

A TÉRDÍZÜLETI PROTÉZIS HATÁSA A JÁRÁS VÁLTOZÉKONYSÁGÁRA A KORAI POSZTOPERATÍV SZAKASZBAN KÜLÖNBÖZŐ FELTÁRÁSOK ESETÉN

Pethes Ákos¹, Kiss Rita M.², Kovács Nauzika³

¹Szent János Kórház, Ortopédia-Traumatológiai Osztály

²Budapesti Műszaki és Gazdagtudományi Egyetem, Hidak és Szerkezetek Tanszék
Biomechanikai Kooperációs Kutatóközpont

³Budapesti Műszaki és Gazdagtudományi Egyetem, Hidak és Szerkezetek Tanszék
pethesakos@gmail.com

Absztrakt

A térdízületi kopás és a teljes térdízületiprotézis-beültetés szignifikánsan megváltoztatja a járás paramétereit és a járás változékonyságát a késői posztoperatív szakaszban, de a korai posztoperatív szakaszban történő változásokról nincs, vagy kevés információnk van. A kutatás célja annak megállapítása, hogyan befolyásolja rögzített és nem-rögzített lapon történő helyben járás esetén az egyes kinematikai paraméterek változékonyságát a térdízületi kopás és a különböző feltárási móddal (hagyományos és minimál invazív) végzett teljes térdízületiprotézis-beültetés. Az alkalmazott vizsgálati módszer lehetővé tette, hogy a helyben járás változékonyságát 10 hagyományos és 10 minimál invazív technikával műtött idős betegnél a műtét előtt és a műtét után 6 és 12 héttel, valamint 10 idős, egészséges személynél vizsgáljuk. A vizsgálatban a lépésfrekvencia változékonyságát a relatív szórással, míg a térdízület térbeli mozgásának, a medenceöv és a vállöv mozgásának változékonyságát az átlagos relatív szórással jellemeztük. A térdízületi kopás és a mindkét technikával végzett térdízületiprotézis-beültetés szignifikánsan megváltoztatja a helyben járás paramétereinek változékonyságát az egészséges kontrollcsoportéhoz képest. A korai posztoperatív időszakban az operált betegek két csoportja között az összes jellemző tekintetében szignifikáns eltérés figyelhető meg. A térdízület térbeli mozgásának csökkenése a térdízület flexibilitásának csökkenését, míg a lépésfrekvencia változékonyságának növekedése a mozgásciklus megismétlési pontosságának romlását mutatja. A posztoperatív szakaszban az értékek folyamatosan közelítik a kontrollcsoportét, de nem érik el azt. Az ízületi flexibilitás és megismétlési pontosság romlása együttesen a mozgás komplexitásának, stabilitásának a csökkenését, külső körülményekre való válaszadási képesség romlását jelenti, amelyet a rehabilitációs protokollok összeállításánál és a járást segítő eszközök (mankó, keretek) elrendelésénél vagy használatuk felfüggesztésénél is célszerű figyelembe venni.

Kulcsszavak: teljes térdízületiprotézis-beültetés, ultrahang alapú mérőrendszer, mozgás változékonysága, helyben járás

The effect of different knee joint exposures of TKR on the variability of gait parameters in early postoperative period

Abstract

The osteoarthritis of the knee joint and total knee arthroplasty (TKA) change the gait parameters and variability significantly in the late postoperative period, but there is no or very little information about the changes in the early postoperative period. This study aims to determine how the

variability of certain kinematical parameters of stepping are influenced by osteoarthritis and by the different types of operation techniques (traditional and minimal invasive exposure) performed TKA. Our method allowed to measure gait variability on 20 elderly patients operated with different technique preoperatively and 6 and 12 weeks postoperatively plus 10 age-matched healthy control patients while stepping. The variability of cadence was specified by standard deviation, the variability of the knee joint motion and that of pelvis and shoulder girdle by the mean standard deviation. The osteoarthritis of the knee joint and total knee arthroplasty (TKA) with both techniques change the variability of stepping parameters significantly compared to the healthy control group. In the early postoperative period there is a significant difference between the two groups of the operated patients in all parameters considered. The decrease of knee joint motion refers to the flexibility decrease of knee joint, the increase of the cadence variability shows the inconsistency of the gait cycle. In the postoperative period the figures of the patients approach those of the healthy control group steadily, but do not reach them. The decrease of the joint flexibility, consistency together mean the decrease of the complexity and stability of motion and functional responsiveness. These factors should be considered when the rehabilitation protocols are compiled or special devices (crutches, canes) are recommended or suspended.

Keywords: total knee arthroplasty, ultrasound-based measuring system, variability of gait, stepping

1. Bevezetés

A térdízületiprotézis-beültetések száma évről évre folyamatosan nő. A beültetések sikerességének egyik alapja a megfelelő rehabilitáció megválasztása, a rehabilitáció pontos utánkövetése, szükség esetén módosítása. Ennek egyik fontos eszköze lehet a mozgáselemzéssel mért járásparaméterek értékelése. A térdízületi kopás és a teljes térdízületi protézis lényegesen megváltoztatja a járás paramétereit^{1,2,3,4}, a járás változékonyságát és stabilitását^{5,6,7,8,9}. A járásvizsgálatok térdízületi protézis beültetése előtt vagy utána 6, 12 hónappal végezhető, mivel a járásváltozékonyság vizsgálatához szükséges hosszú idejű (minimum 10 perc időtartamú) futószalagon végzett járásvizsgálat csak a posztoperatív 6. hónaptól végezhető. A járásképp és a járásváltozékonyság alakulásáról a korai posztoperatív szakaszban nincs, vagy kevés információnk van.

A Kiss¹⁰ által kifejlesztett mérési módszer lehetővé teszi, hogy a korai posztoperatív szakaszban helyben járás közben vizsgáljuk a mozgás

legfontosabb kinematikai paramétereit, mint a lépésfrekvencia, a térdízület, a medenceöv és a vállöv mozgása. A vizsgálat PosturoMed® (Haider-Bioswing, Weiden, Germany) eszközön is elvégezhető, melyet széles körben használnak az ortopédiai, neurológiai osztályok, sportegészségügyi rehabilitációs intézetek és sportegyesületek. A merev lap rugók segítségével egy merev kerethez kapcsolódik, de a vízszintes síkban szabadon elmozdulhat. Egy rögzítőelem segítségével a rendszer stabilá tehető^{10,11,12,13}. Ez a kialakítás lehetővé teszi, hogy a rögzített és nem-rögzített lapon történő helyben járás közben meghatározott kinematikai paramétereket is összehasonlítsunk¹⁰.

A kutatás egyik célja annak megállapítása volt, hogyan befolyásolja a térdízületi kopás és a különböző feltárási móddal (hagyományos és minimál invazív) végzett térdízületiprotézis-beültetés a korai posztoperatív időszakban (6 és 12 héttel a műtét után) a helyben járás egyes paramétereinek változékonyságát a kontrollcsoport értékeihez képest. A lépésfrekvencia változékonysága a relatív szórással (*CV*) jellemez-

hető, amely a szórás és az átlag hányadosa. A térdízület térbeli mozgásának, ill. a medence- és vállöv mozgásának, mint szögjellegű mozgások változékonysága az átlagos relatív szórással (*MeanCV*) jellemezhető, amely lépésciklus minden egész százalékában meghatározott relatív szórások átlaga¹⁴. Mind a térdízületi kopás⁶, mind a térdízületiprotézis-beültetés⁷ lényegesen megváltoztatja a járás változékonyságát, így feltételezhető, hogy a helyben járás változékonyságát is módosítja. A korábbi kutatások igazolták, hogy a feltérési mód szignifikánsan befolyásolja a járás paramétereit¹ és a járás változékonyságát⁷. Így feltételezhető, hogy a helyben járás paramétereire is hatással van. A második cél annak elemzése, hogyan befolyásolja különböző feltérési mód a dinamikus stabilitást. Ehhez a rögzített és a nem-rögzített lapon történő járás közben meghatározott kinematikai paraméterek változékonyságát hasonlítjuk össze.

2. Anyag és módszer

2.1. Vizsgált személyek

Az egészséges kontrollcsoport 5 nőből és 5 férfiből állt. Átlagos életkoruk $70,4 \pm 6,22$, átlagos testtömegük $71,5 \pm 15,6$ kg, átlagos testmagasságuk $168,8 \pm 12,4$ cm. A vizsgált egészséges személyek anamnézisében csípő- vagy térdízületi artrózis, térdízületi instabilitás vagy korábbi alsó végtagi nagyízületet érintő műtét, neurológiai vagy egyensúlyi zavart okozó betegség nem szerepelt, az alsó végtagok izomereje és mozgástartománya normális volt.

A betegcsoportot hivatalos várólistánkról választott 20 beteg alkotta, akik a műtét előtt 15° -nál kisebb varus és 10° -nál kisebb valgus tengely eltéréssel és 15° -nál kisebb flexiós kontraktúrával rendelkeztek. Mindegyik beteg esetében unilaterális térdízületi kopást diagnosztizáltak, és a csípő és a lumbális gerinc relatív

egészséges volt. Mindkét csoport 10-10 betegének a SOTE Ortopédiai Klinikáján teljes térdízületprotézis-beültetés történt. Mindkét csoport esetén a betegeket a műtét utáni 3. napon kezdtük járni, és két héttel a műtét után engedjük őket haza. A kórházból való távozás után nem szabtuk speciális rehabilitációs követelményeket. Mindegyik vizsgált személy standard posztoperatív kezelésben részesült (fájdalomcsillapítás, gyógytornaprokoll).

A vizsgálatba beválasztott 20 beteget véletlenszerűen 1:1 arányban két csoportba osztottuk. Az I. csoport (hagyományos módszer) 6 férfiből és 4 nőből állt, átlagos életkoruk $68,4 \pm 7,2$ év, átlagos testtömegük $87,7 \pm 8,2$ kg, átlagos testmagasságuk $169,8 \pm 8,6$ cm. A II. csoport (minimál invazív technika Stryker–Leibinger típusú navigációs rendszerrel) 2 férfiből és 8 nőből állt, átlagos életkoruk $67,9 \pm 6,7$ év, átlagos testtömegük $74,1 \pm 11,9$ kg, átlagos testmagasságuk $162,2 \pm 12,2$ cm.

A térdízületi artrózis súlyosságát a Kellgren és Lawrence¹⁵ által leírt radiológiai beosztás alapján határoztuk meg, a radiológiai felvételek alapján 15 beteget a 4-es fokozatba, 5 beteget a 3-as fokozatba soroltunk. Minden vizsgált személynek súlyos térdízületi artrózisa volt kiterjedt oszteofitaképződéssel, ízületi-rés-beszűküléssel, súlyos szklerózissal és határozott csontkéreg-deformitással. Kizárási kritériumok között szerepelt az érintett végtag más ízületén végrehajtott korábbi sebészi beavatkozás és a több ízületet is érintő generalizált gyulladáso sokízületi megbetegedés.

2.2. Vizsgálómódszer és számított paraméterek

A betegek mozgását a műtét előtt, valamint a műtét után 6 és 12 héttel vizsgáltuk. A kijelölt anatómiai pontok térbeli koordinátáit helyben járás közben a PosturoMed[®] lapon mértük

a Semmelweis Egyetem Ortopédiai Klinika Biomechanikai Laboratóriumában levő ZEBRIS CMS10 (Zebris, Isny, Germany) típusú ultrahang alapú, egyedi érzékelős mozgásvizsgáló rendszerrel. A PosturoMed® (Haider-Bio-swing, Weiden, Germany) Európában a kereskedelmi forgalomban kapható rehabilitációs eszköz. A merev lap 8 db 15 cm hosszú, azonos merevségű rugóval a merev kerethez rögzítve. A rugók biztosítják a merev lap szabad elmozdulását a horizontális síkban (1. ábra). A rögzítőelem segítségével a lap a merev kerethez elmozdulásmentesen rögzíthető. A PosturoMed® kialakítása lehetővé teszi, hogy a helyben járást rögzített és nem-rögzített lapon is végezhető legyen.

A mérés megkezdése előtt a vizsgálatba bevont anatómiai pontokra egyedi, ultrahang alapú adókat helyeztünk. A mérést vezérlő program (Zebris WinPosture) az egyedi érzékelők és az anatómiai pontok térbeli koordinátáit az idő függvényében rögzítette. A mérés frekvenciája

100 Hz volt. A mérési módszer alapjai korábbi közleményünkben¹⁰ olvashatók.

A vizsgálat kialakításánál az volt a cél, hogy a vizsgálatot a lehető legegyszerűbb, legolcsóbb eszközökkel végezhessük, és a vizsgálat előkészítése gyors legyen. Ennek figyelembevételével a térdízület és a felsőtest mozgásának rögzítése külön-külön történt. További elvárás volt a vizsgálati módszerrel szemben, hogy a mérés standardizálható és megismételhető legyen. Ezért a vizsgálatba bevont anatómiai pontokat (amelyekre az ultrahang alapú adókat rögzítjük) úgy kellett megválasztani, hogy egyszerűen meghatározhatóak, a bőr alatt jól tapinthatóak legyenek. Az adókat a térdízület térbeli mozgásának vizsgálatához a tuberositas tibiaehez, a vállöv vizsgálatához az acromion scapulaeához, a medenceöv vizsgálatához a spina iliaca anterior superiorokhoz kétoldali ragasztóval rögzítettük (2. ábra). Ezek az anatómiai pontok megfelelőek, mert járásvagy másfajta mozgás közben a bőr elmozdu-



1. ábra. PosturoMed® a különböző irányokban azonos merevségű rugókkal a merev kerethez kapcsolt merev lap, a rögzítőelemmel a lap elmozdulásmentesen rögzíthető a kerethez



2. ábra. A vizsgált anatómiai pontok

(a) a térdízület mozgásának vizsgálatához a tuberositas tibiae
(b) a felső test mozgásának vizsgálatához a spina iliaca anterior superiorok és acromion scapulae

lása relatív csekély a csontos anatómiai pontok felett.

A vizsgálat során először a térdízület mozgását vizsgáló tesztet (alsó végtag – térdízület – tesztje) végeztettük el. A rögzített és a nem-rögzített lapon 20-20 lépésciklus alatt mértük a tuberositas tibiae mozgását. A térdízület függőleges mozgásából a lépésfrekvencia számítható. Minden egyes személy esetén számítottuk a lépésfrekvencia-értéket az összes mozgásciklus esetén, majd ezekből meghatároztuk az átlagot, a szórást és a relatív szórást, ami a szórás és az átlag hányadosa.

A térdízület mozgását vizsgáló teszt során meghatározott tuberositas tibiae három (x , y , z) irányú koordinátájából a térdízület mozgása (r) az 1. képlettel számolható¹⁰:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

A vizsgálat második részében a felső test mozgásának vizsgálatát (felső test – medenceöv és vállöv – tesztje) szintén 20-20 mozgásciklus alatt végeztettük mind rögzített, mind nem-rögzített lapon. A felső test vizsgálata során a spina iliaca anterior superiorok térbeli koordinátáiból a medenceöv billenése és rotációja, míg az acromion scapulaek térbeli koordinátáiból a vállöv billenése és rotációja számítható¹⁰.

A térdízület térbeli mozgása (r) és szögjellegű paraméterek (a medenceöv és a vállöv rotációja és billenése) az idő függvényében folyamatosan változnak. A ciklusra bontás után minden ciklus maximum- és minimumértéke meghatározható, az összes lépésciklus esetén meghatározott változóból az adott személyre jellemző átlag, szórás és relatív szórás szintén számítható. Az így számított relatív szórás nem az adott ízületi mozgás, hanem az adott jellemző maximum- és minimumértékének változékonyságát jellemzi. Ennek kiküszöböl-

lására a térdízület térbeli mozgása, a medenceöv billenése, rotációja, vállöv billenése és rotációja esetén az összes vizsgált személy összes lépésciklusát 0–100% ciklusra normalizáltuk. Minden egyes személy esetén a lépésciklus minden egész százaléklában számítottuk a szögjellegű változókat. Ezután meghatároztuk az egyes személy összes lépésciklusa esetén az i -edik egész lépésciklus-százaléknál meghatározott jellemzőből az átlagot [$Mean(i)$], a szórást [$SD(i)$]. Az ízület teljes mozgásának változékonyságát jellemző átlagos relatív szórás ($MeanCV$) kiszámítását a 2. egyenlet mutatja¹⁴:

$$MeanCV(\%) = \frac{\sum_{i=1}^{100} \frac{SD(i)}{Mean(i)}}{100} \quad (2)$$

$i \in \{a \text{ lépésciklus } 0\text{--}100\%\text{-a}\}$

Így az átlagos relatív szórás ($MeanCV$) az összes egész számú százaléklában meghatározott relatív szórás átlaga.

Statisztikai analízis

Minden vizsgált személy esetén rendelkezésünkre állt a lépésfrekvencia relatív szórása, a térdízület térbeli mozgásának, a medenceöv billenésének, rotációjának, valamint a vállöv billenésének és rotációjának átlagos relatív szórása. A fenti módon meghatározott és a személyek helyben járásának változékonyságát jellemző paraméterek értékéből a csoportok (egészséges, idős személyek; hagyományos műtéti technikával operált és minimál invazív technikával operált betegek) átlagát és szórását számítottuk.

A kapott adatokat a kétváltozós ANOVA módszerrel elemeztük, ahol a szükséges post-hoc vizsgálat a Turkey-módszer volt. Az egészséges csoportban a változó az alsó végtag oldal-lisága (domináns és nem domináns), míg a beteg csoportban a vizsgálat ideje (műtét előtti,

6, ill. 12 héttel a műtétet követően) és az oldal-lóság (érintett és nem érintett). Az adatok fel-dolgozását az SPSS 14 software (SPSS, Chi-cago, IL USA) segítségével végeztük. A szig-nifikanciaszintet (p) minden esetben 0,05-re állítottuk be.

3. Eredmények

A vizsgálatban részt vevő minden egészséges személy és beteg műtét előtt és után képes volt helyben járni a rögzített és nem-rögzített lapon, emiatt kizárás nem történt. Az eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Elemizzük először a rögzített lapon történő helyben járás közben meghatározott jellemzők változékonyságát. A térdízületi kopás szignifi-kánsan befolyásolta a helyben járást jellemző paraméterek változékonyságát. A lépésfrek-vencia relatív szórása (CV) szignifikánsan nőtt ($p < 0,001$), az érintett térdízület térbeli moz-gásának átlagos relatív szórása ($MeanCV$) szig-nifikánsan csökkent ($p < 0,0008$), míg az egész-séges térdízület térbeli mozgásának, a meden-ceöv és a vállöv mozgásának átlagos relatív szórása szignifikánsan nőtt ($p < 0,001$) (1. táb-lázat) az egészséges kontrollcsoport értékeihez képest. A korai posztoperatív időszakban a helyben járást jellemző paraméterek változé-konysága folyamatosan javult, azaz a lépés-frekvencia relatív szórása (CV), a nem érintett térdízület térbeli mozgásának, ill. a vállöv és medenceöv mozgásának átlagos relatív szórása ($MeanCV$) szignifikánsan csökkent, az érintett oldali térdízület térbeli mozgásának átlagos relatív szórása pedig szignifikánsan nőtt a műtét előtti értékekhez képest ($p < 0,03$) már 6 héttel a műtét után. Ennek ellenére a poszt-operatív 12. héten is szignifikáns eltérést mut-atott a kontrollcsoport értékeihez képest ($p < 0,04$), kivétel a vállízület billenésének átlag-os relatív szórása ($p = 0,09$). Az érintett és a nem érintett térdízület térbeli mozgása átlagos

relatív szórásának összehasonlításakor szig-nifikáns eltérést kaptunk mind a műtét előtti, mind a műtét utáni időszakban ($p < 0,01$).

A feltárási mód szignifikánsan befolyásolta a helyben járást jellemző összes paraméter vál-tozékonyságát a posztoperatív 6. és 12. héten, kivétel a medenceerotáció átlagos relatív szó-rása, ami nem mutatott szignifikáns különbsé-get a műtétet követő 12. héten ($p = 0,09$) a két betegcsoport között.

A dinamikus egyensúlyozás megváltozásának vizsgálatához nem-rögzített lapon végzett hely-ben járás közben is vizsgáltuk a paraméterek változékonyságát. Nem-rögzített lapon végzett helyben járás változékonyságát szignifikánsan befolyásolta a térdízületi kopás ($p < 0,02$) és a térdízületiprotézis-beültetés a kontrollcso-port értékeihez képest ($p < 0,04$). A vállöv bil-lenésének átlagos relatív szórása nem mutatott szignifikáns eltérést a műtét utáni 12. héten ($p = 0,08$) a kontrollcsoport-hoz képest. A vál-tozékonyságot jellemző paraméterek már a műtét utáni 6. héten szignifikánsan változtak a műtét előtt mért értékekhez képest ($p < 0,03$). Mind a műtét előtt, mind utána a jellemzők változékonyságának változási tendenciája meg-egyezett a rögzített lapon végzett helyben járás közben meghatározott tendenciával. A fel-tárási mód a teljes korai posztoperatív sza-kaszban szignifikánsan befolyásolta a nem-rögzített lapon történő helyben járást jellemző összes paraméter változékonyságát. De a poszt-operatív 6. és 12. héten a medenceöv-billenés ($p > 0,06$), a medenceöv-rotáció ($p > 0,06$), a vállöv-rotáció ($p > 0,06$) átlagos relatív szórása, a műtét utáni 12. héten, valamint a medenceöv-billenés átlagos relatív szórása ($p = 0,11$) nem mutatott szignifikáns különbséget a két beteg-csoport között.

A nem-rögzített lapon végzett helyben járás közben mért értékek szignifikánsan nagyob-bak voltak, mint a rögzített lapon végzett hely-

ben járás közben meghatározott értékek, mind az egészséges személyek esetén, mind a betegek esetén, pre- és posztoperatív időszakban ($p < 0,03$). Kivétel mindkét betegcsoport esetén műtét előtt és műtét után is az érintett térdízület mozgásának átlagos relatív szórása ($p > 0,19$).

4. Megbeszélés

A kutatás célja annak megállapítása volt, hogyan befolyásolja a térdízületi kopás és a különböző feltárással operált teljes térdízületi-protézis-beültetés 1. a helyben járást jellemző paraméterek változékonyságát a kontrollcsoport értékeihez képest a korai posztoperatív időszakban, 2. a dinamikus stabilitást, mely a nem rögzített és rögzített lapon történő helyben járás változékonyságának összehasonlításával jellemezhető. A lépésfrekvencia változékonysága (időjellegű paraméter) a relatív szórással (*CV*) modellezhető – az alsó végtagok mozgásának lépésről lépésre történő megismétlési pontosságát jellemzi^{16,17}. A térdízület térbeli mozgásának (*r*), a medenceöv és a vállöv billenésének és rotációjának változékonysága (szögjellegű paraméter) az átlagos relatív szórással (*MeanCV*) jellemezhető, és az ízületek mozgásának flexibilitását mutatja^{9,17,18}. A szögjellegű paraméterek változékonyságának csökkenése az időjellegű paraméterek változékonyságának növekedését okozhatják, és együttesen a mozgás komplexitásának^{18,19} és stabilitásának romlását mutatják^{17,20}.

4.1. A térdízületi kopás és térdízületi-protézis-beültetés hatása a helyben járás paramétereinek változékonyságára

A térdízületi kopás és mindkét technikával végzett térdízületi-protézis-beültetés szignifikánsan megváltoztatta a helyben járás paramétereinek változékonyságát az egészséges kontroll-

csoporthoz képest (1. táblázat). A helyben járás lépésfrekvenciájának változékonysága a műtét előtt és a korai posztoperatív időszak végén is (12 héttel a műtét után) szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontrollcsoport értéke (1. táblázat). Ez alapján feltételezhetjük, hogy az alsó végtag mozgásának megismétlési pontossága és a mozgás kontrolláltsága romlott az egészséges személyek értékeihez képest^{16,21}. A korábbi kutatás⁷ hasonló megállapítást tett a futószalagon történő járás lépésfrekvenciájának elemzésekor, mivel a műtét után hat hónappal a járásfrekvencia relatív szórása szignifikánsan nagyobb, mint az egészséges kontrollcsoport értékei.

Mind a műtét előtt, mind a műtét utáni korai posztoperatív szakaszban az érintett térdízület mozgásának változékonysága szignifikánsan csökkent az egészséges értékekhez képest (1. táblázat). A posztoperatív szakaszban a térdízület mozgásának változékonysága szignifikánsan növekedett a műtét előtti értékhez képest, de a műtét utáni 12. héten sem tért vissza az egészséges értékhez (1. táblázat). Az érintett ízületi mozgás változékonyságának csökkenésével az ízület merevségére, azaz az ízület flexibilitásának csökkenésére következtethetünk^{14,18}. A térdízületi-protézis-beültetés előtt az ízület flexibilitásának csökkenése a kopás és a fájdalom következménye²². A térdízületi protézis beültetése után a flexibilitás csökkenését csak kismértékben a fájdalom, nagyobb mértékben az izmok gyengesége, valamint a propiocepció romlása²² okozhatta.

Az eredményeink alapján megállapítható, hogy a helyben járás változékonyságának növekedése és az érintett térdízületi mozgás változékonyságának csökkenése együttesen a mozgás koordináltságának és megismétlési pontosságának csökkenését jelenti^{16,17,18,21}. A korai posztoperatív időszakban a mozgás koordináltsága és megismétlési pontossága folyamatosan javult a műtét előtti értékekhez képest,

Paraméterek	Rögzített lap						Nem rögzített lap							
	Kontroll	I. csoport			Kontroll	I. csoport			Kontroll	II. csoport				
		preop	6. hét postop	12. hét postop		preop	6. hét postop	12. hét postop		preop	6. hét postop	12. hét postop		
Lépésfrekvencia	8,7 ±0,9	23,8 ±1,7 *	16,4 ±1,2 *,†	12,4 ±1,1 *,†	24,3 ±1,6 *	15,1 ±1,3 *,†,◇	10,7 ±1,1 *,†,◇	11,3 ±0,9 ‡	29,3 ±1,9 *,‡	18,7 ±1,5 *,†,‡	15,8 ±1,3 *,†,‡	30,1 ±2,0 *,‡	17,1 1,6 *,†,‡,◇	13,2 ±1,3 *,†,‡,◇
	nd	2,8 ±0,2 *	3,5 ±0,3 *,†	4,6 ±0,4 *,†	2,9 ±0,2 *	4,1 ±0,3 *,†,◇	5,7 ±0,5 *,†,◇	8,2 ±0,8 ‡	2,9 ±0,3 *	3,7 ±0,3 *,†	5,1 ±0,4 *,†	3,0 ±0,3 *	4,3 ±0,4 *,†,◇	6,2 ±0,5 *,†,◇
Térdizület térbeli mozgása	6,8 ±0,6	32,7 ±3,0 *,#	27,7 ±2,8 *,†,#	22,4 ±2,2 *,†,#	31,4 ±2,9 *	23,8 ±2,5 *,†,#,◇	17,1 ±2,0 *,†,#,◇	8,1 ±0,7 ‡	39,3 ±3,6 *,#	33,9 ±2,9 *,†,#,‡	26,4 ±2,4 *,†,#,‡	38,1 ±3,4 *,#	29,9 ±2,5 *,†,#,‡,◇	25,1 ±2,1 *,†,#,‡
	billenés	21,8 ±1,8	41,4 ±3,9 *	35,6 ±3,3 *,†	30,8 ±2,7 *,†	42,4 ±4,1 *	30,8 ±2,8 *,†,◇	27,6 ±2,6 *,†,◇	27,9 ±2,1 ‡	46,5 ±4,1 *,‡	40,1 ±3,9 *,†,‡	35,5 ±3,3 *,†,‡	47,8 ±4,2 *,‡	37,2 ±3,6 *,†,‡
Medenceöv	rotáció	23,7 ±2,0	45,7 ±4,3 *	39,3 ±4,0 *,†	31,6 ±3,6 *,†	46,6 ±4,6 *	25,9 ±3,1 *,†	29,1 ±2,5 ‡	49,3 ±4,1 *	43,8 ±4,3 *,†	33,2 ±4,1 *,†	49,8 ±4,4 *	39,9 ±4,1 *,†	32,4 ±3,3 *,†
	billenés	13,2 ±1,5	29,4 ±2,5 *	23,5 ±2,0 *,†	19,9 ±1,8 *,†	27,9 ±2,4 *	20,3 ±1,7 *,†,◇	17,0 ±1,8 ‡	33,4 ±2,2 *,‡	33,4 ±2,2 *,‡	27,3 ±2,7 *,†,‡	24,6 ±2,6 *,†,‡	31,9 ±2,1 *,‡	25,8 ±2,0 *,†
Vállöv	rotáció	17,1 ±1,9	35,7 ±3,1 *	30,4 ±3,3 *,†	25,7 ±3,1 *,†	34,8 ±3,2 *	26,7 ±2,9 *,†,◇	26,4 ±2,3 ‡	39,1 ±3,5 *,‡	34,9 ±3,4 *,†	31,4 ±3,2 *,†,‡	37,8 ±3,6 *,†,‡	34,8 ±3,5 *,†,‡	29,7 ±3,1 *,†,‡

1. táblázat. A lépésfrekvencia relatív szórásának csoportatlaga és szórása, a térdizület térbeli mozgásának, a medence és vállizület billenésének és rotációjának átlagos relatív szórásának csoportatlaga és szórása

Megjegyzések: preop: a műtét előtt mért adatok; postop: a műtét után mért adatok; nd: nem domináns végtag az egészséges személyeknél és az operált betegekénél az érintett végtag; d: domináns végtag az egészséges személyeknél és az operált betegekénél a nem érintett végtag; * szignifikáns különbség az egészséges kontrollszemélyekhez képest; † szignifikáns különbség a beteg műtét előtti értékeihez képest; # szignifikáns különbség az egészséges (kontralaterális) oldal és az érintett oldal között; ‡ szignifikáns különbség helyben járás közben a rögzített és a nem rögzített lap értékei között; ◇ szignifikáns különbség a betegcsoportok között (hagyományos és minimál invazív módszer)

de a műtét utáni 12. héten sem éri el az egészséges csoport értékeit. A jelen kutatásban a növekedett lépésfrekvencia-változékonyság és az érintett ízület mozgásának csökkent változékonysága együttesen azt mutatja, hogy a térdízületi kopás és mindkét technikával elvégzett TKA után az egész mozgásrendszer flexibilitása, a mozgás komplexitása és stabilitása, a külső körülményekre való válaszadási képesség csökkent^{16,17,18,21}. Ezek felhívják a figyelmet arra, hogy az elesés kockázata is nő^{20,23}. Ezt a megállapítást célszerű figyelembe venni egyrészt a rehabilitáció kialakításában, másrészt a járókeret, a kétoldali mankó használatának előírásakor vagy használatának felfüggesztésekor.

Jelen kutatásban a nem érintett ízület mozgásának és a medenceöv és a vállöv mozgásának változékonysága szignifikánsan nőtt az egészséges csoport értékeihez képest, mind a műtét előtt, mind a műtét utáni korai posztoperatív szakaszban (1. táblázat). Az értékek folyamatosan csökkentek a műtét előtti értékekhez képest. A minimál invazív technikával végzett műtét után 12 héttel a vállöv billenésének, rotációjának és a medenceöv rotációjának változékonysága a kontrollcsoport értékeivel megegyezett (1. táblázat). Az ízületi mozgások megnövekedett változékonysága az ízület megnövekedett flexibilitására és a stabil mozgás létrehozásában megnövekedett szerepére utal^{16,17}. Jelen kutatásban ez azt jelenti, hogy a nem érintett oldali térdízület, medenceöv, valamint a vállöv is a kompenzációs mechanizmus része, segít a járás stabilitásának biztosításában. Ez a korábbi megállapításokat is alátámasztja, azaz a nem érintett térdízület és a medenceöv fontos szerepet játszik a kompenzációban mind a műtét előtt, mind a műtét után^{1,6,7}. Az eredményeink arra is felhívják a figyelmet, hogy a korai posztoperatív időszakban ezeken az ízületeken kívül a vállövnek is fontos szerepe van a kompenzációban, a biztonságos járás létrehozásában.

4.2. A feltárási mód hatása a helyben járás változékonyságára

A két betegcsoport értékei között a műtét előtt nem találtunk szignifikáns különbséget, mivel a betegek véletlenszerűen lettek a műtét csoportba beválasztva (1. táblázat). A korai posztoperatív időszakban a két csoport között az összes jellemző tekintetében szignifikáns eltérés volt (1. táblázat). A minimál invazív technikával végzett műtéten átesett betegek esetén az értékek gyorsabban közelítették az egészséges kontrollcsoport értékeit, mint a hagyományos technikával operált betegek értékei. De a minimál invazív technikával operált betegek esetén is a posztoperatív 12. héten a lépésfrekvencia és az érintett térdízület mozgásának változékonysága szignifikánsan eltért az egészséges csoport értékeitől (1. táblázat). Az eredmények alapján az látható, hogy a minimál invazív technika használata esetén is a mozgás pontossága, az ízület flexibilitása, a mozgás stabilitása rosszabb, mint az egészséges csoporté, de a posztoperatív 12. héten a kompenzációs mechanizmus lényegesen eltér a hagyományos műtét technikával végzett betegekétől. A kompenzációban a medenceöv rotációja, a vállöv billenése és rotációja már nem vett részt, értékei az egészséges csoport értékeitől szignifikánsan nem tértek el (1. táblázat). Ennek oka feltételezhetően az, hogy az érintett térdízület lényegesen megnövekedett flexibilitása, a nem érintett térdízület és medenceöv billenésének megnövekedett szerepe elegendő volt a stabil járás kialakításához.

4.3. A feltárási mód hatása a dinamikus stabilitásra a korai posztoperatív szakaszban

Mindkét műtét technikája esetén a nem-rögzített lapon történő járáskor a lépésfrekvencia változékonysága növekedett (1. táblázat), azaz a mozgás megismétlési pontossága csökkent

a rögzített lapon történő járáskor meghatározott értékhez képest. Az érintett térdízület mozgásának változékonysága a mozgó lapon történő járás esetén szignifikánsan nem változott a rögzített lapon történő járáshoz képest (1. táblázat). Ez azt mutatja, hogy az érintett ízület merevsége oly mértékű, hogy az egyensúlyozásban, a mozgás stabilitásának kialakításában már nem tud részt venni.

Mindkét betegcsoport esetén a nem-rögzített lapon történő járáskor az egészséges térdízület mozgásának, valamint a medenceöv és a vállöv billenésének változékonysága növekedett a rögzített lapon történő járáskor meghatározott értékhez képest (1. táblázat). Ez azt mutatja, hogy ezen ízületek szerepe a kompenzációban, a járás stabilitásában, az egyensúly megőrzésében a rögzített lapon történő járáshoz képest is megnövekedett. Az eredmények azt is mutatják, hogy a medenceöv és a vállöv rotációjának változékonysága nem-rögzített lapon történő járáskor nem mutatott szignifikáns eltérést a rögzített lapon történő járáskor mért értékektől

(1. táblázat). Az, hogy az érintett térdízület mozgásának, a vállöv és a medenceöv rotációjának változékonysága nem növekedett a nem-rögzített lapon történő járáskor, megerősíti azt a megállapításunkat, hogy a térdízületi kopás esetén, valamint a térdízületiprotézis-beültetés utáni korai posztoperatív szakaszban a külső körülmények változására a mozgásrendszer nem tud megfelelőképpen reagálni. Másrészt azt is mutatja, hogy a kompenzációban, a rendszer stabilitásának fenntartásában a nem érintett térdízületnek, valamint a vállöv és a medenceöv billenésének van fontos szerepe. Ez megegyezik futószalagon történő járásvizsgálattal meghatározott a járásképp¹ és a járásváltozékonyság elemzésének^{6,7} eredményeivel.

A kutatás korlátai, hogy a vizsgálatot csak a korai posztoperatív szakaszban végeztük el, valamint csak néhány kinematikai paraméter relatív szórását határoztuk meg 20 mozgásciklus eredményeiből. A további kutatás feladata, hogy helyben járás közben az összes kinematikai paraméter változékonyságát elemezzük.

IRODALOM

1. *Bejek Z, Paróczai R, Szendroi M, Kiss RM.* Gait analysis following TKA: comparison of conventional technique, computer-assisted navigation and minimally invasive technique combined with computer-assisted navigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011 Feb;19(2):285–91.
2. *Fuchs S, Floren M, Skwara A, Tibesku CO.* Quantitative gait analysis in unconstrained total knee arthroplasty patients. *Int J Rehabil Res* 2002 Jan; 25(1):65–70.
3. *Smith AJ, Lloyd DG, Wood DJ.* Pre-surgery knee joint loading patterns during walking predict the presence and severity of anterior knee pain after total knee arthroplasty. *J Orthopaed Res* 2004 Mar;22(2):260–6.
4. *Smith AJ, Lloyd DG, Wood DJ.* A kinematic and kinetic analysis of walking after total knee arthroplasty with and without patellar resurfacing. *Clin Biomech* 2006 May;21(4):379–86.
5. *Hausdorff JM.* Gait dynamics, fractals and falls: finding meaning in the stride-to-stride fluctuations of human walking. *Hum Mov Sci* 2007 Aug;26(4):555–89.
6. *Kiss RM.* Effect of severity of knee osteoarthritis on the variability of gait parameters. *J Electromyogr Kinesiol* 2011 Oct;21(5):695–703.
7. *Kiss R, Bejek Z, Szendroi M.* Variability of gait parameters in patients with total knee arthroplasty. *J Electromyogr Kines* 2011.
8. *Yakhdani HRF, Bafghi 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. *Clin Biomech* 2010 Mar;25(3):230–6.
9. McClelland JA, Webster KE, Feller JA. Variability of walking and other daily activities in patients with total knee replacement. *Gait & Posture* 2009 Oct;30(3):288–95.
 10. Kiss R. Parameters of kinaesthesia during gaits derived from an ultrasound-based measuring system. In: Brebbia E, editor. *Modelling in Medicine and Biology VIII*. Southapton, Boston: WITPress; 2009. p. 171–80.
 11. Boer J, Mueller O, Krauss I, Haupt G, Axmann D, Horstmann T. Effects of a sensory-motor exercise program for older adults with osteoarthritis or prosthesis of the hip using measurements made by the Posturomed oscillatory platform. *J Geriatr Phys Ther* 2010 Jan-Mar;33(1):10–5.
 12. Kiss RM. A new parameter for characterizing balancing ability on an unstable oscillatory platform. *Med Eng Phys* 2011 Nov;33(9):1160–6.
 13. Muller O, Gunther M, Krauss I, Horstmann T. Physical characterization of the therapeutic device posturomed as a measuring device presentation of a procedure to characterize balancing ability. *Biomed Tech* 2004 Mar;49(3):56–60.
 14. Kiss R. A járás sebességének és a csípőízületi arthrosis fokának hatása a járás változékonyságára. *Biomech Hung* 2010;2:37–46.
 15. Kellgren J, Lawrence J. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1957;16:494–502.
 16. Dubost V, Kressig RW, Gonthier R, Herrmann FR, Aminian K, Najafi B et al. Relationships between dual-task related changes in stride velocity and stride time variability in healthy older adults. *Hum Mov Sci* 2006 Jun;25(3):372–82.
 17. Hausdorff JM. Gait variability: methods, modeling and meaning. *J Neuroeng Rehabil* 2005;2:19.
 18. Stergiou N, Moraiti C, Giakas G, Ristanis S, Georgoulis AD. The effect of the walking speed on the stability of the anterior cruciate ligament deficient knee. *Clin Biomech* 2004 Nov;19(9):957–63.
 19. Georgoulis A, Moraiti C, Ristanis S, Stergiou N. A novel approach to measure variability in the anterior cruciate ligament deficient knee during walking: the use of Approximate Entropy on Orthopaedics. *J Clin Monitor Comp* 2007;20:11–8.
 20. England SA, Granata KP. The influence of gait speed on local dynamic stability of walking. *Gait Posture* 2007 Feb;25(2):172–8.
 21. Newel K, Corcos D. Issues in variability and motor control. In: Newel K, Corcos D, editors. *Variability and motor control*. Champaign: Human Kinetics Publishers; 1993.
 22. Hubley-Kozey CL, Deluzio KJ, Landry SC, McNutt JS, Stanish WD. Neuromuscular alterations during walking in persons with moderate knee osteoarthritis. *J Electromyogr Kinesiol* 2006 Aug;16(4):365–78.
 23. Hausdorff JM, Rios DA, Edelberg HK. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Arch Phys Med Rehabil* 2001 Aug;82(8):1050–6.

A szerzők köszönetüket fejezik ki Prof. Dr. Szendrői Miklós és Dr. Bejek Zoltán Ph.D. kollégáknak a műtétekben és a mérésekben való közreműködésben.

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műgyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 és az OTKA K083650 programja támogatta.

Dr. Pethes Ákos

Szent János Kórház, Ortopédia-Traumatológiai Osztály

H–1121 Budapest, Diósárok 3.

Tel.: (+36) 1 458-4603