

BILATERÁLIS, NAGYFOKÚ TÉRDÍZÜLETI ARTRÓZIS HATÁSA A HIRTELEN IRÁNYVÁLTOZTATÁS UTÁNI EGYENSÚLYOZÓ KÉPESSÉGRE

Pethes Ákos¹, Szabó Gréta², Kiss Rita M.²

¹ Szent János Kórház és Észak-budai Egyesített Kórházak, Ortopéd- Traumatológiai Osztály

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

rita.kiss@mogi.bme.hu

DOI: 10.17489/biohun/2016/1/02

Absztrakt

Az egyoldali (unilaterális), nagyfokú térdízületi artrózis szignifikánsan befolyásolja a járás paramétereit, a járás szabályosságát és az egyensúlyozó képességet. Jelen kutatás célja annak megállapítása, hogy a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képességet jellemző Lehr-féle csillapítási szám hogyan változik meg a kétoldali (bilaterális), nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegeknél. A vizsgálatokban 20 kontroll, 20 unilaterális és 20ilaterális nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő beteg vett részt. Az egyensúlyozó képességet két és egy lábon állva mért, hirtelen irányváltoztatási tesztből meghatározott Lehr-féle csillapítási számmal jellemeztük. Bilaterális térdízületi artrózisban szenvedő betegeknél, az unilaterális térdízületi artrózisban szenvedő betegekkel ellentétben nem volt szignifikáns különbség a két lábon, domináns lábon és nem-domináns lábon állva mért értékek között. A férfiak és a nők egyensúlyozó képessége között egyik betegcsoport esetén sem találtunk szignifikáns különbséget. A bilaterális térdízületi artrózisban szenvedő betegek esetén a két lábon állás közben mért értékekből számított Lehr-féle csillapítási szám szignifikánsan kisebb, mint az unilaterális térdízületi artrózisban szenvedő betegek és a kontrollcsoport esetén, ami arra enged következtetni, hogy ennél a csoportnál legnagyobb az elesés kockázata.

Kulcsszavak: ultrahangalapú mozgáselemzés, térdízületi artrózis, hirtelen irányváltoztatási teszt, Lehr-féle csillapítási szám

Effect of bilateral, severe knee osteoarthritis on balancing ability after sudden unidirectional perturbation

Abstract

The gait parameters, the variability of gait, the balancing ability are influenced by unilateral, severe knee osteoarthritis. The aim of this study is to analyze balancing ability after sudden perturbation characterized Lehr's damping ratio measured by provocation test. 20 controls, 20 patients with unilateral and 20 with bilateral, severe knee osteoarthritis was examined during stance on both and on single limb. On basis of our result it could be established that in patients with bilateral, severe knee osteoarthritis the Lehr's damping ratio calculated from provocation test while standing on both limbs, on dominant and non-dominant limb did not differ significantly each other. No significant difference found between the results of males and females in both patient group. Our results showed that, the Lehr's damping ratio measured during stance on both limb was significant smaller in patients with bilateral knee osteoarthritis, than the value of patients with unilateral knee osteoarthritis. On basis of our result it could be establish that the risk of fall is highest in patients with bilateral, severe knee osteoarthritis.

Keywords: ultrasound-based motion analysis, knee osteoarthritis, sudden unidirectional perturbation test, Lehr's damping ratio

1. Bevezetés

Az egyoldali (unilaterális), nagyfokú térdízületi artrózis a járás paramétereit,¹⁻⁷ a járásmin-tát,⁸⁻¹⁰ az ízületi propriocepciót¹⁰⁻²⁰ és az állás közbeni egyensúlyozó képességet²⁰⁻²⁵ szignifi-kánsan befolyásolja. Kutatócsoportunk megál-lapította, hogy unilaterális, nagyfokú térdízü-leti artrózis esetén a hirtelen irányváltoztatási teszt által mért Lehr-féle csillapítási számmal jellemzett dinamikus egyensúlyozó képesség is romlik.^{26, 27}

Creaby és mtsai²⁸ kutatási eredményei azt mu-tatják, hogy a kétoldali (bilaterális) térdízületi artrózisban szenvedő betegek járásparaméterei szimmetrikusak, de szignifikánsan eltérnek az egészséges, azonos korú személyekétől. Mills és mtsai²⁹ eredményei enyhe és közepes bilate-rális térdízületi artrózis esetén aszimmetrikus járásképet mutattak ki. Liu és mtsai³⁰ megál-lapították, hogy nagyfokú bilaterális térdízületi artrózis esetén a térd flexiós-extenziós nyoma-téka lényegesen és szimmetrikusan csökkent. A betegek a csökkent térdízületi nyomatókat a boka és a csípőízület megnövekedett flexiós nyomatókával kompenzálták.

Nem találtunk olyan kutatást, amely a kétol-dali (bilaterális) térdízületi artrózis hatását az egyensúlyozó képességre vizsgálta volna. Kutatásunk célja annak megállapítása, hogy a bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegek esetén, a hirtelen irányvál-toztatási tesztből számított Lehr-féle csillapít-ási számmal jellemezhető dinamikus egyen-

súlyozó képesség hogyan módosul két lábon és egy lábon állva. Feltevésünk szerint a bilaterá-lis, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegek dinamikus egyensúlyozó képessége két lábon és egy lábon állva is a kontrollcsoporté-hoz képest csökken, a csökkenés szimmetrikus.

2. Anyag és módszer

2.1. Vizsgált személyek

A kontrollcsoportot 20 egészséges, 65 év feletti személy alkotta (1. táblázat). A kizárási krité-rium az alsó végtagot, gerincet érintő elválto-zás, korábbi sérülés, műtét, ízületi kopás alsó végtagi ízületekben, neurológiai elváltozás (Parkinson, dementia, stroke stb.), egyensú-lyozó képességet érintő elváltozás, vesztibularis elváltozás, nem-kontrollált, nem-karbantartott kardiovaszkularis elváltozás, ± 50 dioptriánál nagyobb látáskorrekció. A mozgásvizsgálat előtt ortopéd szakorvos (PÁ) által elvégzett fizikális, ortopédiai vizsgálat szerint mindkét alsó végtag ízületeinek mozgástartománya, stabilitása, valamint az alsó végtag tengelyál-lása, izomereje és izomtónusa élettanilag meg-felelő volt.

A két betegcsoportot 20 bilaterális, 20 unilaterális térdízületi artrózisban szenvedő beteg alkotta (1. táblázat). A bilaterális térd-ízületi artrózis esetén mindkét térdben, míg az unilaterális térdízületi artrózis esetén az érin-tett térdben az artrózis súlyossága a Kellgren-Lawrence szerinti radiológiai index szerint IV.³¹ A többi beválasztási és kizárási kritérium megegyezett az egészséges személyeknél be-

Csoport	Bilaterális térd OA	Unilaterális térd OA	Kontroll
Férfi/nő	9/11	8/12	10/10
Kor [év]	67,2 \pm 10,1	69,7 \pm 8,1	68,4 \pm 6,22
Testsúly [kg]	90,4 \pm 19,7	86,4 \pm 18,1	81,5 \pm 15,6
Magasság [m]	1,71 \pm 0,13	1,63 \pm 0,10	1,68 \pm 0,12

OA: artrózis

1. táblázat. Az antropometriai adatok átlagos \pm szórással

mutatottakkal. A fizikális, ortopédiai vizsgálatot a betegcsoport esetén is ortopéd szakorvos (PÁ) végezte.

A csoportok antropometriai adatainak összehasonlításánál látható (1. táblázat), hogy a bilaterális és unilaterális térd OA betegek testmagassága között a különbség jelentős, de nem szignifikáns ($p = 0,06$). A korábbi vizsgálatok²⁷ egyértelművé tették, hogy a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képességet a testtömeg és a testmagasság szignifikánsan nem befolyásolja.

A dinamikus egyensúlyvizsgálat megkezdése előtt a domináns oldal az ún. lökésteszttel állapítható meg.³² Domináns az az alsó végtag, amellyel hátulról történő lökés esetén a vizsgált személy kilép, hogy egyensúlyát viszszerjje. A lökésteszt eredményeképpen az egészséges kontrollcsoportnál 3 nő és 2 férfi páciensnél a bal oldal, míg a többi személynél a jobb oldal volt a domináns. Az unilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegeknél minden esetben az egészséges oldal volt a domináns. A bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegeknél 4 nő és 1 férfi esetén a baloldal, míg a többi beteg esetén a jobb oldal volt a domináns.

Minden résztvevő írásbeli tájékoztatásban részesült a kutatás rizikóiról és céljairól, aláírásukkal beleegyezésüket adták a vizsgálatban való részvételbe, melyet bármikor következmények nélkül visszavonhattak. A vizsgálatot az Egészségügyi Tudományos Tanács Tudományos és Kutatásetikai Bizottság (114/2004) hagyta jóvá.

2.2. Vizsgálati módszer

A hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képesség mérése a provokációs teszttel történt²⁷ a Semmelweis Egyetem Ortopédiai Klinika Járáslaboratóriumában. A vizsgálatot

minden esetben egy személy (SzG) végezte. Jelen vizsgálatban a PosturoMed© (Haider-Bioswing GmbH, Weiden Németország) (1. ábra) terápiás eszköz felfüggesztett merev lapjának mozgását négy rugó szabályozta. Ez a könnyű vizsgálatot jelenti, mivel a lap a vízszintes síkban csak egy irányban tud kitérni. A merev lap mozgását zebris CMS-10 ultrahangalapú egyedi érzékelőket használó mérőrendszerrel (Zebris, Medizintechnik GmbH, Isny, Németország) és a Win Posture mérést vezérlő programmal rögzítettük. A mérés elrendezése az 1. ábrán látható. A mérés frekvenciája 100 Hz volt.



1. ábra. Mérési elrendezés. PosturoMed® lap mozgásának rögzítéséhez az ultrahangalapú mérőfej 30°-os dőlésszögben a vizsgált személy oldalánál, míg két egyedi érzékelő a lap oldalán található

A hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képességet a merev lap csillapított szabad lengéséből számított Lehr-féle csillapítási számmal (D) jellemeztük.²⁷ A Lehr-féle csillapítási szám értéke 0 és 1 között lehet. Ha $D = 0$, akkor nincs csillapítás, a lengés csillapítatlan szabad lengés, azaz a vizsgált személy elveszti egyensúlyát. Ha $D = 1$, akkor a csillapítás megegyezik a kritikus csillapítással, lengés nem jön létre, azaz az egyensúlyozó képesség ideális. Minél nagyobb a Lehr-féle csillapítási szám, annál jobb a tényleges csillapítás, azaz annál jobb a vizsgált személy egyensúlyozó képessége.

A vizsgálat sorrendje az egészséges és a bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisos betegeknél: mindkét végtagon állva (mindkét végtag),

a domináns végtagon állva (domináns végtag) és nem-domináns végtagon állva történő vizsgálat. Unilaterális térdízületi artrózisos betegeknek: két lábon állva (mindkét végtag), az érintett végtagon (érintett végtag) és a nem-érintett végtagon (nem-érintett végtag) állva történő vizsgálat.

A vizsgálati személyek adataiból vizsgálati csoportonként csoportátlag és szórás számolható, a szórások azonosságát F-próbával ellenőriztük. A csoportok közötti különbséget kétmintás t-próbával, a két oldal (domináns és nem-domináns) közötti különbséget egymintás, párosított t-próbával elemeztük. Az adatok kiértékelése MS Excel Analysis ToolPack szoftver felhasználásával történt. Az eltérés szignifikáns, ha $p \leq 0,05$.

3. Eredmények

Az eredmények összefoglalva a 2. táblázatban láthatók. A kontrollcsoport és az unilaterális,

nagyfokú térdízületi artrózisos betegcsoport összes tagja a vizsgálat mindhárom (mindkét, domináns és nem-domináns végtagon történő) részt végrehajtotta. A bilaterális, nagyfokú térdízületi kopásos betegek közül 4 beteg mindkét egy lábba (domináns és nem-domináns), míg további 3 beteg a nem-domináns végtagon történő vizsgálati részt nem tudta végrehajtani. Ezekben az esetekben a Lehr-féle csillapítási szám 0.

Az egészséges kontrollcsoport esetén a nem-domináns végtagon állva mért értékekből számított Lehr-féle csillapítási szám szignifikánsan kisebb, mint a domináns végtagon ($p_{n\sigma} = 0,006$; $p_{f\text{érfi}} = 0,009$) és a mindkét végtagon ($p_{n\sigma} = 0,004$; $p_{f\text{érfi}} = 0,002$) állva mért értékekből számított Lehr-féle csillapítási szám (2. táblázat). A férfiak és nők mért értékeiből számított Lehr-féle csillapítási szám szignifikánsan eltért egymástól ($p_{\text{két}} = 0,009$; $p_{\text{domináns}} = 0,006$; $p_{\text{nem domináns}} = 0,002$) (2. táblázat). Ezek az eredmények korábbi vizsgálatok

Csoport	Állás		
	Mindkét végtag	Domináns/ nem-érintett végtag	Nem-domináns/ érintett végtag
Férfi kontroll N = 10	4,63 ± 0,32	4,50 ± 0,31	2,87 ± 0,36 ^{a,b}
Női kontroll N = 10	5,01 ± 0,30 ^c	4,89 ± 0,29 ^c	3,45 ± 0,33 ^{a,b,c}
Férfiak unilaterális térd OA N = 8	3,13 ± 0,51 ^c	2,95 ± 0,47 ^c	0,89 ± 0,37 ^{a,b,c}
Nők unilaterális térd OA N = 12	3,26 ± 0,47 ^c	3,02 ± 0,49 ^c	0,93 ± 0,47 ^{a,b,c}
Férfiak bilaterális térd OA N = 9	0,79 ± 0,57 ^{c,d}	0,62 ± 0,41 ^{c,d}	0,59 ± 0,39 ^c
Nők bilaterális térd OA N = 11	0,81 ± 0,55 ^{c,d}	0,70 ± 0,37 ^{c,d}	0,68 ± 0,33 ^c

^a Szignifikáns különbség a D értékében a két lábon mért paraméterekhez képest

^b Szignifikáns különbség a D értékében a domináns/nem-érintett lábon mért paraméterekhez képest

^c Szignifikáns különbség a D értékében az egészséges kontrollcsoporttal összehasonlítva

^d Szignifikáns különbség a D értékében a bilaterális térdízületi és unilaterális térdízületi artrózisos betegek között

^e Szignifikáns különbség D értékében a különböző nemek között

OA: artrózis

2. táblázat. A hirtelen irányváltoztatási tesztből számolt Lehr-féle csillapítási szám (D) átlag ± szórása
 Megjegyzések: domináns/nem-domináns végtag: egészségeseknél és bilaterális térdízületi artrózisos betegeknek domináns, míg unilaterális térdízületi artrózisban szenvedő betegeknek nem-érintett (egészséges) oldal; nem-domináns/érintett végtag: egészségeseknél és bilaterális térdízületi kopásos betegeknek nem-domináns végtag; unilaterális térdízületi kopásos betegeknek érintett végtag

eredményeivel²⁷ megegyeznek.

Az *unilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegcsoport*nál a kontrollcsoporthoz hasonlóan az érintett végtagon állva mért értékekből számított Lehr-féle csillapítási szám szignifikánsan kisebb volt a mindkét lábon ($p_{nő} = 0,0005$; $p_{férfi} = 0,00011$) a nem-érintett lábon ($p_{nő} = 0,0013$; $p_{férfi} = 0,0014$) állva mért értékekből számított Lehr-féle csillapítási számhoz képest (2. táblázat). A vizsgált személy neme a Lehr-féle csillapítási számot nem befolyásolta szignifikánsan ($p_{mindkét} = 0,087$; $p_{domináns} = 0,078$; $p_{nem\ domináns} = 0,20$) (2. táblázat). A betegcsoport Lehr-féle csillapítási száma mindhárom vizsgálati rész esetén mind a férfi ($p_{mindkét} = 0,0021$; $p_{domináns} = 0,0007$; $p_{nem\ domináns} = 0,00002$) mind a női kontrollcsoporthoz ($p_{mindkét} = 0,0032$; $p_{domináns} = 0,0006$; $p_{nem\ domináns} = 0,00005$) képest szignifikánsan kisebb volt. (2. táblázat). Ezek az eredmények korábbi vizsgálatok eredményeivel²⁶ megegyeznek.

A *bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisos betegcsoport* esetén a végtag dominancia Lehr-féle csillapítási számot szignifikánsan nem befolyásolta sem férfiak ($p_{mindkét-domináns} = 0,21$; $p_{domináns-nem\ dom} = 0,37$; $p_{mindkét-nem\ dom} = 0,09$), sem nők esetén ($p_{mindkét-domináns} = 0,21$; $p_{domináns-nem\ dom} = 0,37$; $p_{mindkét-nem\ dom} = 0,09$) esetén (2. táblázat), azaz a három vizsgálati résszel meghatározott Lehr-féle csillapítási szám szignifikánsan nem tért el egymástól. A vizsgált személy neme a Lehr-féle csillapítási számot egyik vizsgálati rész esetén sem befolyásolta. ($p_{mindkét} = 0,13$; $p_{domináns} = 0,17$; $p_{nem\ domináns} = 0,09$) (2. táblázat). Mindkét nem, mindhárom vizsgálati rész esetén a Lehr-féle csillapítási szám szignifikánsan kisebb volt, mint a kontrollcsoport értékei ($p_{mindkét} < 0,00007$; $p_{domináns} < 0,000004$; $p_{nem\ domináns} < 0,00007$) (2. táblázat). A vizsgált személy nemétől függetlenül szignifikáns különbséget találtunk az unilaterális és a bilaterá-

lis, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegek esetén a két lábon és a domináns lábon állás közben mért értékekből számított Lehr-féle csillapítási szám között ($p_{mindkét} < 0,0001$; $p_{domináns} < 0,0006$) (2. táblázat). Nem volt szignifikáns különbség az unilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegek érintett oldalán történő állás közben mért értékekből számított Lehr-féle csillapítási szám és a bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegek két lábon történő ($p_{férfi} = 0,09$; $p_{nő} = 0,11$), domináns lábon történő ($p_{férfi} = 0,17$; $p_{nő} = 0,28$) nem-domináns lábon ($p_{férfi} = 0,08$; $p_{nő} = 0,07$) történő állása közben mért értékekből számított Lehr-féle csillapítási szám között (2. táblázat).

4. Megbeszélés

Az egészséges csoporton végzett vizsgálatok megmutatták, hogy a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képességet a vizsgált személy neme és az oldaldominancia jelentősen befolyásolja.^{27,33,34} Unilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegeknél az egészséges, vagyis nem-érintett oldal tekinthető dominánsnak. A térdízületi artrózis hatására a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képesség romlott, amely alátámasztja a korábbi stabilometriás kutatások eredményeit.²¹⁻²⁵ A vizsgált személy neme a hirtelen irányváltozás utáni egyensúlyozó képességet nem befolyásolja, azaz a térdízületi artrózis hatása nagyobb, mint a vizsgált személy nemének hatása.²⁷

Bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegeknél sem befolyásolta a vizsgált személy neme az egyensúlyozó képességet. Az unilaterális, nagyfokú térdízületi kopásban szenvedő betegekkel ellentétben, ennél a betegcsoportnál az oldaldominancia sem befolyásolta az egyensúlyozó képességet, vagyis az egy lábon mért értékek szimetri-

kusak, melyek megegyeznek járásvizsgálatból tett megállapítással.²⁸ Az eredményeink alapján feltételezhető, hogy a térdízületi artrózis nem csak a vizsgált személy neménél, hanem az oldaldominanciánál is erősebben hatással van a dinamikus egyensúlyozó képességre. Ezt az is megerősíti, hogy a bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisos betegeknél a Lehr-féle csillapítási szám egy lábon állva nem tért el az unilaterális térdízületi artrózisos betegek érintett oldalán állva mért értékeiből számított Lehr-féle csillapítási számtól. Az eredmények alapján a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képességre a legnagyobb hatást a térdízületi artrózis súlyossága gyakorolhatja.

Jelen kutatásban a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képességet csak teljes térdízületi protézis előtt vizsgáltuk. A következőkben az ilyen típusú vizsgálatokat célszerű az izomműködés vizsgálatával is kiegészíteni. A kutatás következő részében az artrózis okoz-

ta tengely-deformitások mértéke és a hitelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képesség közötti kapcsolat is elemezhető.

5. Következtetés

Bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegeknél a hirtelen irányváltoztatás utáni egyensúlyozó képesség a kontrollcsoport-hoz képest szignifikánsan romlott. Szignifikáns különbség mutatható ki az unilaterális és a bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegek mindkét lábán és a domináns végtagon állva mért értékekből számított Lehr-féle csillapítási száma között is. Ez alapján feltételezhető, hogy a bilaterális, nagyfokú térdízületi artrózisban szenvedő betegek dinamikus egyensúlyozó képessége rosszabb, azaz az elesés kockázata e betegcsoportnál a legnagyobb. Ezt a konzervatív terápiaák összeállításánál, és a segédeszközök elrendelésénél is célszerű figyelembe venni.

IRODALOM

1. *Al-Zahrani KS, Bakheit AM.* A study of the gait characteristics of patients with chronic osteoarthritis of knee. *Diabil Rehabil* 2002;24:275-80.
2. *Bejek Z, Paróczai R, Szendrői M, Kiss RM.* Gait analysis following TKA: comparison of conventional technique, computer-assisted navigation and minimally invasive technique combined with computer assisted navigation. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 2011;19:285-91.
3. *Kaufman KR, Hughes C, Morrey BF, Morrey M, An KN.* Gait characteristics of patients with knee osteoarthritis. *Journal of Biomechanics* 2001;31:907-15.
4. *Ko S, Ling SM, Schreiber C, Nesbit M, Ferrucci L.* Gait patterns during different walking conditions in older adults with and without knee osteoarthritis – Results from Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Gait & Posture* 2011;33:205-10.
5. *Landry SC, McKean KA, Hubley-Kozey CL, Stanish WD, Deluzio KJ.* Knee biomechanics of moderate OA patients measured during gait at a self-selected and fast walking speed. *Journal of Biomechanics* 2007;40:1754-61.
6. *Smith AJ, Lloyd DG, Wood DJ.* A kinematic and kinetic analysis of walking after total knee arthroplasty with and without patellar resurfacing. *Clinical Biomechanics* 2006;21:379.
7. *Zeni JA, Higginson JS.* Differences in gait parameters between healthy subjects and persons with moderate and severe knee osteoarthritis: A results of altered walking speed? *Clinical Biomechanics* 2006;24:372-8.
8. *Kiss RM.* Effect of severity of knee osteoarthritis on the variability of gait parameters. *Journal of*

- Electromyography and Kinesiology 2011;21:695-703.
9. Lewek MD, Scholz J, Rudolph KS, Snyder-Mackler L. Stride-to stride variability of knee motion in patients with knee osteoarthritis. *Gait & Posture* 2006;23:505-11.
 10. Yakhdani HRF, Bafgi HA, Meijer OG, Bruijn SM, van den Dikkenberg N, Stibbe AB, et al. Stability and variability of knee kinematics during gait in knee osteoarthritis before and after replacement surgery. *Clinical Biomechanics* 2010;25:230-6.
 11. Barrett DS, Cobb AG, Bentley G. Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J. Bone Joint Surg Br* 1991;73B:53-6.
 12. Warren P, Olanlokun T, Cobb AG, Bentley G. Proprioception after knee arthroplasty. *Clin. Orthop* 1993;297:182-7.
 13. Attfield SF, Wilton TJ, Pratt DJ, Sambatakakis A. Soft-tissue balance and recovery of proprioception after total knee replacement. *J. Bone Joint Surg Br* 1996;78B:540-5.
 14. Swanik CB, Lephart S, Rubash H. Proprioception, kinaesthesia and balance after total knee arthroplasty with cruciate-retaining and posterior stabilised prostheses. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86A:328-34.
 15. Ishii Y, Teajima K, Terashima S, Bechtold JE, Laskin RS. Comparison of joint position sense after total knee arthroplasty. *J. Arthroplasty* 1997;541-5.
 16. Isaac SM, Barker KL, Danial IN, Beard DJ, Dodd CA, Murray DW. Does arthroplasty type influence knee joint proprioception? A longitudinal prospective study comparing total and unicompartmental arthroplasty. *The Knee* 2007;14:212-7.
 17. Barrack RL, Skinner HB, Cook SD, Haddad RJ. Effect of articular disease and total knee arthroplasty on knee joint position sense. *J. Neurophysiol* 1983;50:684-7.
 18. Skinner HB, Barrack RL, Cook SD, Haddad RJ. Joint position sense in total knee arthroplasty. *J. Orthop. Res* 1984;1:276-83.
 19. Simmons S, Lephart S, Rubash H, Pifer GW, Barrack RL. Proprioception after unicompartmental knee arthroplasty versus total knee arthroplasty on knee joint position sense. *Clin Orthop* 1996;331:179-84.
 20. Gauchard GC, Vancon G, Mezer P, Mainard D, Perrin PP. On the role of knee joint balance control and postural strategies: Effects of total knee replacement in elderly subjects with knee osteoarthritis. *Gait & Posture* 2010;32:155-60.
 21. Quagliarella L, Sasanelli N, Moaco V, Belgiovine G, Spinarelli A, Noarnicola A, et al. Relevance of orthostatic posturography for clinical evaluation of hip and knee joint arthroplasty patients. *Gait & Posture* 2011;34:49-54.
 22. Hassan BS, Mockett S, Doherty M. Static postural sway, proprioception and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal subjects. *Ann Rheum Dis* 2001;60:612-8.
 23. Hassan BS, Doherty SA, Mockett S, Doherty M. Effect of pain reduction on postural sway, proprioception and quadriceps strength in subject with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2002;61:422-8.
 24. Masui T, Hasegawa Y, Yamaguchi J, Kanoh T, Ishiguro N, Suzuki S. Increasing postural sway in rural-community-dwelling elderly persons with knee osteoarthritis. *J Orthop Sci* 2006;11:353-8.
 25. Turcot K, Hagemaster N, de Guise JA, Aissaoui R. Evaluation of unipodal stance in knee osteoarthritis patients using knee accelerations and center of pressure. *Osteoarthritis and Cartilage* 2011;19:281-6.
 26. Kiss RM. Effect of degree of knee osteoarthritis on balancing capacity after sudden perturbation. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2012;22:575-81.
 27. Kiss RM. A new parameter for characterizing balancing ability on an unstable oscillatory platform. *Medical Engineering and Physics* 2011;33:1160-6.
 28. Creaby MW, Bennel KL, Hunt MA. Gait differs between unilateral and bilateral knee osteoarthritis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2012;93:822-7.
 29. Mills K, Hettings BA, Pohl MB, Ferber R. Between-limb kinematic asymmetry during gait in

- unilateral and bilateral mild to moderate knee osteoarthritis. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2013;94:2241-7.
30. Liu YH, Wang TM, Wei IP, Lu TW, Hong SW, Kuo CC. Effects of bilateral medial knee osteoarthritis on intra- and inter-limb contributions to body support during gait. Journal of Biomechanics 2014;47:445-50.
31. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. Ann Rheum Dis 1957;16:494-502.
32. Hoffman M, Schrader J, Applegate T, Kocuja T. Unilateral postural control of the functionally dominant and non-dominant extremities of healthy subjects. Journal of Athletic Training 1998;33:319-22.
33. Boeer J, Mueller O, Krauss I, Haupt G, Axmann D, Horstman T. Effect of a sensory-motor exercise program for older adults with osteoarthritis or prosthesis of the hip using measurements made by Posturomed oscillatory platform. Journal of Geriatric Physical Therapy 2010;33:10-5.
34. Müller O, Günther M, Krauß I, Horstman T. Physical characterization of the therapeutic device Posturomed as a measuring device. Presentation of a procedure to characterize balancing ability. Biomedizinische Technik 2004;49:56-60. (in German, Abstract in English)

A projektet az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok K083650 számú kutatása támogatta.

Kiss Rita

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. D épület, 4. emelet, 430.

Tel.: (+36) 1 463-1738