

## Zárójelentés

**Nyilvántartási szám:** T49471

**Cím:** Endoprotézis beültetés hatásának biomechanikai elemzése in-vivo mozgáselemzéssel

**Témavezető:** Kiss Rita M.

**Futamidő:** 2005. január 1 -2009. december 31.

A zárójelentés a szerződéshez csatolt kutatási munkaterv alapján készült. A zárójelentés a munkatervben megadott fő témakörök alapján mutatja be az elért eredményeket és a résztvevő személyeket.

### Az elvégzett kutatási munka

I. *A különböző mérési módszerek kidolgozása, verifikálása, mérési körülmények változásának hatásvizsgálata, új biomechanikai paraméterek definiálása*

*Altémavezető: Kiss Rita M.*

*Résztvevők: Bejek Zoltán, Illyés Árpád, Paróczai Róbert, Kiss Jenő (2006-tól)*

*Kutatás célja:*

Szükséges a korábbi kutatásban (T34150) használt ultrahang-alapú, mérőhármassokat használó egy-mérőfejes mérési rendszer mérésismétlés pontosságának meghatározása. Fontos kérdés a mozgások megismétlési pontosságának vizsgálata, amely egyrészt a járás változékonyságának vizsgálata, másrészt a hirtelen irányváltásokhoz történő alkalmazkodás vizsgálata, amelyhez új mérési módszert kell kidolgozni.

A rendszert átalakítással célszerű lenne felső végtagi mozgások elemzésére is használni. Ehhez szükséges a mérési módszer, a biomechanikai modell, valamint a mozgás jellemzésére használt jellemzők kidolgozása, definiálása.

Az endoprotézis beültetéseknel fellépő kilazulásnak, migrációnak a követéséhez a radiosztereometriai analízis feltételeinek megteremtése szükséges.

*Az elvégzett munka összefoglalása (Az elvégzett munkához tartozó publikáció(k) sorszámát is megadjuk):*

1. A kutatás során elvégeztük az ultrahang-alapú, mérőhármassokat használó egy-mérőfejes mérési rendszer (klinikai járásvizsgálat) [27] mérésismétlés pontosságának meghatározását [22,31]. Definiáltuk a medenceöv mozgásait leíró (abszolút) szögeket (rotáció, billenés, flexió) [28,31,35], a combcsontot és a medenceövet reprezentáló két térbeli vektor által definiált általános csípőszöget [5,6,9,10,28, 31], valamint a fajlagos csípőváltozás paramétert [25,31]. A járás sebességének hatásvizsgálata azt mutatta, hogy mind a

- járásképet [5,6,31], mind a járás változékonyságát [44,45] a járás sebessége szignifikánsan befolyásolja.
2. A járás változékonyságának vizsgálatához elengedhetetlen sok járásciklus (minimum 50, de célszerű 200 feletti járásciklus) felvétele, elemzése, amely legegyszerűbben a függőleges reakcióerő mérésén alapuló [24] egyszerűsített járásvizsgálattal történhet, amelyet verifikáltunk [47,48]. A szögjellemzőknél használható átlagos-relatív szórás definiálásával [44,45] a járásciklus alatt folyamatosan változó szögek változékonysága egy paraméterrel jellemezhető.
  3. A kinesztézis (kinesztézia) vizsgálatnak fontos eleme a mozgó lapon történő járás, valamint a hirtelen irányváltatásra történő reagálás jellemzése, amelyhez kidolgoztuk az egyedi markereket használó egy-mérőfejes mérési módszert [32,43]. A hirtelen irányváltatás során a hirtelen „kirúgott” lapot a vizsgált személy csillapítja, azaz a lap mozgása csillapított mozgásként kezelhető, azaz a mozgás a lengés paraméterekkel jellemezhető [32,43,53].
  4. A vállízületi mozgások elemzésére adaptáltuk és verifikáltuk az ultrahang-alapú, mérőhármast használó egy-mérőfejes mérési rendszert [8,12,26]. Összeállítottuk a 14-pontos biomechanikai modellt [8, 12, 26], definiáltuk a vállízületi mozgások leírására használható kinematikai paramétereket [8, 18,26].
  5. A radiosztereometriai analízis feltételeit a Szt. János Kórház Ortopéd-Traumatológia Osztályán teremtettük meg [20,30,42], a rendszer pontosságát ellenőriztük [41].

## *II. Idős egészséges emberek járáselemzése, kinesztézis elemzése, adatbank létrehozása*

*Altémavezető: Kiss Rita M.*

*Részvevők: Bejek Zoltán, Illyés Árpád, Paróczai Róbert*

### *Kutatás célja:*

A további vizsgálatok elvégzéséhez, valamint az adatok összehasonlításához szükséges az idős (60 év feletti) kontrollcsoport adatainak felvétele. Az adatbanknak tartalmaznia kell a különböző sebességű járásvizsgálat során meghatározott távolság-idő, szögjellegű és alakváltozás-jellegű paramétereket, valamint a fenti paraméterek szórását, relatív szórását, amivel a járás változékonysága jellemezhető.

A komplex kutatásnak fontos kérdése a kinesztézis (kinesztézia), valamint a hirtelen irányváltatásra történő reagálás elemzése, azaz a mérési rendszer kidolgozása után idős személyek esetén ezeket az adatokat is meg kell határozni.

### *Az elvégzett munka összefoglalása:*

1. Az idős személyek több járásebességen meghatározott adatbankját a [3,5,6,15] irodalmakban is összefoglaltuk, a későbbi kutatások kontrollcsoportját képezte.
2. Meghatároztuk az egyszerűsített járásvizsgálattal mért távolság-idő paraméterek változékonyságát [46], valamint a klinikai járásvizsgálattal mért

távolság-idő és szögjellegű paraméterek változékonyságát több járássebesség esetén [44,45]. A távolság-idő, valamint a szögjellegű paraméterek változékonysága ellenkező tendenciát mutatnak, valamint a változékonyság a vizsgált személy preferált, kényelmes sebességénél a legkisebb [44,45].

3. Az idős, egészséges személyek esetén a kinesztézis vizsgálat keretében meghatároztuk stabil és mozgó lapon történő helyben járás során a térdízület, a medenceöv és a vállöv mozgásait [51], valamint a mozgások változékonyságát. A hirtelen irányváltásra történő reagálás vizsgálatához meghatároztuk a lengési paramétereket [32].

### *III. Csípőízületi endoprotézis beültetés hatásának biomechanikai elemzése*

*Altémavezető: Illyés Árpád*

*Részvevők: Bejek Zoltán, Kiss Rita M., Paróczai Róbert, Kiss Jenő (2006-tól),*

*Holnapy Gergely (2006-tól)*

#### *Kutatás célja:*

A kutatásnak egyik kérdése, hogyan befolyásolja csípőízületi kopás a járásképet, a járás változékonyságát, valamint a kinesztézist. A kutatás komplexitásának biztosításához több különböző típusú feltárási és invazivitású beültetési módszer biomechanikai hatását és azok összehasonlítását kell elemezni.

A csípőízületi endoprotézis beültetések biomechanikai elemzésének fontos területe a protézisek kilazulásának, migrációjának elemzése radiosztereometriai analízissel. A kutatás „rövidsége” miatt célunk a feltételek megteremtése után a jelző golyók beültetése, a rövid idejű eredmények feldolgozása, a középtávú, valamint a hosszú távú vizsgálatok előkészítése.

#### *Az elvégzett munka összefoglalása:*

1. A csípőízületi kopás szignifikánsan megváltoztatja a járásképet [1,5,6,25] és a járás változékonyságát [44,45,46]. A kompenzációban a térdízület mellett a medenceöv megnövekedett mozgásainak van fontos szerepe [6, 31, 44, 45].
2. A csípőízületi kopás szignifikánsan befolyásolja a stabil és a mozgó lapon történő helyben járás kinematikai paramétereit, amelynek elemzésével a medenceöv megnövekedett szerepe szintén bizonyítható [11,16,]. A hirtelen irányváltozásokra történő reagálást jellemző lengéssparaméterek is szignifikánsan változnak [32,53].
3. A vizsgálatba a direkt-laterális és az antero-laterális feltárási endoprotézis beültetéseket vontuk be, mivel ez a két leggyakoribb feltárási mód, és az irodalomban nem találtunk adatot e két műtét biomechanikai hatásának elemzésére. A kutatás eredménye, hogy az antero-laterális feltárási mód hatására a korai és az egyéves eredmények is kedvezőbbek [33,34], mint a hagyományosnak tekintett direkt-laterális feltárással műtött betegek

biomechanikai eredményei [9, 10]. A kutatás érdekessége, hogy a műtét után egy évvel a medenceöv kompenzáló szerepe megmaradt [31,33,34].

4. A kinezitézis vizsgálatokat igen korán, azaz a műtétet követő 2. hét és 3. hónap között végeztük. Egyértelművé vált, hogy a kis invazivitású beavatkozások kismértékben és rövidebb ideig változtatják meg az izmok beidegzését [11,16].
5. A radiosztereometriai analízis feltételeinek megteremtése után a jelző golyók beültetése megtörtént, a korai eredmények kilazulást nem mutatnak [21].

#### *IV. Térdízületi endoprotézis beültetés hatásának biomechanikai elemzése*

*Altémavezető: Knoll Zsolt, 2007-től Bejek Zoltán*

*Résztevők: Bejek Zoltán, Illyés Árpád, Kiss Rita M, Magyar O. Mátyás, Paróczai Róbert, Kiss Jenő (2006-tól), Pethes Ákos (2007-től)*

##### *Kutatás célja:*

A kutatásnak egyik kérdése, hogyan befolyásolja a járásképet és a járás változékonyságát a meniscus sérülések utáni részleges reszekció, mivel ez az egyik oka lehet a térdízületi arthrosis kialakulásának.

Célunk annak vizsgálata, hogyan befolyásolja térdízületi kopás a járásképet, a kinezitézist. A kutatás komplexitásának biztosításához több típusú feltárási és invazivitású beültetési módszer biomechanikai hatását és azok összehasonlítását kell elemezni.

A térdízületi endoprotézis beültetések biomechanikai elemzésének fontos területe a protézisek kilazulásának, migrációjának elemzése radiosztereometriai analízissel. A kutatás „rövidsége” miatt célunk a feltételek megteremtése után a jelző golyók beültetése, a rövid idejű eredmények feldolgozása, a középtávú, valamint a hosszú távú vizsgálatok előkészítése.

##### *Az elvégzett munka összefoglalása:*

1. A részleges meniscectomia szignifikánsan megváltoztatja a járás kinematikai és az izomaktivitási paramétereit [35, 36], valamint a járás változékonyságát [46], a változás tendenciája hasonló a térdízületi kopás tendenciájához. A medenceöv kompenzációs szerepe e műtét után lényeges [31,35,36].
2. A térdízületi kopás szignifikánsan megváltoztatja a járásképet [5,6,7,38]. A kutatás egyik legfontosabb eredménye, hogy a kompenzációban a csípőízület mellett a medenceöv megnövekedett mozgásainak van fontos szerepe [6,7,31,46].
3. A térdízületi kopás szignifikánsan befolyásolja a stabil és mozgó lapon történő helyben járás kinetikai paramétereit, amelynek elemzésével a medenceöv megnövekedett szerepe szintén bizonyítható [37,51].
4. A vizsgálatba a hagyományos teljes, a hagyományos navigált és a minimál-invazív navigált endoprotézis beültetéseket vontuk be, mivel az irodalomban nem találtunk adatot e műtéti típusok biomechanikai hatásának elemzésére. A kutatás eredménye, hogy a legkedvezőbb korai és egyéves eredményeket a

minimál-invazív technikával végzett műtétek esetén kapjuk [29,38,39]. A hagyományos technika alkalmazásával is szignifikánsan javulnak az eredmények, de az egészséges értékekhez képest elmaradás figyelhető meg [4,9]. A csípőízületi endoprotézis beültetésekhez hasonlóan a medenceöv kompenzáló szerepe a műtét után egy évvel is jelentős [38,39].

5. A korai kinesztézis vizsgálatokat alapján a kis invazivitású beavatkozások kismértékben és rövidebb ideig változtatják meg az izmok beidegzését [37,51].
6. A radiosztereometriai analízis feltételeinek megteremtése után a jelző golyók beültetése megtörtént, a korai eredmények feldolgozása tart, kilazulást eddig nem detektáltunk.

#### *V. Vállízületi endoprotézis beültetés hatásának biomechanikai elemzése*

*Altémavezető: Illyés Árpád*

*Résztevők: Kiss Rita M, Paróczai Róbert, Kiss Jenő (2006-tól), Nyíri Péter (2008-tól)*

#### *Kutatás célja:*

A vállízületi mozgáselemzés feltételeinek megteremtése után a kutatás egyik kérdése, hogyan befolyásolja a mozgás képét a multidirekcionális instabilitás, mivel ez lehet a vállízületi arthrosis kialakulásának egyik oka.

Célunk annak vizsgálata, hogyan befolyásolja vállízületi arthrosis a mozgás képét. A vizsgálat komplexitása következtében kétféle vállízületi protézis biomechanikai hatását célszerű vizsgálni.

#### *Az elvégzett munka összefoglalása:*

1. A vállízület mozgáselemzéséhez szükséges mérési módszer kidolgozása, verifikálása [8,12,26], valamint a mozgást leíró kinematikai paraméterek definiálása után [8,16,26] elemeztük a multidirekcionális instabilitás hatását a mozgás kinematikai paramétereire [8,13], valamint egyszerű és összetett mozgások esetén az izomaktivitási paraméterekre [17].
2. A kutatást a futamidő elején el tudtuk kezdeni, így lehetőség nyílt arra, hogy a különböző kezelési módok (műtéti és konzervatív) korai [40,49] és középidéjű hatását [50] is vizsgáljuk. A kutatás eredménye, hogy csak konzervatív terápiával az izomaktivitás csak rövid ideig, míg a mozgás egyáltalán nem állítható helyre [49,50].
3. A vállízületi kopás igen ritka jelenség, emiatt a betegek beválasztása lassú folyamat. Az elvégzett vizsgálatok alapján a vállízületi kopás lényegesen csökkent a humerus elevatio mozgástartományát, valamint a vállízület mozgása szignifikánsan csökken. Az adatok feldolgozása jelenleg is tart, a publikáció előkészítés alatt van.
4. A vállízületi protézis új és költséges műtéttípus, hatásának biomechanikai elemzéséről nem találtunk irodalmi adatot. Kutatásunkban két típust az inverz

és normál típust hasonlítottuk össze. A betegek utánkövetése jelenlegi is tart. Az eddigi eredmények azt mutatják, hogy a két típus biomechanikai hatása szignifikánsan eltér egymástól, ennek oka egyrészt a protézis felépítése, másrészt a különböző indikáció.

A fent részletezett kutatási területek eredményein kívül a kutatásnak értékes „mellékterméke”, hogy az eddigi kutatások összefoglalójaként elkészült a Modellezés a biomechanikában (szerkesztő: Halász Gábor) című egyetemi tankönyv több fejezete [23,24,26,27,28,].

A mérési módszerek verifikálása során fiatal egészséges személyeket is mértünk, amelyek érdekes eredményeit két cikkben is összefoglaltuk [2,52].

### **Publikációk**

A fent részletezett öt kutatási terület eredményeiről 7 könyvfejezetben, 30 folyóiratcikkben (impakt faktor: 12,508; további, várható impakt faktor 5,2), 10 bírált konferencia cikkben, 1 nemzetközi előadásban számoltunk be. A kutatás eredményei két doktori disszertáció (Illyés Árpád és Bejek Zoltán) alapját képezték. A kutatás témavezetője az előző és jelen OTKA kutatás eredményeit habilitációs dolgozatában foglalta össze. További 4 magyar és 4 nemzetközi előadás, valamint 9 bíralt, főként nemzetközi konferencia cikk született. Ezeket a publikációs jegyzék nem tartalmazza, mivel később kibővítve illetve összevonva folyóiratcikkekben jelentettük meg,

### **A futamidő alatt bekövetkezett személyi változások**

*A kutatásból kilépett kutatók:*

Paróczai Róbert, mérnök a BME Műszaki Mechanika Tanszék doktorandusza 2007-ben távozott az Egyetemről és ezt követően a kutatásban nem állt módjában részt venni.

Knoll Zsolt, ortopéd-traumatológus szakorvos, PhD, 2007-ben teljes mértékben a magánszférában helyezkedett el és ezt követően a kutatásban nem állt módjában részt venni. 2007-től kezdően az áltémavezetői feladatait Bejek Zoltán vette át.

*A kutatáshoz csatlakozott kutatók:*

Kiss Jenő, ortopéd-traumatológus szakorvos, PhD, osztályvezető főorvos, aki a radiosztereometriai analízis (RSA) hazai úttörője 2006-ban csatlakozott kutatásunkhoz. Az RSA mérések feltételeit szakmai irányítása mellett Szt. János Kórház Ortopédiai-Traumatológiai Osztályán tudtuk megteremteni. Fontos szerepet vállalt a multidirekcionális

instabilitással rendelkező betegek műtéti kezelésében, a vállízületi endoprotézisek beültetésében, valamint a betegek biomechanikai eredményeinek értékelésében.

2006-ban és 2007-ban a kutatásban résztvevők listáját Holnapy Gergely és Pethes Ákos ortopéd szakorvos és egyéni képzésben résztvevő PhD hallgatókkal egészítettük ki, akik a csípőízületi és térdízületi protézisek beültetésének hatása a kinezitézis paraméterekre altémákban kutattak. Ennek oka, hogy Illyés Árpád a kutatás résztvevője maradt, de hosszabb külföldi tartózkodása, majd a Klinikáról a Szt. János Kórházba való távozása után ezekben az témákban nem tudott részt venni.

Nyíri Péter, ortopéd-traumatológus szakorvos, egyéni képzésben résztvevő PhD hallgató 2008 óta vesz részt kutatásunkban, mivel kutatási témája a vállízületi endoprotézis beültetések hatásának vizsgálata. Feladata volt a multidirekcionális instabilitással rendelkező betegek középtávú eredményeinek értékelése, valamint a vállízületi endoprotézisek beültetésében való közreműködés, és ezen személyek biomechanikai eredményeinek értékelése.

Kiss Marianna, rezidens, PhD-hallgató 2008. év végén csatlakozott a kutatásunkhoz, mivel kutatási témája a térdízületi protézisek kilazulásának követése RSA módszerrel. Feladata a térdízületi protézisek korai utánkötése RSA-val, valamint részt vett a módszer verifikálásában is.

### **A futamidő alatt a kutatást nehezítő, hátráltató körülmények**

A kutatást a futamidő alatt több külső körülmény hátráltatta, amelyeknek a megoldása időigényes volt. A változások miatt a költségvetés átcsoportosítását is engedélyeztetni kellett.

1. Eredeti terveink alapján a méréseket a BME Biomechanikai Laboratóriumában található Zebris ultrahang-alapú rendszerrel és az ahhoz csatlakozó feldolgozó programokkal kívántuk elvégezni. Időközben a Laboratórium és a Tanszék vezetése a betegek mérését megszüntette az eszközök nagyfokú elhasználódása, valamint a nem megfelelő infrastruktúra (öltöző, várakozó helyiség hiánya) miatt. A mérések elvégzéséhez más helyszínt kellett keresnünk. A méréseket 2006. szeptemberétől a Szolnoki MÁV Kórház Biomechanikai Laboratóriumában végeztük. Ez lényegesen megnövelte az utazási költséget. Egyes betegek szállítása nem volt megoldható, ezek kiestek az utánkötésből. A korai vizsgálatok (kinezitézis, EMG) elvégzéséhez a betegek nem szállíthatók, így SE Ortopédiai Klinikáján egy kisebb laboratórium került kialakításra. Beszerzésre került hordozható EMG rendszer, amelyet a vállízületi méréseknél és a térdízületi protézis beültetések korai hatásának elemzésénél használtunk.
2. Az egészségügy finanszírozásának megváltoztatás miatt a protézis beültetések száma lényegesen csökkent. A szigorú beválasztási körülmények miatt a szükséges esetszám csak lassan volt elérhető. Ennek következtében a vállízületi protézis hatásának elemzése, utánkötése jelenleg is tart, a nemzetközi publikáció a következő évben adható le. A csípőízületi protézis hatásának elemzése, valamint a különböző típusú térdízületi protézis beültetések korai hatásának elemzése témákban magyar nyelvű, valamint lektorált,

idegnyelvű konferencia született, de a nemzetközi impakt faktoros újságban megjelenő cikkekhez az esetszámot növelni kell.

3. A kutatás résztvevőinek távozása (Paróczai Róbert, Knoll Zsolt), hosszabb külföldi tartózkodása, munkahely váltása (Illyés Árpád) miatt új kutatók (Holnapy Gergely, Kiss Jenő, Kiss Marianna, Nyíri Péter, Pethes Ákos) bevonása vált szükségessé, akiknek betanítása, tudományos felkészítése időt igényelt. A munkahelyváltás miatt a RSA méréseket nem tudtuk a SE Ortopédiai Klinikáján végezni, emiatt új rendszert kellett kiépíteni a Szent János Kórház Ortopédiai és Traumatológiai Osztályán.
4. A kutatás témavezetője az MTA Támogatott Kutatócsoport megszűnése után 2007 és 2008 között Pécsre került főállásban, amely szintén hátráltatta a kutatások végzését.