

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek 3D rekonstrukció alapú vizsgálata gyermek-, serdülő- és fiatal felnőttkorban

Dr. Schlégl Ádám Tibor

Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola (D94)
Mozgásszervi klinikai tudományok (B-1/2010)

Program- és témavezető: Dr. Than Péter

Iskolavezető: Dr. Kovács L. Gábor



Pécsi Tudományegyetem
Általános Orvostudományi Kar

Pécs

2016

Tartalomjegyzék

Rövidítésjegyzék.....	2
I. Bevezetés	3
II. A vizsgált populáció és módszer.....	5
III. Eredmények.....	9
IV. Következtetések.....	13
V. Összefoglalás.....	14
A dolgozat alapjául szolgáló publikációk.....	16
Köszönetnyilvánítás.....	19

Rövidítésjegyzék

CD szög – collodiaphysealis szög,

CT – computed tomography (komputertomográfia),

FM-FS – femoral mechanical axis-femoral shaft angle (csípő-térd eltolódás),

FMSz – femur mechanikai szöge,

LDX – low-dose X-ray (alacsony sugárterhelésű röntgeneljárás),

MRI – magnetic resonance imaging (mágneses rezonancia képalkotás),

mTFA – mechanikai tibiofemoralis szög,

sTFA – szagittális tibiofemoralis szög,

TMSz – tibia mechanikai szöge,

UH – ultrahang.

I. Bevezetés

A születést követően a testmagasság közel 3,5-szeresére, a testtömeg 20-szorosára nő, és a testrészek egymáshoz viszonyított aránya is megváltozik. Ezekhez a változásokhoz szervezetünk részben a csontok longitudinális és volumetrikus paramétereinek növelésével, részben a csont alakjának változtatásával alkalmazkodik.

I.1. Az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek jelentősége

A növekedés során végbemenő alkalmazkodási folyamat bármilyen kisiklása ortopédiai eltérésekhez vezethet. Már a legkisebb mechanikai tengelyt érintő eltérés is prearthrotikus állapotnak tekinthető, hiszen megbontja az ízületi felszínek egyenletes terhelését. Az alsó végtag tengelyállásnak gyermekkori eltérése a gonarthrosis felnőttkori kialakulásának esélyét ötszörösére emeli, progresszióját többszörösére gyorsítja. A collodiaphysealis szög (a femurnyak és a femur proximális diaphysis tengelye közti szög) eltérése, a femoralis torzió (a femurnyak tengelye és a hátsó bicondylaris tengely frontális síkban bezárt szöge) kilengése és a végtaghossz különbség a coxarthrosis független rizikótényezőinek tekinthető.

Az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek eltérései legtöbbször ismeretlen eredetűek, azonban sok betegség esetén, mint foszfát diabetes, renalis osteodistrophia, Marfan-szindróma, Ehlers-Danlos-szindróma stb. az első kórjelzők lehetnek.

A kialakuló deformitások, de még a normális változások is, sokszor ijesztő képet adnak a szülő számára, így az ortopédiai ambulancián gyakran találkozhatunk ezzel kapcsolatos panasszal.

I.2. Az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek mérési lehetőségei

Az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek megítélésére mind fizikális vizsgálati, mind képalkotó eljárások használatban vannak. A mindennapi klinikumban a fizikális vizsgálati módszerek a legelterjedtebbek, de pontossági korlátjukat nem szabad figyelmen kívül hagyni.

A képalkotó módszerek közül a konvencionális röntgenfelvételek a legelterjedtebbek. Bár kétség kívül a mai napig ez a legfontosabb mozgásszervi képalkotó eljárás, vetületi, szummációs jellege, valamint a pozíció érzékenysége erősen korlátozza pontosságát és nem teszi alkalmassá 3D jellegű paraméterek mérésére.

CT és MRI vizsgálat egyaránt alkalmas mérési eljárás, azonban közös hátrányuk, hogy a vizsgálat fekvő (terhelés nélküli) helyzetben készül és hosszabb mozdulatlanságot igényel. A CT vizsgálat magas sugárterhelése is korlátozza felhasználhatóságát.

UH vizsgálattal kiküszöbölhető a sugárterhelés, azonban pontatlansága, operátor és lágyszövet-vastagság érzékenysége miatt elsősorban csípőízület megítélésre alkalmazzák csecsemő és gyermekkorban.

I.3. Célkitűzés

A szabad alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek kiemelkedő alapvetési és klinikai jelentősége, valamint a nagy populáción végzett, 3D radiológiai mérésen alapuló vizsgálatok szűkös irodalmi elérhetősége miatt célul tűztük ki

1. a rendelkezésünkre álló EOS 2D/3D módszer alkalmazhatóságának vizsgálatát a 2-24 éves korcsoportban az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek mérésére;
2. az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek megállapítását nagy populáción a gyermek, serdülő és fiatal felnőttkorban;
3. nemi különbségek vizsgálatát;
4. populáció specifikus referenciaértékek megadását.

II. A vizsgált populáció és módszer

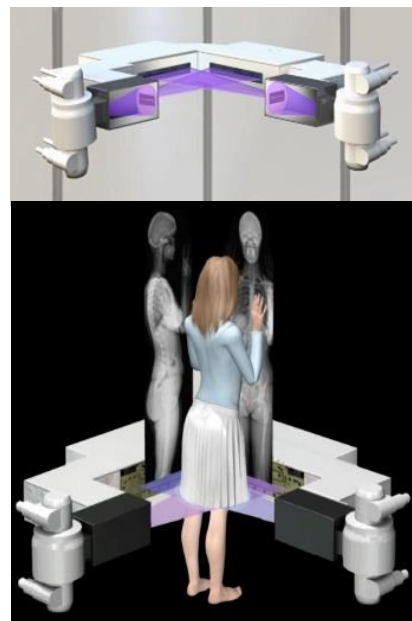
II.1. AZ EOS 2D/3D technológia

Georges Charpack 1992-ben fizikai Nobel-díjat kapott a sokszázas proporcionális huzalkamra és gázdetektor felfedezéséért. Felfedezése lehetővé tette, hogy a XXI. század elején elkészüljön egy új, modern diagnosztikus eszköz, az EOS 2D/3D rendszer (1. ábra).

Az EOS készülék kettő, egymásra merőlegesen elhelyezett röntgenső és a velük szemben elhelyezkedő gázdetektor páros vertikális mozgatása során készít szimultán anteroposterior és laterális felvételeket a teljes testről (2. ábra).



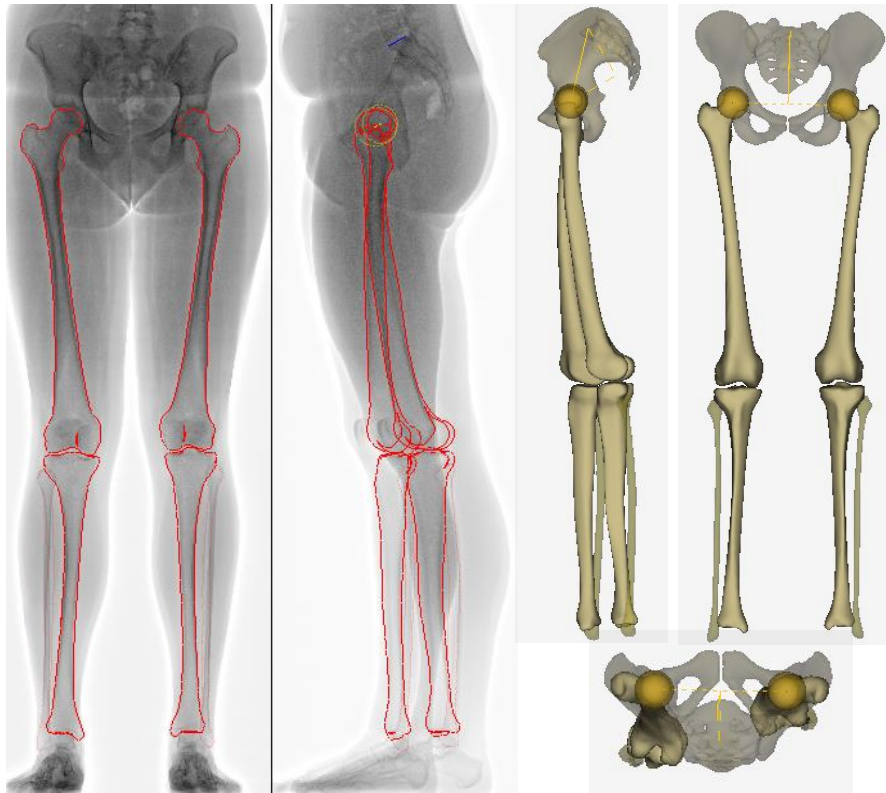
1. ábra Az EOS készülék



2. ábra Az EOS készülék működése

Az EOS technológia kiemelkedő előnye, hogy az ultra-alacsony dózisu röntgen eljárások (LDX) közé tartozik, hiszen egy átlagos kétirányu teljes test felvétel csupán 0,30 mGy sugárterhelést jelent egy felnőtt számára. Emellett a rendszer felépítése lehetővé teszi a mechanikai paraméter mérését, hiszen álló (terhelt) helyzetben készíti a felvételeket.

A rendszer előnye, hogy a felvételek a SterEOS 3D szoftvercsomag segítségével utólagos, manuális 3D rekonstrukcióra alkalmasak. A rekonstrukció során egy univerzális modell kitüntetett pontjait kell az AP és oldalirányu felvételhez igazítani (Full 3D mód, 3. ábra). Abban az esetben, ha teljes 3D rekonstrukcióra nem alkalmas a felvétel, lehetőség van néhány referenciapont megadásával egy egyszerűsített modellt létrehozni. Ez az úgynevezett Lower limb alignment mód.



3. ábra SterEOS 3D alsó végtagi modellezés (Full 3D mód)

A szoftver az alsó végtag teljes 3D modellezése során 15 geometriai paraméter értékét számítja ki automatikusan:

- Femur mechanikai tengely hossz (továbbiakban femur hossz);
- Tibia mechanikai tengely hossz (továbbiakban tibia hossz);
- A végtag teljes mechanikai tengelyének hossza (továbbiakban végtag hossz);
- Femurfej átmérő;
- Femurnyak hossza (az a távolság, mely a femurnyak tengelyén a femurfej középpontja, valamint a femurnyak tengelyének és a femur anatómiai tengelyének metszéspontja által kijelölt pontok között mérhető);
- Collodiaphysealis szög (az a frontális síkban vizsgált szög, amely a femurnyak és a femur proximális diaphysis tengelye közt van, továbbiakban CD szög);
- Femoralis eltoltság (femoral offset, a femurfej középpontja és az orthogonális síkban a proximális diaphysis tengelyére vetített femurfej középpontjának távolsága);
- Mechanikai tibiofemorális szög (mTFA, az a frontális síkban vizsgált szög, amely a femur és a tibia mechanikai tengelye között van, értéke varus helyzet esetén negatív, valgus helyzet esetén pozitív, továbbiakban mTFA);
- Szagittális tibiofemorális szög (sTFA, az a szagittális síkban vizsgált szög, amely a femur és a tibia mechanikai tengelye között mérhető, értéke flexióban pozitív, hyperextenzióban negatív);

- Csípő-térd eltolódás (femoral mechanical axis-femoral shaft angle (FM-FS), az a frontális síkban vizsgált szög, amely a femur mechanikai és anatómiai tengelye között van, továbbiakban FM-FS);
- Femur mechanikai szöge (FMSz, az a frontális síkban vizsgált szög, amely a femur mechanikai tengelye és a condylusok alsó felszínét érintő tengely között mediálisan van);
- Tibia mechanikai szöge (TMSz, az a frontális síkban vizsgált szög, amely a tibia mechanikai tengelye és a tibia plató érintője között mediálisan van);
- Femoralis torzió (az az orthogonális síkban vizsgált szög, amely a femurnyak tengelye és a hátsó bicondylaris tengely között van, értéke antevertióban pozitív, retrovertióban negatív);
- Tibialis torzió (az a szög, amely a tibia plató hátsó részét érintő egyenes és a két bokán átmenő tengely közt van, értéke pozitív, ha kifelé, negatív, ha befelé rotál);
- Femorotibialis rotáció (az az orthogonális síkban vizsgált szög, amely a hátsó bicondylaris tengely és a tibia plató hátsó részét összekötő egyenes közt van; értéke pozitív, ha a tibia a femurhoz képest kifelé rotál, negatív, ha befelé).

A Lower limb alignment módban az alábbi értékeket kapjuk:

- Femur hossz;
- Tibia hossz;
- Végtag hossz;
- Femurfej átmérő;
- Mechanikai tibiofemoralis szög;
- Szagittális tibiofemoralis szög;
- Csípő-térd eltolódás.

II.2. A vizsgált populáció

Klinikánkon 2007-2012 között 7108 EOS 2D/3D vizsgálat készült a rutin diagnosztika részeként. Ebből az adatbázisból kiválogattuk azokat az eseteket, amelyeknél az alsó végtag biomechanikáját befolyásoló eltérés nem igazolódott és korábban nem történt műtéti beavatkozás sem. Kizárásra kerültek azok az esetek, ahol az anamnézisben olyan betegségre derült fény, mely befolyásolhatja a növekedést.

16 éves kor alatt arra törekedtünk, hogy az összes potenciális esetet feldolgozzuk. 4 éves kor felett elvégeztük a felvételeken mindkét alsó végtag 3D rekonstrukcióját. 4 éves kor alatt – a csontosodási magok okozta bizonytalanság miatt – a szoftver lower limb alignment módját alkalmaztuk. Végül 622 esetben (258 fiú, 364 lány) volt sikeres a modellezés.

A 17-24 éves csoportban - a meglévő 1113 felvételen - naptári kor szerint évenként 25-25 véletlenszerűen kiválasztott férfit és nőt vontunk be a vizsgálatba.

Végeredményben 1022 felvételen (458 férfi és 564 nő) tudtuk elvégezni a méréseket.

II.3. Az alkalmazott statisztikai vizsgáloeljársok

Az adatok feldolgozását SPSS v22 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) és Microsoft Office Professional Plus v14.0.6112.5000 (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) programcsomagokkal végeztük.

A mért adatok normalitását Kolgomorov-Szmirnov próbával vizsgáltuk. Az intra- és interobszerver megbízhatóság vizsgálatához osztályon belüli korreláció (intraclass correlation, ICC) vizsgálatot végeztünk. A két alsó végtag összehasonlítására páros t-próbát alkalmaztunk. A nem szerinti összefüggések, valamint a csoportok közötti különbség vizsgálatára független mintás t-próbát használtunk. A naptári kor és az alsó végtag biomechanikai paramétereinek összefüggésének megállapítására, valamint a paraméterek egymásra hatásának felderítésére Spearman korrelációs és egyutas ANOVA tesztet végeztünk.

A véletlenszerű kiválasztáshoz a Microsoft Excel VÉLETLEN.KÖZÖTT függvényét használtuk.

A $p < 0,05$ értéket tekintettük szignifikánsnak.

III. Eredmények

III.1. Az EOS 2D/3D módszer megbízhatósági vizsgálata

Az intraobszerver megbízhatósági vizsgálat során az EOS 2D/3D módszer minden vizsgált paraméter esetében kiváló eredményt ért el (Winer kritériumok alapján). Az interobszerver vizsgálatnál ettől csak a femoralis és tibialis torzió, valamint a femorotibialis rotáció tért el, azonban ezeknél is jó eredményt értünk el.

Az előrelépett pozíció hatásának vizsgálatakor egyedül a szagittális tibifemoralis szög esetében találtunk szignifikáns különbséget a bal illetve jobb oldal között ($p=0,047$), ezért a továbbiakban ezt a paramétert kizártuk a vizsgálatból. A többi paraméter esetében a két oldalon mért értékek átlagával számoltunk tovább.

III.2. Az alsó végtag paramétereinek valamint a naptári kor összefüggésének vizsgálata

A Spearman korrelációs vizsgálat szerint minden általunk vizsgált paraméter szignifikáns összefüggést mutatott a korrallal.

Egyutas ANOVA segítségével megállapítottuk, hogy minden vizsgált paraméter esetén szignifikáns különbség figyelhető meg a korcsoportok között.

III.3. Nemi különbségek vizsgálata

Független mintás t-próba alapján a vizsgált alsó végtagi paraméterek mindegyike szignifikáns nemek közötti különbséget mutatott a csípő-térd eltolódás kivételével.

III.4. Az alsó végtag anatómia és biomechanikai paramétereinek változása

III.4.1. Longitudinális paraméterek

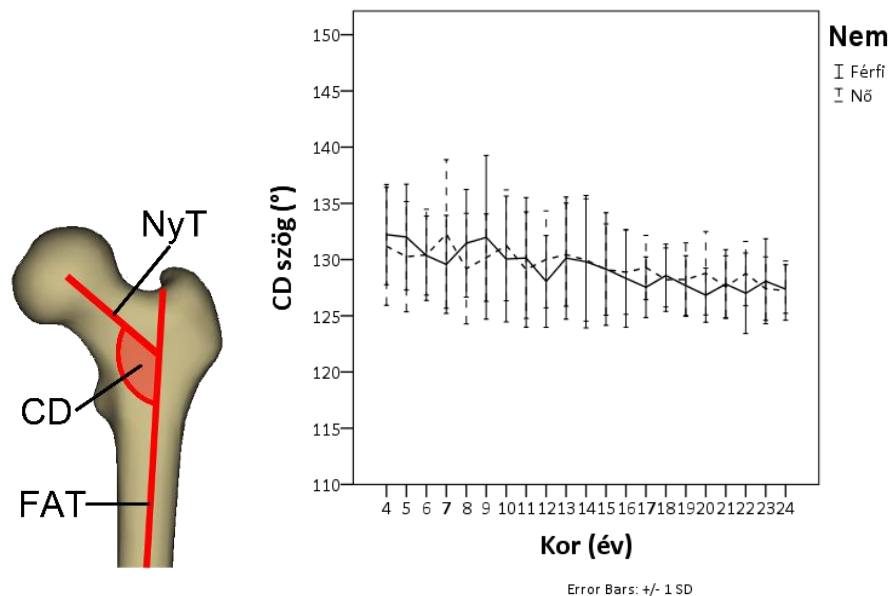
Mindhárom paraméter tekintetében folyamatos, egyenletes növekedést figyeltünk meg 15-16 éves korig, melyet egy platófázis követ.

A femur hossza 19,14 cm-ről 16 éves korra 44,13 cm-re emelkedik, majd 41-42 cm-es érték között stagnál. A tibia hossza 16,34 cm-es értékről indul, majd 15 évesen 38,56 cm-es értéken eléri a plató fázist.

A végtag hossza 35,7 cm-es értékről indul, majd 16 éves korban 82 cm-es értéknél kezd el egyenletes, enyhén ingadozó értéket felvenni.

III.4.2. A proximális femurvég anatómiai paramétere

A collodiaphysealis szög – kis ingadozás mellett – folyamatos, enyhén csökkenő tendenciát mutat: 131,58°-ról 127,39°-ra csökken (4. ábra).



4. ábra Collodiaphysealis szög

A paraméter ábrázolása saját 3D modell segítségével (NyT-(femur) nyak tengely, CD-collodiaphysealis szög, FAT-femur anatómiai tengely). A mért értékek átlag \pm S.D. formátumban, nemek szerinti bontásban (Error bars- hibavonalak).

A femurfej átmérő 23,38 mm-ről 43,81 mm-re (15 évesen) nő, melyet platófázis követ.

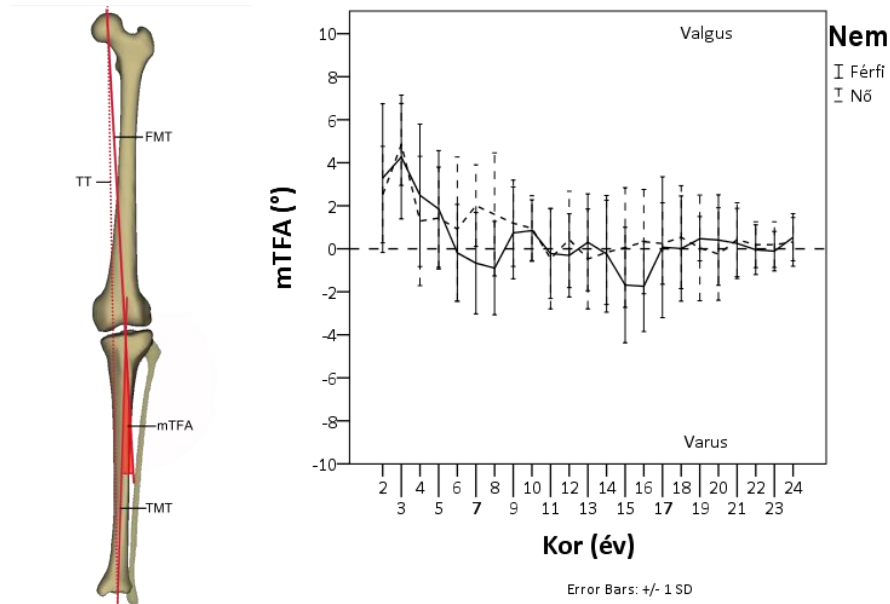
A femoralis eltoltság értéke 24,33 mm-ről (4 éves kor) 39,34 mm-re (16 évesen) nő, majd a növekedés megálltával, enyhe ingadozás következik.

A femurnyak hosszánál szintén elmondhatjuk, hogy egyenletesen emelkedő értékeket figyeltünk meg 15-16 éves korig: 32,21 mm-ről (4 éves kor) 50,15 mm-re (16 évesen) nő, majd tartja az elért értéket.

III.4.3. Az alsó végtag tengelyállása

Az mTFA esetében mind a fiúknál, mind a lányoknál valgus helyzet figyelhető meg 2 éves korban. A valgizációs tendencia folytatásával 3 éves korban a fiúknál 4,27°-os, a lányoknál 4,85°-os értéken eléri a csúcserértékét. Ezután varizálódás indul. A lányok esetében először jelentős csökkenés figyelhető meg: 4 éves korra 1,29°-ra esik, majd fokozatosan csökkenve 10-11 éves kor környékén éri el a neutrális helyzetet. Ezt követően nem távolodik el ettől jelentősen. A fiúknál ezzel szemben folyamatos, enyhébb csökkenés figyelhető meg egészen

8 éves korig, amikor $0,90^\circ$ -os varus helyzet alakul ki. Majd enyhe ingadozást követően 10-11 éves kor környékén szintén neutrálisához közelítő helyzet figyelhető meg. A 14-16 éves korcsoportban azonban újra jelentősebb varizálódás játszódik le (16 évesen $1,75^\circ$ -os varus helyzet). 17 éves korra normalizálódik a tengely és nem is távolodik el az átlag $0,53^\circ$ -nál jelentősebben a neutrális helyzettől (5. ábra).



5. ábra mTFA

A paraméter ábrázolása saját 3D modell segítségével (FMT-femur mechanikai tengely, TT-terhelési tengely, mTFA-mechanikai tibiofemorális szög, TMT-tibia mechanikai tengely). A mért értékek ábrázolása átlag \pm S.D. formátumban, nemek szerinti bontásban (Error bars-hibavonalak).

Az FM-FS az mTFA-hoz hasonló változást mutat, ugyanúgy megfigyelhető egy csúcs 3 éves korban $5,47^\circ$ -os értékkel, ami 4 éves korra $3,74^\circ$ -ra csökken, végül minimális emelkedést követően $4,50^\circ$ körüli értéken megállapodik.

A femur mechanikai szöge $92,50^\circ$ -os értéket vesz fel 4 éves korban. Ezt követően enyhe emelkedés figyelhető meg 13 éves korig ($94,06^\circ$). Ezután enyhe csökkenés indul, 24 éves korban $92,25^\circ$ -os érték figyelhető meg.

A tibia mechanikai szöge a femur mechanikai szögével megegyező dinamikájú változást mutat. 4 éves korban $88,68^\circ$ -os értéket mértünk. Ezt követően enyhe növekedés figyelhető meg, a lányok esetében 10 éves korban – minimálisan - a 90° -ot is meghaladja az érték ($90,20^\circ$). Ezután csökkenésnek indul és $88,89^\circ$ -os értéken állapodik meg 24 éves korban. Megjegyzendő még a fiúk esetében 14-16 éves korban egy jelentősebb csökkenés (16 évesen $86,45^\circ$), mely egybeesik az mTFA-nál megfigyelhető varus állással.

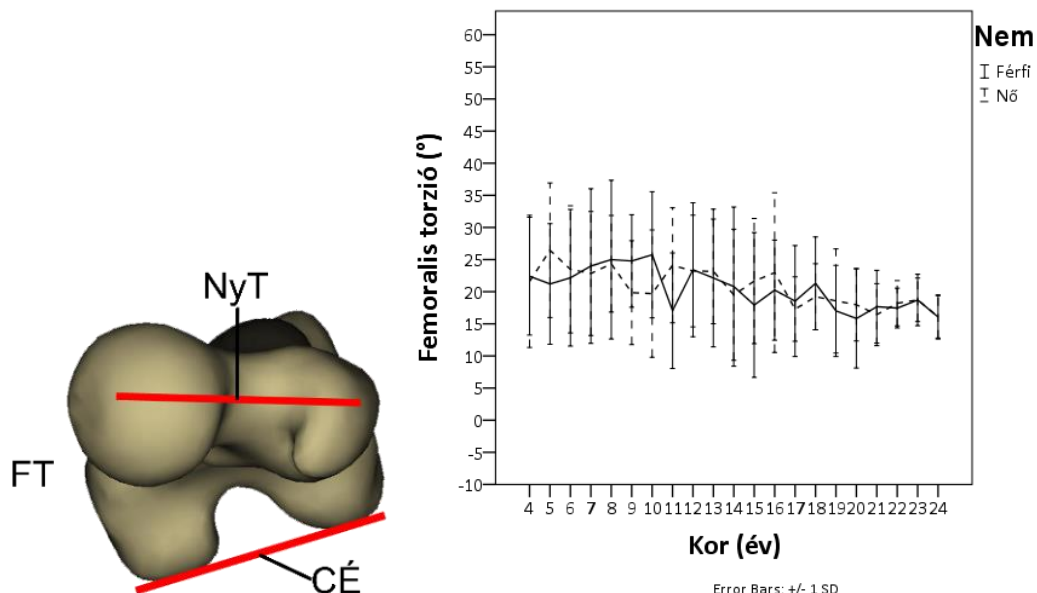
Spearman korrelációs vizsgálat alapján a femur mechanikai szöge és az FM-FS nem követi az alsó végtag mechanikai tengelyének változását. Azonban a tibia mechanikai szöge szignifikánsan összefügg az mTFA-val ($p_{FM-FS}=0,356$, $p_{fem. mech. szög}=0,751$, $p_{tib. mech. szög}=0,028$).

III.4.4. Az alsó végtag torziós és rotációs paraméterei

A femoralis torzió a fiúk esetében $22,41^\circ$ -os, a lányok esetében $21,60^\circ$ -os értéket vesz fel 4 éves korban. Ezt követően, bár jelentős ingadozás és szórás mellett (lányoknál 5 éves korban $26,45^\circ$ -ot, fiúknál 10 éves korban $25,75^\circ$ -ot mértünk), de egyértelműen csökkenő tendencia figyelhető meg mind a lányok, mind a fiúk esetében. 24 éves korra férfiaknál $16,06^\circ$, nőknél $16,09^\circ$ -os értéket találtunk (6. ábra).

A tibialis torzió viszonylag magasabb pozícióról indul ($35,15^\circ$), majd csökkenést mutat egészen 8 éves korig ($30,31^\circ$). Ezt követően enyhe emelkedés következik 17-18 éves korig, majd enyhe ingadozás mellett 24 éves korra $38,96^\circ$ -on állapodik meg.

A femorotibialis rotáció esetében a fiúknál 4 éves korban megfigyelt $1,68^\circ$ -os és a lányoknál 8 éves korban talált $0,13^\circ$ -os berotációtól eltekintve végig kirotációt figyeltünk meg. Mind a fiúk, mind a lányok esetében egészen 9 éves korig enyhe ingadozást mutatnak csak. Ezt követően emelkedés mutatkozik, mely emelkedett érték (lányoknál maximum $8,05^\circ$, fiúknál $5,41^\circ$) egészen 17 éves korig megmarad. Ezután újra enyhe ingadozás következik. 24 éves korban a férfiaknál $4,12^\circ$ -os a nőknél $4,27^\circ$ -os érték figyelhető meg.



6. ábra Femoralis torzió

A paraméter ábrázolása saját 3D modell segítségével (NyT-(femur) nyak tengely, CÉ-condylus érintő, FT-femoralis torzió). A mért értékek ábrázolása átlag \pm S.D. formátumban, nemek szerinti bontásban (Error bars-hibavonalak).

IV. Következtetések

Sikerült igazolnunk, hogy az EOS 2D/3D technológia alkalmas az anatómiai és biomechanikai paraméterek mérésére a 2-24 éves korcsoportban. 4 éves kor alatt a növekedési porcok miatti bizonytalanság csak a Lower limb alignment mód segítségével végzett méréseket teszi lehetővé. A vizsgálat során alkalmazott enyhén előre lépett pozíció befolyásolhatja a szagittális tibiofemorális szög értékét, így ennek megítélését nem javasoljuk a módszer segítségével.

Az EOS technológia alkalmazásával sikerült 14 anatómiai és biomechanikai paraméter pontos normál tartományát megállapítani nagy populáción a 2-24 éves korosztályban, nemenkénti bontásban. Ezek közül több – tudomásunk szerint – eddig nem állt rendelkezésre, vagy csak kis vizsgált populációval, illetve kevésbé pontos mérési eljárással határozták meg.

Megállapítottuk, hogy minden általunk vizsgált paraméter értéke összefügg a korrallal.

A csípő-térd eltolódás kivételével minden paraméter esetében találtunk nemek közti különbséget. Ennek oka lehet, hogy az FM-FS csupán minimálisan változik a vizsgált a korcsoportban, hiszen egy csúcstól ($5,47^\circ$ 3 éves kor) eltekintve 1° -on belül marad a változása ($3,74^\circ$ - $4,65^\circ$).

A mért paraméterek változásának tendenciája megfelelt a rendelkezésre álló irodalmi adatoknak, azonban az abszolút értékek több paraméternél is lényegesen eltértek, aminek hátterében az általunk alkalmazott mérési módszer pontosságát, valamint a nagy vizsgált populációt feltételezzük.

Klinikai jelentősége miatt kiemelendő a CD szög, mely a 4-24 éves korcsoportban a fiúknál $132,22^\circ$ -ról $127,38^\circ$ -ra, lányoknál $131,18^\circ$ -ról $127,27^\circ$ -ra csökken. Az mTFA, mely 2 éves korban valgus helyzetet mutat (fiúknál $3,29^\circ$, lányoknál $2,52^\circ$), majd 3 éves korra eléri valgizálódási csúcsát fiúknál $4,27^\circ$ -os, lányoknál $4,85^\circ$ értéken, végül varizálódás indul, melynek kapcsán 6 éves korra neutrálisához közelítő érték alakul ki. Megfigyeltük, hogy az mTFA változása inkább a tibia anatómiájának változásaival van kapcsolatban. Harmadikként a femoralis torzió emelendő ki, melynek értéke fiúknál $22,41^\circ$ -ról $16,06^\circ$ -ra, lányoknál $21,60^\circ$ -ról $16,09^\circ$ -ra csökken a vizsgált populációban.

Nóvumnak tekinthető a femorotibialis rotáció értékeinek leírása a korcsoportban, és a 10-16 éves korcsoportban megfigyelhető, különösen lányoknál jelentős, kirotáció fokozódás megfigyelése. Emellett – tudomásunk szerint - a femurfej átmérő, femoralis eltolság és femurnyak hossz referenciatartományait is mi határoztuk meg először a korcsoportban.

V. Összefoglalás

Az alsó végtag csontos anatómiájának és biomechanikájának változása kiemelkedő klinikai jelentősége miatt számos vizsgálat témáját adta, azonban ezek jellemzően kis elemszámú vagy kevésbé pontos módszert alkalmazó kutatások voltak.

Az ezredfordulón megjelent EOS 2D/3D technológia lehetővé teszi, hogy álló helyzetben, alacsony sugárdózis mellett készítsünk sztereo teljes test röntgenfelvételeket, melyek egyúttal alkalmasak az alsó végtag felületi 3D rekonstrukciójára és 15 anatómiai, illetve biomechanikai paraméter mérésére.

Kutatásunk céljával tűztük ki, hogy igazoljuk az EOS 2D/3D módszer alkalmazhatóságát a gyermek és serdülő korcsoportban, valamint az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek megállapítását nagy populáción, nemek szerinti bontásban.

Elvégeztük az EOS 2D/3D alsó végtagi 3D rekonstrukció megbízhatósági vizsgálatát, majd kiviteleztek 1022 olyan 2-24 év közötti betegen az alsó végtagi 3D modellezést, akiknél a rutin diagnosztika során készült felvétel nem igazolt alsó végtagi eltérést és nem derült fény a növekedést befolyásoló betegségekre sem. Spearman korreláció, ANOVA és t-próba segítségével végeztük a statisztikai elemzést.

Az értekezés új eredményei és megállapításai

1. Sikeresen alkalmaztuk az EOS 2D/3D technológiát az anatómiai és biomechanikai paraméterek mérésére a 2-24 éves korcsoportban.
2. 4 éves kor alatt a növekedési porcok miatti bizonytalanság nem teszi lehetővé a teljes 3D rekonstrukciót, csak a Lower limb alignment mód segítségével végzett mérések lehetségesek.
3. Megállapítottuk, hogy a vizsgálat során alkalmazott enyhén előre lépett pozíció befolyásolhatja a szagittális tibiofemorális szög értékét, így ennek megítélését nem javasoljuk a módszer segítségével.
4. Az EOS 2D/3D felvételeken alapuló SterEOS Full 3D és Lower limb alignment rekonstrukció megbízhatóságát kiválóan találtuk.
5. Nagy populáción, pontos, 3D alapú mérési eljárással sikerült 14 alsó végtagi paraméter normál értékeit megállapítani a 2-24 éves korcsoportban, nemek szerinti bontásban. Ezek közül nővumnak tekinthető a femorotibialis rotáció, femurfej átmérő, femoralis eltolság és femurnyak hossz értékeinek leírása a korcsoportban.
6. Megvizsgáltuk az alsó végtagi paraméterek nemi jellegzetességeit, és a csípő-térd eltolódás kivételével minden esetben találtunk nemek közti különbséget.
7. A mért paraméterek változásának tendenciája megfelelt a rendelkezésre álló irodalmi adatoknak, azonban az abszolút értékek több paraméternél is lényegesen eltértek,

aminek háttérében az általunk alkalmazott mérési módszer pontosságát, valamint a nagy vizsgált populációt feltételezzük.

8. Klinikai jelentősége miatt kiemelendő a collodiaphysealis szög, a mechanikai tibiofemoralis szög és a femoralis torzió értékei:

a. A collodiaphysealis szög a 4-24 éves korcsoportban 132° -ról 127° -ra csökken. A korábbi publikációk ennél magasabb kezdeti értéket és jóval markánsabb változást találtak. A különbség mögött az állhat, hogy az általunk alkalmazott 3D-s mérésen alapuló technológia kiküszöböli a collodiaphysealis szöggel párhuzamosan változó femoralis torzióból adódó vetületváltozást.

b. A mechanikai tibiofemoralis szög 2 éves korban valgus helyzetet mutat, majd 3 éves korra eléri valgizálódási csúcsát $4,5^\circ$ -os értéken. Ezután varizálódás indul, melynek kapcsán 6 éves korra neutrálshoz közelítő érték alakul ki.

Megfigyeltük, hogy a mechanikai tibiofemoralis szög inkább a tibia anatómiájának változását követi.

c. A femoralis torzió értéke 22° -ról 16° -ra csökken a vizsgált populációban. Ez a változás szintén a kisebb a korábban publikált irodalmi adatoknál, azonban a korábbi tanulmányok között is nagy a szórás. Feltételezzük, hogy az általunk alkalmazott módszer pontosságából és a nagy vizsgált populációból adódik a különbség.

A dolgozat alapjául szolgáló publikációk

Schlégl ÁT, O'Sullivan I, Varga P, Than P, Vermes Cs: Determination and correlation of lower limb anatomical parameters and bone age during skeletal growth (based on 1005 cases). J Orthop Res, 2016 Aug 11. doi: 10.1002/jor.23390. [Epub ahead of print] **IF: 2,88, SJR: 1,464 (Q1)**

Schlégl ÁT, O'Sullivan I, Varga P, Than P, Vermes Cs: A Hassel–Farman módszer alkalmazása a csontkor meghatározására, valamint ennek összefüggése az alsó végtag biomechanikai paramétereivel. Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2015;58(4):105-121.

Schlégl ÁT, Szuper K, Somoskeöy S, Than P: Az alsó végtag tengelyállásának vizsgálati lehetőségei - Tapasztalataink az új EOS 2D/3D technológiával. Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2015;58(2-3):127-139.

Schlégl ÁT, Szuper K, Somoskeöy S, Than P: Three dimensional radiological imaging of normal lower-limb alignment in children. Int Orthop. 2015 Oct;39(10):2073-2080. **IF: 2,39, SJR: 1,508 (Q1)**

Schlégl ÁT: Az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek 3D rekonstrukció alapú vizsgálata gyermekkorban a csontkor függvényében. Magyar Ortopéd Társaság: Zinner Nándor pályamunka 2015

Szuper K, **Schlégl ÁT**, Leidecker E, Vermes C, Somoskeöy S, Than P: Three-dimensional quantitative analysis of the proximal femur and the pelvis in children and adolescents using an upright biplanar slot-scanning X-ray system. Pediatr Radiol. 2015 Mar;45(3):411-421. **IF: 1,53, SJR: 0,593 (Q2)**

Schlégl ÁT, Szuper K, Somoskeöy S, Than P: [Evaluation of the usefulness of the EOS 2D/3D system for the measurement of lower limbs anatomical and biomechanical parameters in children]. Orv Hetil. 2014 Oct 1;155(43):1701-1712. IF: 2015-re vonatkozóan hirdettek meg először, **SJR: 0,152 (Q3)**

Schlégl ÁT, Szuper K, Somoskeöy S, Than P: A csípőízület 3D modellezése gyermekkorban. Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet, 2014;57(4):81-91.

Schlégl ÁT: EOS 2D/3D módszer alkalmazhatóságának vizsgálata a szabad alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek mérésére gyermekkorban, valamint ezek összefüggésének vizsgálata életkorral, magassággal illetve nemmel. Orvosi Hetilap-Semmelweis Egyetem: Regőly-Mérei pályamunka 2014

Schlégl ÁT: A szabad alsó végtag normál anatómiai és biomechanikai paramétereinek vizsgálata gyermekkorban EOS 3D rekonstrukcióval. Magyar Ortopéd Társaság: Zinner Nándor pályamunka 2014

Előadás nemzetközi konferencián:

Schlégl Á, Szuper K, Somoskeöy Sz, Than P: The 3D examination of lower limb alignment in 806 children, adolescents and young adults – 16th EFORT Congress, Prága, 27-29. May 2015. Scientific Programme. pp. 91.

Varga P, O'Sullivan I, **Schlégl ÁT:** Examination of the lower limb's torsional parameters in point of bone age - VII. International and XIII. National Interdisciplinary Grastyán Conference, Pécs, 19-21. March 2015.

Schlégl Á, Somoskeöy Sz, Szuper K, Than P: EOS 2D/3D examination of the proximal femur and pelvis in 508 children and adolescents – 10th CEOC, Split, 8-11. May 2014. Abstract Book. pp. 67.

Schlégl ÁT, Szuper K, Somoskeöy Sz, Tahn P: The examination of the knee joints alignment in children – HMAA Summer Conference Balatonfüred 2014, 22-23. August 2014. Abstract Book. pp. 22.

Schlégl ÁT: The 3D examination of the lower limb's axial parameters in children - HMAA Summer Conference Balatonfüred 2013, Balatonfüred, 16-17. August 2013. Abstract Book. pp. 17.

Schlégl ÁT: The childhood examination of the femoral bone- and hip joint's anatomical parameters with EOS in 2D and 3D - HMAA Summer Conference Balatonfüred 2012, Balatonfüred, 18-19 August 2012. Abstract Book. pp. 20.

Előadás hazai konferencián

Schlégl ÁT, O'Sullivan I, Varga P, Than P, Vermes Cs: A collodiaphysealis szög és a csontkor kapcsolatának vizsgálata 1005 EOS 3D rekonstrukció alapján – Magyar Ortopéd Társaság 2016. évi Kongresszusa, Pécs, 23-25. June 2016.

Varga P, **Schlégl ÁT,** O'Sullivan I, Maróti P, Than P, Vermes Cs: 3D nyomtatás lehetőségei a primer és revíziós csípő protetikában – Magyar Ortopéd Társaság 2016. évi Kongresszusa, Pécs, 23-25. June 2016.

Somoskeöy Sz, **Schlégl ÁT,** Belák M, Begovits B, Than P: Primer térdizületi endoprotézis-beültetés műtéti tervezéséhez használt 3D tervező szoftver megbízhatósági vizsgálata – Magyar Ortopéd Társaság 2016. évi Kongresszusa, Pécs, 23-25. June 2016.

Schlégl ÁT, Varga P, O'Sullivan I, Vermes Cs: Az alsó végtag biomechanikai paramétereinek vizsgálata a csontkor függvényében – Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2015. évi közös Kongresszusa, Szombathely-Sárvár, 11-13. June 2015.

Schlégl ÁT, Szuper K, Somoskeöy Sz, Than P: A csípőízület anatómiai paramétereinek 3D vizsgálata gyermekkorban – Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2014. évi közös Kongresszusa, Szeged, 22-24. June 2014. Programfüzet. pp. 63.

Szuper K, **Schlégl ÁT**, Somoskeöy Sz, Dömse E, Wiegand N, Than P: Femur és tibia diaphysis törések műtétet követő vizsgálata EOS 2D/3D röntgen készülékkel – Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2014. évi közös Kongresszusa, Szeged, 22-24. June 2014. Programfüzet. pp. 59.

Than P, Somoskeöy Sz, **Schlégl ÁT**: Új preoperatív protézis tervező szoftver alkalmazhatóságának vizsgálata – Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2014. évi közös Kongresszusa, Szeged, 22-24. June 2014. Programfüzet. pp. 17.

Schlégl ÁT: Az alsó végtag tengelyállásának 3D vizsgálata gyermekkorban - V. Nemzetközi XI. Országos Interdiszciplináris Grastyán Konferencia, Pécs, 17-19. April 2013.

Schlégl ÁT: A csípőízület és a femur anatómiai paramétereinek vizsgálata LDX (EOS) készülékkel gyerekkorban - IV. Nemzetközi és X. Országos Interdiszciplináris Grastyán Konferencia, Pécs, 12-13. April 2012.

Pószter nemzetközi konferencián

Kinga Sz, **Schlégl ÁT**, Somoskeöy Sz, Than P: Geometrical values of the normal and arthritic hip and knee detected with the EOS 3D imaging system – 10th CEOC, Split, 8-11. May 2014. Abstract Book. pp. 86.

Schlégl ÁT, O’Sullivan I, Varga P, Than P, Vermes Cs: Bone Age - A potential indicator of lower limb’s anatomical and biomechanical parameters – 17th EFORT Congress, Geneva, 1-3. June 2016.

Schlégl ÁT, Varga P, Maróti P, O’Sullivan I, Vermes Cs, Than P: Patient specific 3D printed hip models for easier teaching and better understanding the total hip arthroplasty in developmental dysplasia of the hip – AMEE 2016, Barcelona, 27-31. August 2016. Abstract Book pp. 587.

Köszönetnyilvánítás

Az értekezésben bemutatott munka nem jöhetett volna létre számos ember önzetlen támogatása nélkül, akiknek szeretném megköszönni hozzájárulásukat, és akiknek hálával tartozom.

Mindenekelőtt köszönettel tartozom témavezetőmnek és mentoromnak prof. dr. Than Péternek.

Külön hálával tartozom dr. Vermes Csabának és dr. Somoskeőy Szabolcsnak. Mindegyiküknek meghatározó szerepe volt a tanulmány létrejöttében.

Köszönettel tartozom kutatótársaimnak dr. Szuper Kingának, dr. Nagy Gábornak, dr. Kepp Felixnek, dr. O'Sullivan Iannek és dr. Varga Péternek.

Az Ortopédiai és Radiológiai Klinikai munkatársainak is köszönettel tartozom, hiszen nélkülük nem jöhettek volna létre a kutatás alapjául szolgáló felvételek.

Bár jelen tanulmány létrejöttében közvetlen részük nem volt, de kutatói szemléletem formálásban fontos szerepe volt prof. dr. Füzesi Zsuzsannának és dr. Feldmann Ádámnak.

Szeretnék köszönetet mondani dr. Pótó Lászlónak a statisztikai feldolgozásban nyújtott segítségéért, valamint dr. Bencsik Tímeának és dr. Ernyey Balázsnak, akik az angol fordításokban segítettek.

A tanulmány megvalósulását a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal GINOP-2.3.2-15-2016-00022 (3D nyomtatási és vizualizációs technológiákat alkalmazó interdiszciplináris kutatási, oktatási és fejlesztési központ kialakítása a Pécsi Tudományegyetemen) pályázata támogatta.