

Zárójelentés

a 2011. február 1. és 2017. január 31. közötti időszakról

I. Bevezetés

A népesség elöregedésének következtében az utóbbi időben elterjedt műtéti módszerré vált az endoprotézisek beültetése, amelynek során az elkopott, fájdalmassá vált ízület eltávolítása után mérnökök és orvosok által tervezett fémanyagú implantátumokat, endoprotéziseket építenek be. Az endoprotézisek visszaállítják a fiziológiához közeli mozgástartományt, ízületi mozgást és az ízületi stabilitást. Ma hazánkban az ortopédiai műtétek több mint a felét az endoprotézis beültetések teszik ki, amelyeknek közel a fele (évente kb. 3500) térdízületi endoprotézis beültetés. Az endoprotézis beültetések, valamint az azt követő rehabilitáció igen költséges (700.000,- Ft). Az endoprotézis beültetés utáni rehabilitáció eredményessége népegészségügyi szempontból kiemelkedő, így fontos a rehabilitáció eredményességének numerikus elemzésének megteremtése, amelynek egyik eleme a mozgáselemzés.

A kutatás során elsősorban biomechanikai kísérleteket, numerikus számításokat végeztünk. Az alkalmazott biomechanikai vizsgálatok módszerei: in vivo mozgáselemzés, in vivo röntgensztereometriai analízis. Az in vivo mozgáselemzéseket Semmelweis Egyetem Ortopédiai Klinikáján, a Szent János Kórház Ortopédiai-Traumatológiai Osztályán, a szolnoki MÁV Kórház Biomechanikai Laboratóriumában, a BME Biomechanikai Kutatóközpont Laboratóriumában és a BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék Mozgáslaboratóriumában végeztük. Az in vivo röntgensztereometriai analízis a Szent János Kórház Ortopédiai-Traumatológiai Osztályán történt. A beteganyagot a Semmelweis Egyetem Ortopédiai Klinikája, a Szent János Kórház Ortopédiai-Traumatológiai Osztálya, valamint a Szolnoki MÁV Kórház Ortopéd Osztálya biztosította, ahol nagy számban végeznek műtéti és konzervatív kezeléseket.

II. Kutatási részterületek eredményeinek bemutatása

Az izomműködés mechanikai modellezése felületi elektromiográfiával a korai posztoperatív szakaszban endoprotézis beültetés után

Témavezető: Bejek Zoltán, Kiss Rita M.

Résztvevők: Szendrői Miklós, Bondár András, Szabó Gréta, Grósz Gábor

A különböző típusú (hagyományos, minimál invazív) térdízületi endoprotézis beültetések után lényeges kérdés a *korai posztoperatív időszakban az izomfunkciók megindítása, valamint az izomerők fokozása*. A különböző műtéti technikákkal együtt különböző rehabilitációs és fájdalomcsillapítási módszereket használnak. Szükségessé vált annak a biomechanikai elemzése, hogy *az izomfunkciók megindítása területén a többi módszerrel szemben mely komplex módszereknek (műtéti technikának, a hozzá kapcsolódó fájdalomcsillapításnak és gyógytornának) van előnye*. Az izomfunkció megindulásának numerikus vizsgálatára *felületi elektromiográfia (EMG) vizsgálatot alkalmaztunk*.

A kidolgozott mérési protokoll szerint a műtét előtt és a műtét utáni 3, 6, 12. napon, valamint 3. és 6. hónapban felületi EMG használatával 10 darab térdhajlítás és nyújtás közben a térdhajlító és a térdfesztető izmok aktivitását kell rögzíteni. A mérési módszer nem zavarja a betegek gyógyulási folyamatát, a vizsgálat fájdalom nélkül tolerálható. A nyers EMG görbék feldolgozására írt saját (MATLAB-alapú) program JEK előírásainak figyelembevételével készült. 10 kontroll személy, 10

hagyományos technikával, 5 a vértelenségben, és 5 a perioperatív anaesthesiával műtött beteg vizsgálata történt meg.

A kutatás eredményei alapján megállapítható, hogy a korai posztoperatív (1 hét) időszakban végzett vizsgálatok értékelése nem megbízható, több esetben az izmok működése el sem indul, vagy az izom kóros, befeszült állapotban van. *Ennek megfelelően a felületi EMG használatával a nagyon korai (első hét) posztoperatív időszakban az izomaktivitás változása nem követhető. Ehhez úgynevezett tűs EMG használatára lenne szükség, amely ilyen esetben etikai kérdések miatt nem alkalmazható.* A posztoperatív 12. napon és a 3. és 6. hónapban végzett vizsgálat eredményei már értékelhetők. *Így a posztoperatív 2. héttől a felületi elektromiográfia és a kidolgozott mérési protokoll már alkalmas az izomaktivitás rögzítésére. Az eredmények azt mutatják, hogy a vértelenség, a perioperatív anaesthesia lényegesen megváltoztatja az izmok aktivitását, elsősorban az izomaktivitás maximális kontrakcióját. Mindhárom betegcsoport izomaktivitása lényegesen eltér a kontrollcsoport eredményeitől.*

Publikációk: Bondár Attila, Bejek Zoltán: Vértelenség használata és perioperatív anasthesia hatása a térdprotézis beültetés utáni rehabilitációra, V. Magyar Biomechanikai Konferencia 2013. május 24-25. Budapest, Absztrakt füzet p.81., 2013.

Szabó Gréta Veronika: Egységes EMG feldolgozó rendszer fejlesztése, térdprotézis beültetések hatása az alsó végtagi izmokra, TDK Dolgozat BME Gépészmérnöki Kar, 2015

Az endoprotézis beültetés után a propiocepció (kinesztézis) elemzése mozgásvizsgálattal korai posztoperatív szakaszban

Témavezető: Pethes Ákos, Kiss Rita M.

Résztvevők: Bejek Zoltán, Szendrői Miklós, Holnapy Gergely, Nagymáté Gergely, Szabó Gréta, Petró Bálint, Kiss Bernadett, Pálya Zsófia, Lukácsi László, Petz Andor

A különböző típusú (teljes, minimál invazív) térdízületi endoprotézis beültetések után lényeges kérdés *a korai posztoperatív időszakban a kinesztézis visszaállítása, amely lényegesen befolyásolja a mozgásstabilitást.* Szükségessé vált annak a biomechanikai elemzése, hogy a kinesztézis szempontjából mely műtéti technikák előnyösebbek. Vizsgálatainkban arra kerestük a választ, hogy *a térdízületi kopás mértéke és a különböző műtéti technikák befolyásolják-e a kinesztézist.* A kinesztézis vizsgálata három fő területre terjed ki: a mozgás megismétlési pontosság, a dinamikus és a statikus (állás közbeni) egyensúlyozó képesség elemzése, értékelése.

A mozgás megismétlési pontosságát, azaz szabályosságát a járás változékonysági paraméterekkel jellemeztük, amelyek a távolság-, időjellelű változók szórása és a szögjellelű paraméterek átlagos szórása. A járás harmonikus, ha a járáskép változékonysági paraméterei kicsik, de az ízületi mozgások változékonysági paraméterei nagyok. 45 térdízületi kopásban szenvedő betegen elvégzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a térdízületi kopás rosszabbodásával a járás szabályossága romlik. A térdízületi protézis beültetés hatásvizsgálatába a hagyományos, teljes (15 fő), számítógéppel navigált, teljes (15 fő) és számítógéppel navigált, minimál invazív (15 fő) feltárással végzett műtéti típusokat vontuk be. A korai posztoperatív időszakban (6 héttől a 3. hónapig) helyben járás közben végzett mérések eredményei alapján mindhárom műtéti típus esetén a lépésfrekvencia, a térdízület és a medencemozgások szabályossága az egészséges értékekhez képest rosszabb, a folyamatos javulás ellenére a posztoperatív időszak 3. hónapjára sem érik el a kontrollcsoport értékeit.

A posztoperatív 3. hónaptól a járás szabályosságát jellemző járásváltozékonysági paramétereket futószalagon történő, 0,8 m/s, 1,0 m/s, 1,2 m/s szalagsebességű járás közben határoztuk meg. A járás szabályossága a szabadon választható sebesség környezetében a legjobb, minden esetben a nem-érintett oldal a domináns. A távolság- időjellelű paraméterek változékonysága (járáskép szabályossága) mindhárom műtéti típus esetén a műtét után egy évvel megegyezik a kontrollcsoport értékeivel. A teljes

feltárás esetén az érintett oldali térdízület mozgásának szabályossága még a műtét után egy évvel sem éri el a normál értéket, a mozgás beszűkült. A kompenzációban az ellenoldali ízületek és a medenceöv mozgásai vesznek részt, melyet az ízületi mozgások megnövekedett mozgásváltozékonysága is jelez. Ez azt mutatja, hogy a járás szabályossága elmarad a kontrollcsoportétól, ami az elesés megnövekedett kockázatát és a változó körülményekhez történő rosszabb alkalmazkodást is jelenti. A minimál invazív technika alkalmazásával a műtét után egy évvel nemcsak a távolság-, idő-, hanem a szögjellegű változók változékonysága is megegyezik a normál értékkel, a járás szabályossága nem tér el a kontrollcsoportétól. *Összefoglalva megállapítható, hogy a járás szabályosságának elemzésével a járásban bekövetkező változások pontosabban követhetők, már kisebb elváltozások is detektálhatók. A vizsgálattal a kompenzációs folyamatok feltárhatók, amelyeknek a rehabilitáció megtervezésében fontos szerepet kell kapniuk. A futószalagon történő járás a posztoperatív 3. hónaptól végezhető, addig a helyben járás szabályosságának elemzése a megfelelő támpont.*

Publikációk: Rita M. Kiss: Effect of severity of knee oateoarthritis on the variability of gait parameters, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21:695-703, 2011.

Ákos Pethes, Rita M. Kiss, Nauzika Kovács: A térdízületi protézis hatása a járásváltozékonyságra a korai posztoperatív szakaszban különböző feltárások esetén, *BIOMECHANICA HUNGARICA* (ISSN: 2060-0305) (eISSN: 2060-4475) 4: (2) pp.36-46, 2011.

Ákos Pethes, Rita M. Kiss: Effect of knee joint exposure on the variability of gait parameters in the early postoperative period, *Proceedings of the IASTED International Conference Biomechanics*, November 7-9, 2011, Pittsburgh, USA, 72-76, 2011.

Rita M. Kiss, Zoltán Bejek, Miklós Szendrői: *Variability of gait parameters in patients with total knee arthroplasty*, *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 20: 1252-1260, 2012.

Rita M. Kiss: Gender differences in the variability of gait in healthy subjects, *Proceedings of the IASTED International Conferences Biomedical Engineering*, February 15-17, 2012 Innsbruck, Austria, 384-388, 2012

Pethes Ákos, Kiss Rita M, Szendrői Miklós: *Variability of gait in the early postoperative period of total knee arthroplasty with different surgical technique*, *INTERNATIONAL ORTHOPAEDICS* (ISSN: 0341-2695) 38: (3) pp. 517-523, 2014.

A dinamikus egyensúlyozó képesség vizsgálatára az ultrahang-alapú irányváltoztatási tesztet fejlesztettük ki. A mérési módszer betegeken elvégezhető, fájdalom nélkül tolerálható. A hirtelen irányváltoztatás modellezéséhez a PosturoMed eszközt használtuk, az eszköz merev lapjának mozgását ultrahang-alapú mozgásvizsgáló rendszerrel rögzítettük. A lap mozgásából számítottuk a Lehr-féle csillapítási számot, a csillapítási időt, a sík két irányában megtett utat és annak hányadosát. A Lehr-féle csillapítási szám és a megtett utak aránya együttesen az egyensúlyozási stratégia jellemzésére is alkalmas. Áttértünk a MOGI Tanszéken található optikai-alapú mozgásvizsgáló rendszer használatára. Különböző életkorú egészséges személyek (140 fő) vizsgálati eredményei azt mutatják, hogy az egyensúlyozó képesség minősége és módszere (együttesen a stratégiája) numerikusan leírható, a paraméterek pontossága és megbízhatósága megfelelő. Az elvégzett 500 vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy az egyensúlyozó képesség minőségét (Lehr-féle csillapítási szám) csak a vizsgált személy neme, életkora, a vizsgálat módja (domináns lábon, nem-domináns lábon, kétlábon állás) határozza meg, míg az egyensúlyozás módszerét (sík két irányában megtett út aránya) ezek mellett a testtömeg és a testmagasság is befolyásolhatja. A kutatás utolsó két évében a lap mozgásának rögzítése mellett a medence és a fej mozgásainak rögzítése is megtörtént, a mérési eredményekből a csillapítási

időt, a megtett utak hosszát és arányát számoltuk. A három szinten történő méréssel az egyensúlyozás módszere pontosabban leírható.

45 térdízületi kopásban szenvedő betegen végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a térdízületi kopás rosszabbodásával a hirtelen irányváltatás utáni egyensúlyozó képesség romlik, az érintett oldal minden esetben a nem-domináns oldal. Az egyensúlyozó képesség korai romlása felhívja a figyelmet az elesés kockázatának növekedésére. A térdízületi protézis beültetés hatásvizsgálatába a hagyományos teljes (15 fő), számítógéppel navigált teljes (15 fő) és számítógéppel navigált minimál invazív (15 fő) feltárással végzett műtéti típusokat vontuk be. A vizsgálatot a műtét előtt, a műtét után 6 és 12 héttel (korai posztoperatív időszak) és 6 hónappal végeztük el. Az eredmények alapján a nem-érintett oldal a domináns. A teljes (hagyományos és számítógéppel navigált) feltárással végzett műtétek esetén a posztoperatív 6. héten az érintett oldalon és a nem-érintett oldalon történő állás közben meghatározott dinamikus egyensúlyozó képesség sem javul a műtét előtti állapothoz képest. A posztoperatív időszak 6-12. hete között a Lehr-féle csillapítási szám folyamatosan növekszik mindhárom vizsgálati módszer esetén, de a műtét utáni 12. héten és a 6. hónapban sem éri el a kontrollcsoport értékeit. A minimál invazív technikával végzett műtét esetén a dinamikus egyensúlyozó képesség javulása gyorsabb, mint a teljes feltárással végzett műtét esetén: már a műtét utáni 6. héten mindhárom vizsgálati mód esetén a Lehr-féle csillapítási szám szignifikánsan nagyobb, mint a műtét előtt mért értékek. A műtét utáni 12. héten még nem éri el a kontrollcsoport értékét, de a műtét utáni 6. hónapban a kontrollcsoporttól való eltérés már nem szignifikáns. Az egyensúlyozás módszere a pre- és posztoperatív időszakban lényegesen eltér a kontrollcsoport és a domináns és nem-domináns oldalon történő állás eredményeitől is. Ezek együttesen azt mutatják, hogy az egyensúlyozás stratégiája lényegesen megváltozik, az elesés kockázata nő. A posztoperatív időszakban a segédeszközök elhagyására igen nagy gondot kell fordítani.

Az unilaterális (egyoldali) térdízületi kopás egyre ritkább, és a műtét idején a kopás mértéke is egyre súlyosabb. A kutatás második részében elkezdtük a bilaterális (kétoldali), igen súlyos (Kelgreen-Lawrance skálán a IV+ osztályba tartozó) kopással rendelkező betegek vizsgálatát. A 26 beteg esetén végzett az ultrahang-alapú, hirtelen irányváltatási teszt eredményei alapján megállapítható, hogy a betegek közel 60%-a nem tudja az egy lábban állás közben a tesztet teljesíteni. Így bilaterális vagy igen súlyos térdízületi kopás esetén csak a kétféle lábban állás közben történhet a vizsgálat. A kétféle lábban állás közben mért értékek lényegesen csökkentek mind a kontrollcsoport, mind az unilaterális kopással rendelkező betegekhez képest. Azokban az esetekben, amikor az egy lábban állás közbeni vizsgálatok eredményesek voltak (10 fő), akkor az egyensúlyozás módszere a két oldal között szignifikánsan eltérő, pedig Lehr-féle csillapítási szám közel azonos. A posztoperatív eredmények azt mutatják, hogy a posztoperatív 2. héten még a kétféle lábban állás közbeni vizsgálatok is több esetben nem voltak elvégezhetőek, még a műtét utáni 6. hónapban is az egy lábban állás sok esetben nehezített. A hirtelen irányváltatás utáni egyensúlyozó képesség a posztoperatív időszak 6. hónapjában is szignifikánsan eltér a kontrollcsoporttól. A posztoperatív időszak 3. hónapjától a műtött oldal az egyensúlyozás esetén átveszi a domináns szerepet. Ez az az időpont, mikor a másik oldali egyensúlyozásban hirtelen romlás figyelhető meg. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy ilyen esetben a segédeszközök elhagyása veszélyes. *Összefoglalva megállapítható, hogy hirtelen irányváltatási teszt a folyamatos fejlesztések eredményeképpen az egyensúlyozó képesség minőségének és módszerének (összességében a stratégiájának) az elemzésére is alkalmas. A jelenleg hirtelen irányváltatás után a merev lap, a medence és a fej mozgásai ultrahang- és optikai alapú rendszerekkel is mérhetőek. A vizsgálati módszerrel a műtét előtti és utáni dinamikus egyensúlyozó képesség megfelelő pontossággal követhető. Az eredmények alapján a segédeszközök megfelelő időpontban, az elesés kockázatát minimalizálva hagyhatók el. A vizsgálatok felhívták a figyelmet az unilaterális és bilaterális érintettség okozta egyensúlyozási stratégiák (mind a minősége és módszere) különbözőségére, amelyek a konzervatív kezelések és a műtét utáni rehabilitációk átalakítását is megkövetelik.*

- Publikációk: Rita M. Kiss: A new parameter for characterizing balancing ability on an unstable oscillatory platform, *Medical Engineering and Physics*, 33, 1160-1166, 2011
- Rita M. Kiss: Influence factors of balancing capacity at healthy elderly subjects, *Proceedings of the IASTED International Conference Biomechanics*, November 7-9, 2011, Pittsburgh, USA, 61-66, 2011
- Kiss Rita M: Biomechanikai módszerek a csípőízületi kopás hatásának vizsgálatára, MTA Doktori értékezés, 2012
- Bálint Petró, Rita M Kiss: Directional ratio: a proposed new variable of dynamic balance regain, *RECENT INNOVAT MECHATRON 4: (1)*, 2017
- Bernadett Kiss, Gergely Nagymáté, Rita M Kiss: Examination of sailors's balancing ability with means of motion analysing system, In: Rita Kiss, Philipp J Thurner (ed) *Proceedings of International Conference on Biomedical Engineering*. Anaheim; Calgary; Zurich: IASTED - ACTA Press, 2017. pp. 195-199., 2017
- Rita M. Kiss: Effect of degree of knee osteoarthritis on balancing capacity after sudden perturbation, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22, 575-581, 2012
- Pethes Ákos, Kiss Rita M: A térdízületi protézis hatása a hirtelen irányválttatás utáni egyensúlyozó képességre korai posztoperatív időszakban, *BIOMECHANICA HUNGARICA (ISSN: 2060-0305) (eISSN: 2060-4475) 5: (1) pp. 44-52.*, 201
- Pethes Ákos, Kiss Rita M.: 12.2. A térdízületi endoportézis beültetés feltárési módjának hatása a dinamikus egyensúlyozó képességre a posztoperatív időszak első három hónapjában, Kiss RM. (szerk). *Biomechanikai modellezés. Monográfia*. Budapest: Terc Kiadó, 216-224, 2012
- Pethes Ákos, Bejek Zoltán, Kiss Rita M: The effect of knee arthroplasty on balancing ability in response to sudden unidirectional perturbation in the early postoperative period, *J ELECTROMYOGR KINES 25: (3) 508-514*, 2015
- Ákos Pethes, Gréta Szabó, Rita M Kiss: Effect of bilateral, severe knee osteoarthritis on balancing ability after sudden unidirectional perturbation, In: Hamza M H (szerk.) *Proceedings of the 11th IASTED International Conference on Biomedical Engineering*. Anaheim; Calgary; Zurich: ACTA Press, 2014. pp. 100-104., 2014
- Pethes Ákos, Szabó Gréta, Kiss Rita M: Bilaterális nagyfokú térdízületi artrózis hatása a hirtelen irányválttatás utáni egyensúlyozó képességre, *BIOMECH HUNG IX: (1) 51-58*, 2016
- Ákos Pethes, Bálint Petró, Gergely Nagymáté, Zoltán Bejek, Rita M. Kiss: The effect of bilateral total arthroplasty on equilibrium ability during the 6 month long postoperative period, *Knee, Surgery Sports Traumatology and Arthroscopy - bírálat alatt*, 2017
- Bálint Petró, Alexandra Papachatzopoulou, Rita M.Kiss: Devices and tasks involved in the objective assessment of standing dynamic balancing - A systematic literature review, *PlosOne-elfogadva*, 2017

A kinezitézis vizsgálat harmadik típusa a statikus, állás közbeni egyensúlyozó képesség vizsgálata, amely a nyomásközéppont (CoP) változásának elemzése (stabilometria). Ez a vizsgálati mód a legegyszerűbb, legkönnyebben, legkisebb terhelés mellett elvégezhető nyomáseloszlást mérő lap segítségével. A vizsgálat már több évtizedre nyúlik vissza, de az irodalomban található kutatások elsősorban a távolság- és időjellelű paraméterek elemzésére koncentráltak. Az irodalomban található jellemzők áttekintése, értékelése után a független paraméterek kiválasztása statisztikai módszerekkel történt, majd új frekvencia-alapú paramétert definiáltunk. A független paraméterek megbízhatósági vizsgálata egészséges személyen elvégzett 140 vizsgálat statisztikai értékelésével történt. A jellemzők definiálása, függetlenségének és megbízhatóságának vizsgálata alapján megállapítható, hogy 17

távolság-, idő és frekvencia jellegű paramétert célszerű elemezni, azonban legmegbízhatóbbnak a CoP által megtett út hossza, CoP anterior-posterior irányú maximális kitérése, a CoP mozgás legnagyobb amplitúdója és a két oldal közötti tehereloszlás paraméterek tekinthetők.

A statikus egyensúlyozó képességet 17 független paraméter elemzésével 19 unilaterális és 9 bilaterális térdízületi kopásban szenvedő betegnél elemeztük, a méréseket a műtét utáni 1. 2. 6. 12. héten is megismételtük. A betegek egy része (elsősorban a bilaterális érintettségtűek) az 1 perc hosszúságú két lábon, nyitott szemmel történő állást a műtét előtt és a műtét utáni 1. és 2. héten nem tudják teljesíteni. Ennek megfelelően a vizsgálat időtartamát 30 másodperc hosszúságúra kellett csökkenteni. Az eredmények azt mutatják, hogy a betegek statikus egyensúlyozó képessége a posztoperatív 12. hétig szignifikánsan eltér a 14 egészséges, idős személyből álló kontrollcsoport értékeitől. Az egyensúlyozó képességben történő változások már nagyon korai (1. hét) posztoperatív időszakban mérhetők. A kétoldali kopásban szenvedő betegek stabilometriás eredményei is jól mutatják a megváltozott egyensúlyozó képességet mind a kontrollcsoport mind az unilaterális betegekhez viszonyítva. A legnagyobb romlás a műtét utáni 2. héten figyelhető meg.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a stabilometriás vizsgálat irodalomban található közel 50 paramétere közül 17 független és 4 megbízható. Ezekkel a paraméterekkel az egyensúlyozó képesség már igen korai posztoperatív szakaszban (műtét után egy héttel) jellemezhető. Így a rehabilitáció eredményességének elemzésére nagyon olcsó, egyszerű vizsgálati módszer áll az orvosok, gyógytornászok rendelkezésére,

Publikáció: G Nagymate, B Vamos, R M Kiss: Validation of the Nintendo Wii Balance Board for stabilometry measurements, In: Korondi Péter (szerk.) (szerk.) 2016 International Symposium on Small-scale Intelligent Manufacturing Systems (SIMS). Narvik: IEEE, 2016. pp. 111-114., 2016

Gergely Nagymáté, Rita M. Kiss: Replacing redundant stabilometry parameters with ratio and maximum deviation parameters, In: Arnold Baca (szerk.) Proceeding of International Conference on Biomedical Engineering. Calgary: IASTED - ACTA Press, 2016. pp. 140-144., 2016

Nagymáté Gergely, Kiss Rita: Parameter Reduction in the Frequency Analysis of Center of Pressure in Stabilometry, PERIOD POLYTECH MECH ENG 6: (4) 238-246, 2016

Gergely Nagymáté, Zsanett Orlovits, Rita M. Kiss: Reliability analysis of a sensitive and independent stabilometry parameter set, PlosOne - bíráló alatt, 2017

G Nagymate, A Pethes, G Szabo, Z Bejek, R Paroczai, R M Kiss: The impact of the severity of knee osteoarthritis on the postural stability, MATER TOD PROC 3: (4) 1069-1073, 2016

Gergely Nagymáté, Rita M Kiss: Balancing strategy differences in bilateral knee osteoarthritis patients, In: Rita Kiss, Philipp J Thurner (ed) Proceedings of International Conference on Biomedical Engineering. Anaheim; Calgary; Zurich: IASTED - ACTA Press, 2017. pp. 154-157., 2017

Az endoprotézis beültetés hatására az alsó végtag szegmentum rotációjának elemzése mozgásvizsgálattal és numerikus módszerekkel

Témavezető: Andrónyi Kristóf

A kutatás végcélja egy olyan in vitro és in vivo körülmények között egyaránt használható vizsgálómódszer kidolgozása, amelynek segítségével a térdízületben létrejövő mozgások és a felszíni geometria együttesen elemezhető, a mozgások megjeleníthetők, és kvantitatívan leírhatóak. A kezdeti mérések és az irodalomkutatás során nyilvánvalóvá vált, hogy a nyers mozgási adatokból a mozgást leíró szögjellegű számadatok kinyerése rendkívül érzékeny terület. Elsősorban az ízületet alkotó csontok

koordináta rendszerének ezen belül is a térd flexiós tengelyének pontos felvétele a meghatározó. A transepicondylaris és transcyndrikus (referencia a femur condylusok hátulsó, körkkel közelíthető felszíne) tengely felvétele az in vitro kísérletek esetén megoldható. A transcyndrikus tengely használatával bizonyították, hogy a rotáció forgáspontja a mediális tibia condylus felett van, itt minimális transláció jön csak létre. A térdízületi protézis beültetés lényegesen megváltoztatta a térdízület rotációs mozgását.

5 egészséges személy esetén optikai és 7 személynél ultrahang-alapú mozgásvizsgáló rendszerrel in vivo körülmények között az in vitro kísérletekben használt módszerrel próbáltuk a csonthoz kötött koordinátarendszer és flexiós tengelyt meghatározni. Ez a módszer in vivo körülmények között nem használható, mivel a bőrmozgások, a betegek egyedisége (különböző mértékű kötőszöveti és lágyzóveti állomány miatti nehéz kitapinthatóság, fájdalom) lényegesen torzítják az eredményeket. Így a csonthoz kötött koordinátarendszer és flexiós tengely meghatározási módszere elsősorban a protézisek tervezésének első, úgy nevezett in vitro szakaszában használható.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a térdízületi endoprotézisek tervezése szempontjából az egészséges és protetizált térdízületben létrejövő mozgások ismerete in vivo körülmények között is fontos. A mozgások leírására in vitro körülmények között használt transepicondylaris és a kedvezőbb transcyndrikus tengely kijelölési módszer in vivo mozgáselemzés közben nem használható, mivel a bőrmozgások rögzítése lényegesen torzítja az eredményeket.

Publikáció: Andronyi Kristóf, Krakovits Gábor: A térdízületi rotáció leírását jelentősen befolyásolja a flexiós tengely meghatározása, A Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2013. évi Közös Kongresszusa, Budapest, 2013. június 27-29., 2013

A térdízületi protézis középidejű (1-5 év) és késői (5 év) kilazulásának és kopásának biomechanikai modellezése Röntgen Sztereometriai Analízissal (RSA-val)

Témavezető: Kiss Jenő

Résztevők: Aradi Petra, Illyés Árpád, Kiss-Polauf Marianna, Havasi Bálint, Lőrincz Ottó Botond, Antal János

A Szent János Kórház Ortopédiai-Traumatológiai Osztályán marker-alapú radiosztereometriai analitikai módszert használtunk a térdprotézisek térbeli migrációjának elemzésére. A kutatás célja az all-poly (teljesen műanyag) és fémtálcás tibiális komponensének migrációs jellegzetességeinek meghatározása és összehasonlítása. A Szent János Kórház Ortopédia-Traumatológia Osztályán 16 teljes térdízületi protézis beültetésén átesett beteg térdízületi csontkörnyezetébe és a protézisébe műtét közben összesen 35-42 mérőgolyót helyeztek el az operatórok.

Megállapítható, hogy a golyók iránymozgásának és abszolút elmozdulásának együttes elemzése célszerű. Különösen abban az esetben, ha a két vizsgálat közötti időszakban a migráció iránya megváltozik. A 16 betegből 5 (4 all-poly és 1 fémtálcás) esetben lehetett az utánkövetést elvégezni. Az all-poly esetben mért elmozdulások a nemzetközi irodalomban található eredményekkel megegyeznek. A fémtálcás protézis típus esetén az iránymozgás és a 3D migráció is lényegesen nagyobb, mint az all-poly esetben, de ez még nem tekinthető kóros elmozdulásnak. További fontos megállapításunk, hogy az all-poly típusú protézis beültetése esetén az y irányú (a test függőleges tengelyével párhuzamos) elmozdulás az összes esetben caudalis (lefelé mutató) volt, addig a fémtálcás tibiális komponens esetében ez cranialis (felfelé). A vizsgálathoz beválasztott két betegnél szepszis alakult ki. Ez lehetőséget teremtett arra, hogy esetbemutató szintjén összefoglaljuk a radiosztereometria mindennapi gyógyításban betöltött szerepét speciális problémák esetén. Mindkét esetben a szepszis következtében rövid idő alatt (pár hét) nemcsak az elmozdulás nagysága nőtt meg többszörösére, hanem a migráció iránya is megfordult, még szepszis elváltozás a felvételeken történő megjelenése előtt.

A kutatás első részében a radiosztereometriás vizsgálatok hagyományos röntgen eljárással (filmre készített felvételek) készültek, melyek minősége folyamatosan romlott. A Szent János Kórház a kutatás közben digitális röntgen eljárásra állt át, az így készült felvételek értékeléséhez a rendelkezésünkre álló szoftver nem volt megfelelő, és a beállítási paraméterek megváltoztatása miatt az eredmények már nem voltak összehasonlíthatók. A kutatást akadályozta, hogy a beépített fémgolyók kilazulása az eredményeket lényegesen módosította.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a radiosztereometriás módszer alkalmas lehet a protézis lazulás korai felismerésére, különösen szseptikus esetben. A technika változása (hagyományos eljárásról digitális technikára történő átállás) miatt a módszert módosítani kell. A módosítás során a jobb láthatóság biztosítása és a kilazulás csökkenése miatt a beültetendő fémgolyók helyét is célszerű ismételtén átgondolni.

Publikációk: Kiss-Polauf Marianna, Illyés Árpád, Havasi Bálint, Kiss Rita M, Kiss Jenő: Térdízületi endoprotézis térbeli migrációja egy szseptikus lazulás esetében, Magyar Traumatológia, Ortopédia, Kézsebészet, Plasztikai Sebészet. 56(3) 241-247, 2013

Kiss-Polauf Marianna, Illyés Árpád; Illyés Árpád, Havasi Bálint, Kiss Rita M, Kiss Jenő: Térdízületi protézisek térbeli migrációjának vizsgálata radiosztereometriai módszerrel: Korai eredményeink, BIOMECHANICA HUNGARICA (ISSN: 2060-0305) (eISSN: 2060-4475) 6: (2) pp. 18-25., 2013

Nem tervezett vizsgálatok

Résztevők: Magyar O. Mátyás, Knoll Zsolt, Holnapy Gergely, Illyés Árpád, Kiss Rita M.

A kutatás során tanulmányozott betegtörténetek – anamnézis – elemzése és a korábbi kutatások radiológiai vizsgálatai alapján megállapítható, hogy a meniscus sérülés és a részleges meniscus eltávolítás (meniscectomia) a térdízületi kopás egyik kiváltó oka lehet. A különböző vizsgálati módszerek közül *a járás képének, szabályosságának és a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képesség vizsgálatával elemeztük a meniscus sérülés és meniscectomia hatását.* Az eredmények alapján az ízületi kopásra jellemző biomechanikai elváltozások már a posztoperatív időszakban megjelennek, amelyek a radiológiai vizsgálatok eredményeit megerősítik és előrevetítik.

Publikációk: Mátyás. O. Magyar , Zsolt Knoll, Rita M. Kiss: The influence of medial meniscus injury and meniscectomy on the variability of gait parameters, Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 20(2): 290-297, 2012

Mátyás. O. Magyar , Zsolt Knoll, Rita M. Kiss: The influence of medial meniscus injury and meniscectomy on the variability of gait parameters, Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 20(2): 290-297, 2012

Magyar Olivér Mátyás: Járásvizsgálat fiatal egészséges személyeken, valamint meniscectomia pre- és posztoperatív időszakában, Semmelweis Egyetem Doktori Iskola, 2014

A bemutatott mérési módszerek a csípőízületi kopás és -endoprotézis beültetés hatásvizsgálatára is alkalmas. *A járáskép, a járásszabályosság és a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képesség elemzésével a különböző feltárások hatását elemeztük.* Antero-lateral (AL) (22 beteg), direkt-lateral (DL) (25 beteg) és hátsó, tokot helyreállító (P) (25 beteg) feltárás lényegesen befolyásolja a járás képét és szabályosságát, valamint a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képességet egyaránt, amelyet a rehabilitáció protokollok kialakításánál kell figyelembe venni. A DL- és AL-feltárással műtött betegek esetén a posztoperatív időszak első hat hónapjában járás képe és szabályossága, valamint a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képesség folyamatosan javul, de a posztoperatív 6. hónap végén

mind a járásképe, mind az ízületi mozgások szabályossága még szignifikánsan eltér az egészséges kontrollesoportétól, sőt az érintett oldali csípőízület flexibilitása lényegesen rosszabb az egészséges oldalétól. P-feltárás esetén a járás szabályosságának javulása az előző két feltárási módhoz képest gyorsabb, és a posztoperatív időszak 6. hónapjára a járás képe, szabályossága és a hirtelen irányválttatás utáni egyensúlyozó képesség is megegyezik, de az érintett ízület flexibilitása még kisebb, mint a kontrollesoporté. Az eredmények azt mutatják, hogy még a tok helyreállító műtét (P-feltrás) esetén is a járás stabilitása, biztonsága eltér a kontrollesoportétól.

Publikációk: Kiss Rita M, Illyés Árpád: Comparison of gait parameters in patients following total hip arthroplasty with a direct-lateral or antero-lateral surgical approach, HUM MOVEMENT SCI 31: 1302-1316, 2012

Holnapy Gergely, Kiss Rita M: 12.1 A csípőízületi endoprotézis beültetés feltárási módjának hatása a dinamikus egyensúlyozó képességre a posztoperatív időszak első hat hónapjában, Kiss RM (szerk). Biomechanikai modellezés. Monográfia. Budapest: Terc Kiadó, 205-216, 2012

Holnapy Gergely, Kiss Rita M: Impact of the method of exposure in total hip arthroplasty on balancing ability in response to sudden unidirectional perturbation in the first six months of the postoperative period, J ELECTROMYOGR KINES 23: 727-733, 2013

Holnapy Gergely, Illyés Árpád, Kiss Rita M: Impact of the method of exposure in total hip arthroplasty on the variability of gait in the first 6 months of the postoperative period, J ELECTROMYOGR KINES 23: (4) 966-976, 2013

Holnapy Gergely: A különböző típusú csípőízületi feltárások hatása a dinamikus egyensúlyozó képességre és a járás szabályosságára a csípőprotézis beültetését követő hat hónap során, PhD értekezés, SE Doktori Iskola 89p, 2016

III. A kutatásban résztvevő személyek

A jelen pályázatban a mérnökökből és orvosokból álló kutatócsoport a térdízületi endoprotézis beültetés korai és késői biomechanikai vizsgálata témakörében meghatározott feladatok megoldására szerveződött. A kutatócsoport személyi összetételét a megoldandó feladatok jellege és kapcsolata határozta meg, ennek megfelelően Illyés Árpád külföldre távozása után feladatát más kutató (Antal János) vette át. A kutatásban valamennyi résztvevőnek személyre szóló feladata volt, amely a pályázók korábbi kutatási eredményeire, tapasztalataira épült. Minden altéma felelőse egy orvos és egy mérnök volt, akik a kitűzött feladatok végrehajtásáért feleltek. A hallgatói és doktoranduszi alkalmazások esetén a tehetségtámogatás mellett arra törekedtünk, hogy ismereteiknek, korábbi kutatási tapasztalataiknak megfelelő feladatot adjunk. Az egyes részfeladatok témavezetői és résztvevői az eredmények részletes bemutatásánál (II. rész) található.

IV. A kutatás haszna

A kutatás egyik fő célja egy olyan biomechanikai – elsősorban mozgáselemzésen alapuló – vizsgálati módszer „csomag” kidolgozása, amely alkalmas a térdízületi kopás és -endoprotézis beültetés hatásának komplex elemzésére: a mozgás képének, szabályosságának, a mozgás és állás közbeni egyensúlyozó képesség, az izomaktivitás elemzése, valamint a térdízületi mozgások leírása. A kidolgozott módszerek a pre- és posztoperatív időszakban egyaránt alkalmasak a biomechanikai változások követésére mind az unilaterális mind a bilaterális érintettség esetén. Az elvégzett nagyszámú mérések feltárták egyes

vizsgálatok előnyeit, hátrányait, korlátait, az eredményeket befolyásoló tényezőket. A kidolgozott vizsgálati módszer komplexitását mutatja, hogy egyes vizsgálati módszerek (járásvizsgálat, járás szabályosságának vizsgálata, hirtelen irányváltóztatás utáni és állás közben egyensúlyozó képesség vizsgálata) más ortopédiai elváltozások hatásvizsgálatánál is jól használhatók.

A kutatás másik célja annak a numerikus bizonyítása, hogy a minimál invazív műtéti technika az izomaktivitás visszaépülése, a kinesztézis ismételt kialakulása szempontjából kedvezőbb a teljes feltárású műtéti technikáknál. A minimál invazív technika szélesebb körben történő alkalmazásával jelentősen csökkenhetnek a műtét után fellépő járásképi és mozgás koordinációs problémák, amely lényegesen csökkentené a műtét után kialakuló elesés kockázatát. Ez komoly előrelépés és költségmegtakarítás az endoprotézis beültetések esetén. A széleskörű vizsgálatok eredményei felhívták a figyelmet arra, hogy a segédeszközök elhagyásának időpontjára, valamint a kompenzációs mechanizmusok eltérése miatt a rehabilitációs protokollok át- és kidolgozására nagyobb hangsúlyt kell fektetni.

Az eredmények módszertani része a modellalkotás, a mérési módszerek verifikálása, megbízhatóságának igazolása területén, míg gyakorlati része az egyre komolyabb népegészségügyi problémát jelentő endoprotézis beültetések területén kerülhetnek felhasználásra.

A kutatási témának nem volt hazai és nemzetközi előzménye, így a kutatás eredményeit rangos folyóiratokban, konferenciákon tudtuk összefoglalni. A kutatás fő irányvonalának eredményei hat nemzetközi folyóirat cikkben ($\sum IF=11,584$) már megjelent, míg három cikk ($\sum IF=8.835$) bírálat alatt vagy megjelenés előtt van. A kutatás eredményei megjelentek Kiss Rita MTA doktori értekezésében, valamint a kutatás gyakorlati eredményei Pethes Ákos jelenleg szerkesztés alatt álló PhD dolgozatában kerül összefoglalásra. A kutatás megállapításait ezenkívül magyar (5) és idegennyelvű (2) cikkekben konferencia közleményekben (9), absztraktokban (2), monográfia fejezetben (1) is összefoglaltuk. A mérési módszereket meniscus sérülés és meniscectomia hatásának, valamint csípőízületi kopás és protézis hatásának vizsgálatára is használtuk, amellyel a biomechanikai-alapú vizsgálati módszer általános használhatóságát bizonyítottuk. Ezek öt nemzetközi cikk ($\sum IF=9,367$) és két PhD dolgozat (Magyar O Máttyás és Holnapy Gergely), több egyéb publikáció fontos pillérei. A kutatásba bevont hallgatók közül jelenleg ketten (Nagymáté Gergely és Petró Bálint) doktoranduszok, így a tehetségtámogatásban és kiválasztásban is fontos szerepet kapott a kutatás.