ideálistól való eltérése egyik esetben sem volt jelentős hatással a combcsont, illetve a lábszár tengelyének a felvételekre rajzolható referencia félegyenesekkel történő meghatározására, hiszen 30°-os szögeltérés mindössze maximum 2,5° eltérést eredményezett.

5.1.2. A térdhajlítás szögének mérése különböző vetületekben

A mérés során arra kerestünk választ, hogy a nem pontosan oldalirányból készült röntgenfelvétel mennyit torzít a térd flexiós szögén, azaz mekkora különbség adódik a ténylegesen beállított és a felvételeken berajzolható tengelyek alapján mérhető flexiós szögek között. Ezt azért tartottuk lényegesnek, mert amennyiben jelentős flexiós kontraktúrája van a betegnek akár közvetlenül a műtét után, akár később (ami esetenként a klinikumban valóban megjelenő probléma, bármi legyen is a hátterében), fontos ismernünk, mennyire objektív a felvételek alapján leolvasott szögérték.

Eredményeink alapján – amennyiben a térdet mint rendszer tekintjük – akkor is az előzőekben kifejtetthez hasonló következtetésre jutunk, miszerint a flexiós kontraktúra szögének meghatározásakor – normál tartományokat tekintve – a vártnál kisebb jelentősége van annak, hogy a felvétel pontosan oldalról készült-e, vagy sem. A mérések alapján, viszonylag szélsőséges feltételek között (20°-os flexiós kontraktúra és 30°-os oldaliránytól való eltérés esetén) kimutatott 2,5° tévedés a klinikum számára gyakorlatilag elhanyagolható. Mindamellett azt is láthattuk, hogy ebben az esetben a térdhajlítás szögének növekedésével a tévedés mértéke már 10-20°-os oldaliránytól való eltérés esetén is exponenciálisan növekszik.

A kísérleteink alapján azt állapíthatjuk meg, hogy amennyiben az oldalirányú röntgenfelvételeket térd extenziós szög mérésére szeretnénk használni, pontosabb értékekhez jutunk, ha a felvétel készítése nyújtott helyzetben, egy saroktámasz használatával történik, amely egyben azt is biztosítja, hogy az ellenoldali térd ne legyen a felvételen. A röntgenkazetta ebben az esetben elhelyezhető közvetlenül a vizsgált végtag mellé, az ágyra, vagy akár az ágy mellé helyezett állványon is.

Ha az általunk javasolt elrendezésben készítjük az oldalirányú felvételt, semmilyen fontos információtól nem esünk el, ugyanakkor ezzel a módszerrel egy nagyon fontos, az elérhető végextenzió kimérésére alkalmas pozíciót örökítünk meg.

Mérési eredményeink alapján megállapítottuk, hogy míg más mérési módszerek a térd teljes extenziójának mérésére megkérdőjelezhető pontosságú eredményt adnak, a teljes extenziós állapotban készült oldalirányú röntgenfelvételek az extenziós szög pontos és megbízható mérését teszik lehetővé.

Megjegyzendő, hogy mérési módszerünk természetesen csak az eredetileg normál anatómiájú térdekre vonatkozik, bizonyos esetekben (pl. térd körüli törések, oszteotómiák, exosztózisok esetén) már nem feltétlenül alkalmazható az eljárás.

5.2. A flexiós kontraktúra kezelését szolgáló rehabilitációs eszközök kifejlesztése

A térdprotézis műtét utáni rehabilitációban évtizedek óta a CPM kezelés a „golden standard”-ja, melynek flexióra gyakorolt kedvező hatását számos tanulmány vizsgálta. Az extenzióra gyakorolt hatása azonban vitatható nagyrészt azért – mint saját tapasztalataink is mutatják –, mert az eszközön beállított nyújtási szög közel sem felel meg a térd valós extenziós szögének.

Célunk egy olyan eszköz kifejlesztése volt, mely a korai posztoperatív szakban, primer térdprotézis beültetésén átesett betegeknél alkalmazható. A sarok ritmikus, viszonylag gyors le-fel mozgásával, „rezgetésével” a végtagsúly mellett fellépő tehetetlenségi erőknek köszönhető erőhatások segítik a térd extenzióját, illetve a hátsó felszíni lágyrészek lazulását/nyújtását, ezzel megelőzve az extenziós deficit kialakulását. A berendezést párhuzamosan alkalmazva a CPM készülékkel a megfelelő flexiót biztosító hatás is éri a térdet.

A fejlesztési folyamat eredményeként született meg az első, még ágyhoz kötött HVD készülék. A berendezés működésének lényege, hogy a saroktartóba helyezett operált végtag sarkával harmonikus rezgőmozgást végez állítható amplitúdóval és frekvenciával, miközben a patella felfelé tekint, tehát a térd haránt tengelye vízszintes. Ily módon a mozgás végpontján a végtag saját tehetetlenségénél fogva passzív nyújtó hatást gyakorol a térdízület hátsó képleteire, ezzel elérve a minél teljesebb extenziót.

Az első változat hibáit, használatának nehézkességét kiküszöbölve készült el annak továbbfejlesztett, *bedside* változata, amely egy jóval mobilisabb, a rászzerelt kerekeknél fogva könnyen hordozható és pozícionálható. Ebben a konstrukcióban a sarok egy saroktartó hevederen nyugszik, amely egyfajta önbeállási lehetőséget biztosít az operált végtag számára a kezelés folyamán, mivel a lábéleket függőleges helyzetbe állítja. A készülék rendkívül könnyen, akár a beteg által is irányítható, valamint a kezelésekhez nincs szükség speciális ágyra, az bármely hagyományos betegágyban elvégezhető. Az eszköz elindítása után a kezelés gyógytornász jelenlétét nem igényli, ami a kezelés eddig nem tapasztalt hatékonyságán kívül jelentős munkaerő felszabadulást is jelent. Mivel a kezdeti, igen rövid időre szabott kezelésekkel is megbízható eredményt értünk el, a továbbiakban a kezelési idő meghosszabbításával szeretnénk a készülék hatékonyságát még jobban kihasználni. Tapasztalataink szerint egy huzamban a kezelést az eddig alkalmazott ideig (10 percig) bírják a betegek, azonban amint több berendezés áll rendelkezésünkre, a kezelések naponta több alkalommal történő megismétlését föltétlenül ajánlatosnak tartanánk.

Mindkét készülék hatékonyságának vizsgálatára randomizált prospektív vizsgálatokat végeztünk.

Az eredeti, ágyhoz kötött HVD konstrukcióval végrehajtott vizsgálat azt mutatta, hogy az elfogadható $0^\circ \pm 5^\circ$ -os extenziós tartományba mintegy 25%-kal több beteg szögértéke esett a HVD kezelésben is részesülő csoportban, mint a csak CPM kezelésben részesülőkében.

A berendezés továbbfejlesztett, *bedside* változatával jelenleg is folyó klinikai vizsgálat során annak érdekében, hogy a készülék flexiós kontraktúrára való hatását minél jobban ki tudjuk mutatni, az alkalmazott módszeren kissé módosítottunk. Ennek megfelelően itt a már eredetileg flexiós kontraktúrával rendelkező betegek adatai szerepeltek a feldolgozásban. Az eredmények azt mutatták, hogy sokkal nagyobb mértékben csökken a kontraktúra a HVD alkalmazásával, mint csak CPM kezeléssel ($2,4^\circ$ -os javulás a $0,9^\circ$ -os romlással szemben).

Az eredmények értékelése során – a hazai általános gyakorlatnak megfelelően – nem alkalmaztunk a térdízület vizsgálatánál számos helyen használatos pontrendszert. A műtétet minden esetben gondos anamnéziszfelvétel és alapos fizikális vizsgálat előzte meg, valamint a kezelések során vizuál analóg skálát használtunk az eredményeink szubjektív aspektusainak jobb megítélhetősége érdekében.

A klinikai alkalmazás során a vizsgált beteganyagnál semmilyen szövődmény nem fordult elő, a kezelést a páciensek kifejezetten jól tűrték, egyetlen esetben sem kellett megszakítanunk a 7 napig tartó kezelést a beteg kezdeményezésére. Néhány esetben fordult elő, hogy a beteg az első kezelés alkalmával még nem kívánta 10 percre használni a készüléket, de ezt a szükséges toleranciát a második vagy legkésőbb a harmadik kezelésnél már elérte.

A *bedside* HVD készülék alkalmazását mind a klinikai vizsgálat keretein belül, mind a klinikai gyakorlatban jelenleg is folytatjuk, de már nem randomizálás alapján. Elsősorban a térdízületi protetizálás nehéz eseteinél, valamint olyan betegeknél alkalmazzuk, akik preoperatív deformitásuknál, extenziós deficitjüknel fogva hajlamosabbak arra, hogy protetizált térdízületükben flexiós kontraktúra alakuljon ki, gyakran csak egy rosszul berögzült tartás vagy járásminta miatt.

Összegzésként megállapíthatjuk, hogy sikerült kifejleszteni és a klinikai gyakorlatba bevezetni egy olyan eszközt, mely jó eredménnyel alkalmazható primer térdprotézis beültetésén átesett betegeknél a korai posztoperatív időszakban a flexiós kontraktúra kialakulásának megelőzésére, valamint a bármilyen más okból kialakult ugyanilyen jellegű térdízületi mozgásbeszűkülés kezelésére is.

A kapott eredmények alapján bebizonyosodott, hogy a térdprotézis beültetését követő rehabilitációs időszak kórházban töltött periódusában az általunk kifejlesztett HVD, illetve EHR alkalmazása szignifikánsan csökkenti a flexiós kontraktúra előfordulását, ezért folyamatos alkalmazása indokolt, illetve javasolt. Az előrehaladt fejlesztési folyamat ötletgazda szerepének megőrzése céljából az eddigi eredményeket *peer reviewed* folyóiratban is publikáltuk.

A HVD eszközfejlesztési folyamata és a klinikai vizsgálatok tapasztalatai alapján

felvetődött annak az igénye, hogy a CPM és a HVD előnyeit egyetlen eszközben egyesítsük. Ennek megvalósulására folyamatban van egy olyan, az előzőekben már bemutatott *Knee Moving Device* véglegesítése, amely a térd programozott mozgására, tornáztatására képes, amellet, hogy tartalmazza az extenziós véghelyzetben a HVD által is megvalósított rezgetés funkciót. A végleges verzióban a fentiekén túl még a saroktartóba integrált erőmérő rendszert is tervezünk, amely visszacsatolást biztosítana és egy újabb vezérlési mód megvalósítását tenné lehetővé: ennek segítségével ugyanis célértéknek nem csak szög, hanem erőérték, vagy akár a kettő kombinációja is megadhatóvá válna. Így adott esetben például az extenziós mozgás addig tarthatna, amíg a sarok alá helyezett erőmérő egy bizonyos határértéket el nem ér, amelynek megfelelő szögpozíció tornáztatásonként, vagy akár mozgatási ciklusonként is eltérő lehet.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A térd extenziós deficit problémája a térd TEP beültetéseket követően viszonylag gyakran jelentkezik és akár a betegek harmadánál-negyedénél okozhat nehézségeket, amely mind a térdízület mozgástartományának korlátozottságában, mind az ízületek, izmok megnövekedett terhelésében megnyilvánulhat.

Munkám első felében a flexiós kontraktúra mérésére koncentráltam, megpróbáltam egy olyan megbízható mérési módszert találni, amellyel pontosan meghatározható a kontraktúra, illetve a térd extenziós szöge. Az elvégzett mérések azt bizonyították, hogy a röntgenfelvételek alapján történő szögmérés még a rövidebb röntgenfelvétel segítségével is nagy pontosságú eredményre vezet, még akkor is, ha a felvétel nem pontosan oldal irányból készül.

A flexiós-extenziós szög mérési módszerének elemzését követően munkám második felében a flexiós kontraktúra kiküszöbölése céljából kidolgozásra került egy olyan rehabilitációs eszköz – a *Heel Vibrating Device* –, amely a jelenleg alkalmazott CPM berendezések kiegészítőjeként azoknál hatékonyabban segít a flexiós kontraktúra mértékének és előfordulási arányának csökkentésében.

Az összesen 144 beteggel elvégzett klinikai vizsgálat során az eszköz első változata kedvező eredményeket hozott, azonban az időközben felgyűlt tapasztalatok alapján továbbfejlesztett konstrukció még ígéretesebbnek bizonyult. A jelenleg is folyó klinikai teszt részeredményei azt mutatják, hogy a flexiós kontraktúra megelőzésében, illetve kezelésében szignifikánsan jobb eredményt ($p=0,0033$) lehet az új HVD alkalmazásával elérni, mint a hagyományos CPM-mel.

Az elvégzett munka eredményeképpen tehát több száz méréssel alátámasztva kidolgozásra került egy olyan szögmérési módszer, amellyel a térd flexiós-extenziós szöge röntgenfelvételek alapján pontosan meghatározható, valamint egy olyan rehabilitációs eszköz, amely a flexiós kontraktúra kezelésében, illetve megelőzésében bizonyítottan hatékonyan alkalmazható.

7. ÚJ EREDMÉNYEIM

A. Mérési tevékenység

- a) Egy általam kidolgozott mérési technikával megállapítottam, hogy a térdről rutinszerűen, oldalirányból készült röntgenfelvételeken
 - i. a femur tengelye annak ábrázolódnak elülső corticalisával gyakorlatilag párhuzamosnak tekinthető;
 - ii. a lábszár tengelyének meghatározására a tibia hátsó corticalisa a legalkalmasabb.
- b) Bebizonyítottam, hogy a térd flexiós-extenziós szögének megítélése során annak a torzító hatása, hogy a röntgenfelvétel mennyire pontosan oldalról készül, a reálisan szóba jövő $\pm 30^\circ$ -os tartományban csekély ($2,5^\circ$ alatti).

B. Eszközfejlesztés

- a) Kidolgoztunk, egy viszonylag egyszerű, a sarok alátámasztására szolgáló statikus segédeszközt, az *Elevated Heel Rest*-et, amelyet mind a térd posztoperatív rehabilitációja során, mind a nyújtott térd oldalirányú röntgenfelvételeinek készítésekor igen hasznos kiegészítőként alkalmaztunk.
- b) Kifejlesztettünk egy eredeti, majd egy ennek kezdeti hibáit kiküszöbölő, továbbfejlesztett *Heel Vibrating Device*-nek nevezett eszközt a flexiós kontraktúra megelőzésére, illetve kezelésére.
- c) Megépítettük egy olyan berendezés (a *Knee Moving Device*) prototípusát, amely ötvözi a jelenlegi mozgatókészülékek tornáztató funkcióját az általunk kifejlesztett új rezgető funkcióval ötvözi. A berendezéstől a HVD-hez képest is további hatékonyságjavulást várunk, és klinikai bevezetése 2016 során várható.

C. Klinikai vizsgálatok

A kifejlesztett EHR és HVD eszközök prototípusaival klinikai vizsgálatokat végeztünk, amelyek során azok hatékonysága bebizonyosodott. Az eredmények alapján az EHR alkalmazásával kiegészített HVD mindkét változatának használatával a hagyományos CPM kezeléshez képest szignifikánsan kedvezőbb eredmény érhető el a térd extenziós elmaradásának csökkentése terén.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálás köszönettel tartozom elsősorban témavezetőmnek, **Csernátorny Zoltán** tanár úrnak a sok-sok szakmai és emberi segítségéért. Kiterjedt szakmai tapasztalásával, hasznos tanácsaival, meglátásaival, biztatásával nagyban hozzájárult a mérések, klinikai vizsgálatok megszervezéséhez, végrehajtásához és az eredmények értelmezéséhez, feldolgozásához. Nagy segítséget és támaszt nyújtott továbbá a klinikai környezetben mérnökként való eligazodásomban, útkeresésemben.

Nagyon köszönöm **Pálincás Judit** és **Dr. Szabó János** támogatását, hasznos javaslataikat, amelyek sokat segítettek a klinikai vizsgálatok elindításakor.

Köszönettel tartozom a klinikai vizsgálatok megtervezésében és végrehajtásában való közreműködésért, kitartásukért és türelmükért az Ortopédiai Klinika gyógytornászainak, **Bakó Katalinnak**, **Kósa Veronikának**, **Tar Líviának**, illetve **Bagi Ágnesnek**, aki a szögmérések során is nagy segítségemre volt. Köszönöm továbbá **Fehér Zoltánnak**, hogy modellt állt számos fényképénél.

Köszönet illeti **Dr. Győrfi Gyulát**, aki munkájával hozzájárult az értekezés kidolgozásához.

Köszönöm **Deutsch Katalinnak** a Biomechanikai Laboratóriumban végzett kitartó munkáját, különösen a szögmérések kapcsán. Köszönöm továbbá **T. Nagy Judit** segítségét a statisztikai feldolgozásban, **Zsoldos Péter** munkáját a KMD, **Dr. Szabó Istvánét** és **Juhász Tiborét** pedig a HVD tervezésében, valamint **Dr. Kiss László** közreműködését a fordításokban.

Végül, de nem utolsó sorban köszönetet mondok feleségemnek, **Mónikának** és gyermekeimnek, **Sancinak** és **Majácskának** a türelemért és kitartásért, amit tanúsítottak a kutatások, illetve az értekezés megírása miatt kiesett órákért, napokért, hetekért...



Nyilvántartási szám: DEENK/159/2015.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Manó Sándor
Neptun kód: M9BSIL
Doktori Iskola: Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10036683

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

1. **Manó, S.**, Pálinkás, J., Szabó, J., Nagy, J.T., Bakó, K., Csernátó, Z.: Application of a vibrating device for the prevention of flexion contracture after total knee arthroplasty.
Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 25 (1), 167-172, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00590-014-1466-4>
IF:0.181* (2012)
2. **Manó, S.**, Pálinkás, J., Kiss, L., Csernátó, Z.: The influence of lateral knee X-ray positioning on the accuracy of full extension level measurements: An in vitro study.
Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 22 (3), 245-250, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00590-011-0808-8>
IF:0.097
3. Csernátó, Z., **Manó, S.**, Kiss, L.: The geometry of the proximal femur.
Biomech. Hung. 2 (2), 31-36, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1259/bjr.72.860.10624337>

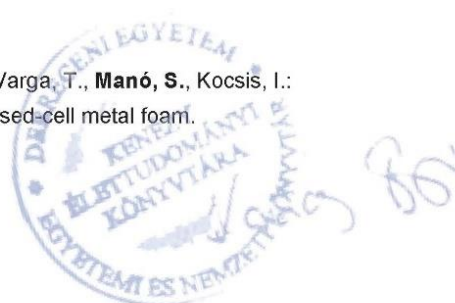


*Az Orvostudományi DT 2014. december 5-i ülésének határozata alapján (ODT 127/5) a jelzett közleménynél a benyújtáskor ismert impact faktor került feltüntetésre.



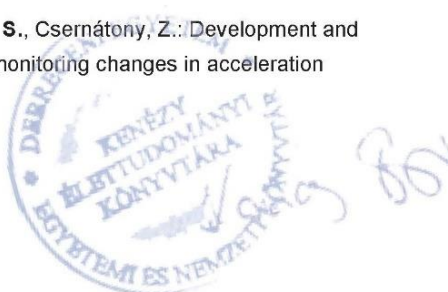
További Közlemények

4. Varga T.A., Mankovits T., Kocsis I., Budai I., Balogh G., Gábora A., Kozma I., **Manó S.**: Fémhabok struktúrájának elemzése és modellezése =Structural Analysis and Modelling of Metal Foams. In: A XX. Fiatal műszakiak tudományos ülészak előadásai = Proceedings of the XX-th International Scientific Conference of Young Engineers. Szerk.: Bitay Enikő, Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 331-334, 2015.
5. Lázár, I., Bereczki, H.F., **Manó, S.**, Daróczy, L., Deák, G., Fábián, I., Csernátó, Z.: Synthesis and study of new functionalized silica aerogel poly(methyl methacrylate) composites for biomedical use.
Polym. Compos. 36 (2), 348-358, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/pc.22949>
IF:1.632 (2014)
6. Györfi G., **Manó S.**, Csernátó Z.: Kerekesszékekkel kombinált halokezeléssel szerzett tapasztalataink klinikánkon.
Fizioterápia. 23 (3), 8-10, 2014.
7. Varga, T.A., Mankovits, T., Budai, I., Balogh, G., Gábora, A., Kozma, I., **Manó, S.**, Kocsis, I.: Structural analysis and statistical evaluation of a closed-cell metal foam.
In: Proceedings of the International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2014). Ed.: Sándor Bodzás, Tamás Mankovits, University of Debrecen Faculty of Engineering, Debrecen, 178-185, 2014.
8. Mankovits, T., Budai, I., Balogh, G., Gábora, A., Kozma, I., Varga, T.A., **Manó, S.**, Kocsis, I., Tóth, L.: Structural Modelling Of Closed-Cell Metal foams.
In: Proceedings of the International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2014). Ed.: Sándor Bodzás, Tamás Mankovits, Debreceni Egyetem, Debrecen, 70-73, 2014.
9. Mankovits, T., Budai, I., Balogh, G., Gábora, A., Kozma, I., Varga, T., **Manó, S.**, Kocsis, I.: Structural analysis and its statistical evaluation of a closed-cell metal foam.
Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 5 (2), 135-143, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/IRASE.5.2014.2.5>





10. **Manó S.**, Ferencz G., Lázár I., Fábián I., Csernátó Z.: A Slooff-technika nanokompozit csontpótló anyaggal történő alkalmazhatóságának meghatározása biomechanikai vizsgálatokkal.
Biomech. Hung. 6 (2), 64-72, 2014.
11. **Manó S.**, Hunya Z., Kósa V., Posgay G., Molnár P., Vekerdy-Nagy Z., Harsányi Z., Csernátó Z.: Angel Heel rendszer: Új mérési technika a részleges alsóvégtag-tehermentesítés tanításában és ellenőrzésében.
Biomech. Hung. 6 (2), 42-51, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00590-014-1466-4>
12. Szabó J., Muraközy K., **Manó S.**: Az ér- és idegsérülések kockázata az acetabulum protézisbeültetése során.
Biomech. Hung. 6 (2), 34-41, 2014.
13. Szabó B.A., Kiss L., **Manó S.**, Jónás Z., Lázár I., Fábián I., Dezső B., Csernátó Z.: Szuperkritikus körülmények között előállított csontpótló aerogél kompozitok vizsgálata állatkísérleti modelleken.
Biomech. Hung. 6 (2), 52-63, 2014.
14. Szabó, J., **Manó, S.**, Kiss, L., Jónás, Z., Csernátó, Z.: Intraosseous structural graft technique: A new surgical concept in the treatment of superolateral defects in case of dysplastic acetabulum, during hip replacement surgery biomechanical and cadaver experimentations.
Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 24 (8), 1447-1453, 2014.
15. Szabó, J., **Manó, S.**, Lőrinc, Á., Györfi, G., Kiss, L., Csernátó, Z.: The biological and biomechanical comparison of two bulk bone graft techniques used in case of dysplastic acetabulum.
Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 24 (5), 679-684, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00590-013-1246-6>
16. Pálkás, J., Szabó, I.A., Harasztosi, L., Soha, R.F., **Manó, S.**, Csernátó, Z.: Development and characterization of a new measurement technique for monitoring changes in acceleration during hippotherapy.
Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 4 (1), 21-26, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/IRASE.4.2013.1.3>



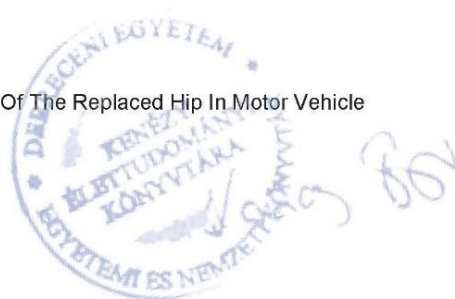


17. Balogh G., Tóth L., Mankovits T., **Manó S.**: Titán habok gyártási technológiájának áttekintése
=Manufacturing technologies of titanium foam review.
In: Proceedings of the 1st international scientific conference on advances in mechanical engineering (ISCAME 2013) : 10-11 October 2013, Debrecen, Hungary. Szerk.: Mankovits Tamás, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Debrecen, 8-12, 2013.
18. **Manó S.**, Tóth L., Mankovits T., Balogh G., Soltész I., Csernátó Z.: Fémhabokból készült implantátumok =Implants made from metal foams.
In: Proceedings of the 1st international scientific conference on advances in mechanical engineering (ISCAME 2013) : 10-11 October 2013, Debrecen, Hungary. Szerk.: Mankovits Tamás, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Debrecen, 114-119, 2013.
19. Mankovits T., Tóth L., **Manó S.**, Balogh G., Csernátó Z.: Titánhabok mechanikai tulajdonságai, áttekintés =Mechanical properties of titanium-foams, a review.
In: Proceedings of the 1st international scientific conference on advances in mechanical engineering (ISCAME 2013) : 10-11 October 2013, Debrecen, Hungary. Szerk.: Mankovits Tamás, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Debrecen, 110-113, 2013.
20. Csernátó Z., Kiss L., **Manó S.**, Hunya Z.: Our experience and early results with a complementary implant for the correction of major thoracic curves.
Eur. Spine J. 22 (6), 1286-1291, 2013.
IF:2.473
21. Szabó J., **Manó S.**, Lőrincz Á., Györfi G., Kiss L.: Instrument development for acetabular roof plasty in case of dysplastic acetabular replacement.
Biomech. Hung. 5 (1), 31-38, 2012.
22. Kocsis D., Horváth R., **Manó S.**, Godó Z.A.: Long-term artificially aging process and vibration analysis of pipes.
Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 3 (1), 15-19, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/IRASE.3.2012.1.2>
23. Szabó J., Bakó K., **Manó S.**, Csernátó Z.: A fájdalomingerület-vezetés spinális gátlásának elvét felhasználó térdmozgató készülék bemutatása.
Biomech. Hung. 5 (1), 39-43, 2012.





24. Csernátó, Z., **Manó, S.**, Kiss, L.: Aiming accuracy and reliable opposite site cortical sparing wedge osteotomy technique: A surgical trick.
In: The role of osteotomy in the correction of congenital and acquired disorders of the skeleton. Ed.: James P. Waddell, InTech, Horvátország, Rijeka, 183-190, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/38115>
25. Bodzay, T., Szita, J., **Manó, S.**, Kiss, L., Jónás, Z., Frenyó, S., Csernátó, Z.: Biomechanical comparison of two stabilization techniques for unstable sacral fractures.
J. Orthop. Sci. 17 (5), 574-579, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00776-012-0246-4>
IF:0.96
26. Bazsó T., **Manó S.**: A zsanéros térdprotézisek biomechanikájáról.
Biomech. Hung. 4 (2), 24-35, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17489/biohun/2011/2/03>
27. **Manó S.**: A Debreceni Egyetem Biomechanikai Laboratóriuma.
Biomech. Hung. 4 (1), 7-14, 2011.
28. Csernátó, Z., Molnár, S., Hunya, Z., **Manó, S.**, Kiss, L.: Biomechanical examination of the thoracic spine: The axial rotation moment and vertical loading capacity of the transverse process.
J. Orthop. Res. 29 (12), 1904-1909, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jor.21478>
IF:2.811
29. Tóth, K., Sisák, K., Wellinger, K., **Manó, S.**, Horváth, G., Szendrői, M., Csernátó, Z.:
Biomechanical comparison of three cemented stem removal techniques in revision hip surgery.
Arch. Orthop. Trauma Surg. 131 (7), 1007-1012, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00402-010-1247-4>
IF:1.369
30. Csernátó, Z., Pálkás, J., Kiss, L., **Manó, S.**: The Injury Of The Replaced Hip In Motor Vehicle Accidents.
Biomech. Hung. 4 (1), 41-45, 2011.





31. Kocsis, D., Horváth, R., **Manó, S.**, Godó, Z.A.: Vibration analysis of artificially aged pipes.
In: XVII. Épületgépészeti, Gépészeti és Építőipari Szakmai Napok : szakkiállítás és Nemzetközi Tudományos Konferencia 2011. október 13-14. [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Kalmár Ferenc, Balla Tibor ; közread. a Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Debrecen, 1-6, 2011.
32. Muraközy K., Rybaltovszki H., **Manó S.**, Fekete K.: Kanülált combnyakcsavar behasítása és rotációgátló lemez alkalmazásának hatása a rögzítés stabilitására (2.).
Magyar Traum. Ort. Kézs. Plaszt. Seb. 53 (1), 41-44, 2010.
33. Rybaltovszki, H., Fekete, K., **Manó, S.**: Is there any reality to the reverse Kapandji operation in the treatment of proximal radioulnar synostosis? Biomechanical measurements.
Biomech. Hung. 3 (2), 43-51, 2010.
34. Tóth, K., Sisák, K., Nagy, J., **Manó, S.**, Csernátó, Z.: Retrograde stem removal in revision hip surgery: Removing a loose or broken femoral component with a retrograde nail.
Arch. Orthop. Trauma Surg. 130 (7), 813-818, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00402-010-1063-x>
IF:1.196
35. Tiba, Z., Husi, G., **Manó, S.**, Kiss, L., Jónás, Z., Nádházi, L., Csernátó, Z.: An easy to use device for lubricity examination.
Biomech. Hung. 2 (2), 27-30, 2010.
36. Lázár, I., **Manó, S.**, Jónás, Z., Kiss, L., Fábián, I., Csernátó, Z.: Mesoporous silica-calcium phosphate composites for experimental bone substitution.
Biomech. Hung. 3 (1), 151-158, 2010.
37. Rybaltovszki H., Muraközy K., **Manó S.**, Fekete K.: Kanülált combnyakcsavar behasítása és rotáció gátló lemez alkalmazásának hatása a rotációs stabilitásra.
Magyar Traum. Ort. Kézs. Plaszt. Seb. 51 (4), 365-369, 2008.
38. Csernátó, Z., Kiss, L., **Manó, S.**: A new technique of wedge osteotomy to diminish undesirable fractures.
Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 18, 485-488, 2008.
39. **Manó S.**, Novák L., Csernátó, Z.: A 3D nyomtatás technológiájának alkalmazása a cranioplasticában.
Biomech. Hung. 1 (1), 15-20, 2008.



40. Horváth R., Bodnár I., **Manó S.**, Dajkó G., Zolnai L.: Műanyagok mesterséges öregítése =Artificial aging of plastic.
Gép. 59 (8), 37-39, 2008.
41. Csernátó Z., Novák L., Bognár L., Ruszthi P., **Manó S.**: Számítógépes tervezésű cranioplastica: Első hazai eredmények a térbeli nyomtatás orvosi alkalmazásával.
Magyar Traumat. Ortop. Kézs. Plaszt. Seb. 50 (3), 238-243, 2007.
42. Molnár, S., **Manó, S.**, Kiss, L., Csernátó, Z.: Ex Vivo and In Vitro Determination of the Axial Rotational Axis of the Human Thoracic Spine.
Spine. 31 (26), E984-E991, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.brs.0000250183.97746.51>
IF:2.351
43. Csernátó, Z., Kiss, L., **Manó, S.**, Gáspár, L., Szepesi, K.: Multilevel callus distraction: A novel idea to shorten the lengthening time.
Med. Hypotheses. 60 (4), 494-497, 2003.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0306-9877\(02\)00432-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0306-9877(02)00432-2)
IF:0.684

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 13,754

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
0,278

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2015.08.18.

