

## A 7. MAGYAR BIOMECHANIKAI KONFERENCIA ABSZTRAKTJAI

S.sz.	Oldal	Előadó	Cím
A-0001	16	Kurutz Márta	Preventív vertebroplasztika és kifoplasztika biomechanikai összehasonlítása párosított mintadarabokon végzett nyomókísérletek alapján
A-0002	17	Kator Miklós	Protetika és Ortetika a jövőben galaxisunkban, a Föld nevű bolygón
A-0003	18	Bojtár Imre	Dekompresszív kraniektómia numerikus szimulációja
A-0004	19	Nagymáté Gergely	Járásvizsgálat Augmented Reality markerek és GoPro kamera segítségével
A-0005	20	Szódy Róbert	Csípőprotézis revíziókor alkalmazott „custom made” vápakosár tervezése és készítése, három esetben alkalmazott eljárás.
A-0006	21	Szódy Róbert	A „custom made” vápakosarak tervezésének elvi és gyakorlati nehézségei, a fejlődés iránya.
A-0007	22	Lovás László	Feszültségek modellezése koponya implantátumban
A-0008	22	Borbás Lajos	Csontok anyagjellemzőinek közelítése a gyártástechnológiai paraméterek módosításával 3D nyomtatás esetén
A-0009	23	Dulházi Fanni	A vizuális és vesztibuláris rendszerek egyensúlybeli szerepének vizsgálata táncosok és táncpasztalattal nem rendelkező nők szempontjából
A-0010	24	Balassa Gábor Péter	Térdprotézis kinematikájának javítása evolúciós algoritmus alkalmazásával
A-0011	26	Parragh Márk	3D nyomtatási anyagok mechanikai tulajdonságainak meghatározása különböző nyomtatási irányokban
A-0012	27	Popovics Júlia	Személyre szabott csontpótló implantátumok előállításának folyamata irodalomfeldolgozás alapján
A-0013	29	Kiss Bernadett	A fejmozgás szerepe az egyensúlyozó képességben
A-0014	30	Zelei Ambrus	Lábmodell periodikus mozgásának előállítása a futás biomechanikai elemzéséhez
A-0015	31	Csernátorny Zoltán	A 3D nyomtatott modellek helye és szerepe bonyolult ortopédiai műtétek tervezésében és kivitelezésében
A-0016	32	Gerendás Péter	Egyedi kézrögzítő fejlesztése és gyártása 3D nyomtatással
A-0017	33	Manó Sándor	Újabb eredményeink és terveink a 3D nyomtatás sebési célú alkalmazásával kapcsolatban
A-0018	33	Pammer Dávid	Orális implantátumok primer stabilitása
A-0019	34	Groszmann Ádám	A karlendítés izomfeszülést és függőleges emelkedést növelő hatása függőleges felugrások során
A-0020	36	Éltes Péter Endre	3D modellezés és nyomtatás a gerincsebészeten – AOSpine globális felmérés
A-0021	37	Hampel Katalin	A nyirokrekduciós kezelés eredményességének új, funkcionális szemléletű mérési lehetősége: a járás analízis
A-0022	38	Pálya Zsófia	Az emelkedő teljesítményű futás hatása a mozgásparemeterekre
A-0023	39	Tuza Kornélia	Szubmaximális izometrikus kontrakció alatt bekövetkező fáradás hatása a motoros egységek aktivációjára a könyökhajlító izmokban
A-0024	40	Kovács Bálint	Az alszár izom-ín mechanikai jellemzőinek vizsgálata távfutókön
A-0025	42	Rác Kristóf	Motion capture alapú mozgásvizsgáló rendszer anatómiai pont kalibráció pontosságának vizsgálata
A-0026	43	Tihanyi József	Az izom excentrikus és izometriás erőfejlesztés arányának valós meghatározása akaratlagos izomkontrakciók során
A-0027	44	Inspurger Tamás	Emberi egyensúlyozási feladatok modellezése a reakció időkéés figyelembevételével
A-0028	45	Papp Zoltán	A 3D nyomtatás technológia alkalmazása gerincsebészeti műtétek preoperatív tervezéséhez valóságű 3 dimenziós modellek segítségével
A-0029	46	Dóczi Martin Olivér	Implantátummal rögzített törött alkar terhelhetőségének végeelemes vizsgálata
A-0030	47	Némethy Anna	Testtartási rendellenességek és az állkapocs izületi diszfunkciók kapcsolata
A-0031	49	Simonovics János	Additív technológia által biztosított lehetőségek szájsebészeti implantátumok fejlesztésekor
A-0032	49	Kondor Judit	Az elongáció, vagyis a gerinc aktív megnyúlása a spinális kontrollban
A-0033	51	Takács Mária	Zebri gerincvizsgáló módszerrel és Cobb módszerrel meghatározott gerincgörbületi paraméterek összehasonlítása scoliosisban szenvedő gyermekek esetén
A-0034	52	Lénárt Zoltán	Saját fejlesztésű mozgásanalizátor műszer validálási folyamata Optitrack kamerarendszer segítségével
A-0035	54	Némethy Anna	Temporomandibuláris diszfunkcióval rendelkező páciensek fizioterápiás kezelése
A-0036	55	Dobos Dániel András	Lovak sántaság vizsgálatára alkalmas eszköz fejlesztése, gyorsulásmérők használatával
A-0037	56	Pálkás Judit	Járáspecifikus törzstréning a hippoterápiában
A-0038	57	Borbás Lajos	Orvosi implantátumok méretezéséhez szükséges anyagmodellek additív gyártástechnológiák alkalmazása esetén
A-0039	58	Szebényi Gábor	Humán inszalagok feszültségreaxációja elmozdulás vezérelt fárasztó terhelés hatására
A-0040	59	Temesi Tamás	Szemlence tokjának lyukasztatásos elvű mechanikai vizsgálata
A-0041	59	Mály Judit	A posturalis stabilitás vizsgálata provokációs tesztekkel Parkinson-kórbán (H-Y I-II)
A-0042	60	Maróti-Agóts Ákos	A magyar szürke szarvasmarha testméreteinek vizsgálata a VATEM optometriai módszerrel
A-0043	61	Falk György	3D nyomtatás szerepe a gyógyászatban
A-0044	62	Thomas Hock	3D-Markerless Silhouette Tracking in Training and Competition
A-0045	63	Rappensberger Csaba	Zebri ... a mozgásban lévő jövő

## PREVENTÍV VERTEBROPLASZTIKA ÉS KIFOPLASZTIKA BIOMECHANIKAI ÖSSZEHASONLÍTÁSA PÁROSÍTOTT MINTADARABOKON VÉGZETT NYOMÓKÍSÉRLETEK ALAPJÁN

Kurutz Márta<sup>1</sup>, Varga Péter<sup>2</sup>, Jakab Gábor<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,

<sup>2</sup> Julius Wolff Institute and Berlin-Brandenburg School for Regenerative Therapies, Charité - Universitätsmedizin Berlin

<sup>3</sup> Országos Gerincgyógyászati Központ

[kurutzm@cik.bme.hu](mailto:kurutzm@cik.bme.hu)

### BEVEZETÉS

A perkután vertebroplasztika (VP) és kifoplasztika (KP) oszteoporotikus csigolyák kompressziós törésének műtéti kezelésére alkalmazott alternatív cementezési technikák. Gyakori, hogy a feltöltést követően a szomszédos csigolyákban törések keletkeznek. Ennek megelőzésére szokták a szomszédos csigolyákat is injektálni. Annak ellenére, hogy a kétféle feltöltési módszer klinikai előnyeinek és a veszélyeinek a tapasztalatairól számos tanulmány és összefoglaló cikk számol be, nagyon kevés cikk foglalkozik a preventív VP és KP klinikai tapasztalataival, és egyáltalán nem található a szakirodalomban átfogó biomechanikai összehasonlítás a kétféle módszer esetén fellépő újabb törések megelőzésére. Ezt a hiányt pótolja a jelen kutatás.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A mintadarabokat az Országos Gerincgyógyászati Központ laboratóriumában készítettük. Vizsgálatunkban 24 gerincből (10 férfi, 60-89 év,  $65,9 \pm 9,5$  és 14 nő 51-95 év,  $72,9 \pm 15,5$ ) vett 94 nem törött oszteoporotikus csigolya szerepel (7 törzsi és 87 ágyéki). A mintadarabokat ugyanabból a gerincből felváltva VP és KP útján augmentáltuk egységesen 6 ml polymethylmethacrylate (PMMA) cementtel, majd a mintadarabokat párosítottuk. A csigolyák véglemezeit PMMA gyanta ágyazatba foglaltuk, a mintadarabokról QCT felvételeket készítettünk a feltöltés előtt és után, majd a nyomóteszt után. A nyomókísérleteket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Biomechanikai laboratóriumában végeztük. Egytengelyű elmozdulás-vezérelt nyomóterhelést alkalmaztunk 5 mm/min sebességgel, 20% deformációs határral. Az erő-elmozdulás görbék-ből meghatároztuk a csigolyák teherbírását, merevségét, rugalmas és képlékeny összenyomódását, törési és törés utáni energiaelnyelő képességét a donorok kora, neme, a csigolyák csontsűrűsége, morfometriája, továbbá a cement véglemezeketől való távolsága és érintkezése függvényében. Az eredményeket statisztikailag értékeltük. Az értékelést 38-38 VP-KP páron (17-17 férfi és 21-21 nő) végeztük el.

### EREDMÉNYEK

A VP kezelés szignifikánsan nagyobb merevséget eredményezett, kisebb deformációt, és alig nagyobb teherbírást, mint a KP. A CT-képek alapján nyert teljes képlékeny összenyomódás és a törés utáni energiaelnyelő képesség a VP esetében szignifikánsan nagyobb volt. A teherbírásban a cement és a véglemezek közötti érintkezésnek alapvető szerepe volt: a törési teherbírás a VP esetében a cement véglemezekkel való érintkezésének számával egyenes arányban növekedett, míg a KP esetében csökkent.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A VP és KP ellentétes viselkedése a kétféle mechanikai szerkezetben és teherviselési mechanizmusban lévő alapvető különbségekből adódik. A VP esetében a cement könnyebben behatol az oszteoporotikus csont szivacsos állományának üregeibe, és a teret csaknem a csigolya teljes magassága mentén kitölti, ezáltal egy mintegy homogén, feszültségcsúcsok nélküli teherátadó szerkezet alakul ki, növelve a csigolya teherbírását. Ezzel szemben a KP-nél a cement az előre elkészített üregben koncentrálódik, miáltal a csigolyában egy sorba kapcsolt csont-cement-csont szerkezet alakul ki, amelynél - a leggyengébb láncszem elvét követve – a tönkremenetel a nem-augmentált csontban jön létre, csökkentve ezzel a csigolya teherbírását. Még veszélyesebb a helyzet, ha a koncentrált cement-felhő egyoldalúan érintkezik a véglemezzel. A szomszédos csigolyák törésének elkerülése érdekében a feltöltésénél arra kell törekedni, hogy a törött csigolya és a szomszédos csigolya teherbírásának különbsége minimális legyen. Ezt úgy érhetjük el, ha a preventív VP-nél a cement és mindkét véglemez érintkezésére törekszünk, míg preventív KP-nél az érintkezést elkerüljük, a cementet középre helyezzük. Eredményeink szerint a VP feltöltés egyenletesebb tehereloszlást eredményez és a preventív feltöltés feltételeinek jobban megfelel, tehát a vertebroplasztika a profilaxis szempontjából előnyösebb.

**Kulcsszavak:** vertebroplasztika, kifoplasztika, megelőzés, biomechanika, nyomóteszt

---

## PROTETIKA ÉS ORTETIKA A JÖVŐBEN GALAXISUNKBAN, A FÖLD NEVŰ BOLYGÓN

Kator Miklós

Unio Sport Medical csoport

[kator.miklos@gmail.com](mailto:kator.miklos@gmail.com)

---

Paradigmaváltás várható az orvoslásban! Az orvos-paciens kapcsolatban! Több mint 150.000 féle okostelefonon futó egészségügyi alkalmazás (android,iOS) létezik és az okostelefon használók 2/3-informálódik, tölt le egészségügyi tartalmakat. Primer prevenció – sport, szabadidő, szekunder prevenció – diagnosztika, terápia, gyógyulás, terciér prevenció – rehabilitáció, rekreáció területén. Miközben Magyarországon az egészség továbbra sem „érték” (alulffinanszírozottság, humán erőforrás képzési és megtartási elégtelenség, valamint jelentős paraszolvencia tartalom), az informatikai piac a következő évtizedek „bomba” ágazatának tekinti az egészség”ipar”-t, a technológiai fejlesztők, innovációs cégek exponenciális fejlődést jósolnak. Gondoljunk csak a már meglévő diagnosztikai, terápiás módszerekre és célértékekre, a hozzárendelt gyógyszer és termékforgalmazói piacra, a kidolgozott szakmai algoritmusokra. Gyermekünk -A JÖVŐ !- testi és lelki egészségének torzulása (deviancia, speciális nevelési igény, pszichés problémák, diszfunkciók) soha nem látott ütemben gyorsul.

Célom a szolgáltatók vonatkozásában a fizikai aktivitásba vonás-fejlesztés és megtartás. A primer prevenció (direkt és indirekt hatásai) lehet a jövő egyetlen záloga. A szekunder és terciér prevenció a fenntartója. Miközben szakmai csoportokról, „team”-ekről beszélünk, az ego, az individuum „tombolása” már-már a közösségi életet is lehetetlenné teszi.

Retrospektív - integratív áttekintés tartalmazza a nemzetközi, európai és magyar eredményeket napjainkig a protetika és ortetika ill. a robotika orvosi megjelenési és alkalmazási területén. Anyagomban megkísérlem bemutatni közép- és hosszútávon a különböző területek klinikai megjelenését. Feltételezve a felhasználók bevonást, ösztönözve a fiatalabb generációkat, és szakértőket az együttműködésben rejlő kihívások megvalósítására. A bemutatás módszere interdiszciplináris.

Összefoglalva: Anyagomban a mechanikai, anatómiai, élettani, antropológiai, informatikai, jel- és képfeldolgozó, modellezési, elméleti és gyakorlati kutatási vonatkozásait tekintem át technológiai fejlődésének tükrében.

**Kulcsszavak:** rehabilitációs és segítő robotika, számítógépes neurorehabilitáció, az agygép interfészei a rehabilitációban, viselhető eszközök

## DEKOMPRESSZÍV KRANIEKTÓMIA NUMERIKUS SZIMULÁCIÓJA

Hazay Máté<sup>1</sup>, Tóth Péter<sup>2</sup>, Büki András<sup>2</sup>, Bojtár Imre<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BME Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék

<sup>2</sup>Pécsi Tudományegyetem Idegsebészeti Klinika

[ibojt@mailto.bmc.hu](mailto:ibojt@mailto.bmc.hu)

Az emberi koponyát érő sérülések gyakran okoznak olyan belső vérzéseket, amelyek szükségessé teszik a koponyaűrben megnövekedett belső nyomásnak a koponya megnyitásával történő csökkentését. A műtét sok kockázattal jár, a végrehajtása során lejátszódó biomechanikai folyamatok (belső alakváltozások, feszültségek eloszlása és változási módja) jórészt még ma is tisztázatlanok.

A BME Tartószerkezetek Mechanika Tanszéke a Pécsi Egyetem Idegsebészeti Klinikájával együttműködve numerikus modellt készített a fejsérülések különböző típusainál létrejövő intrakraniális nyomás változásának, illetve a belső szövetek alakváltozásainak követésére. A betegspecifikus vizsgálatokhoz felhasználtuk a sérült állapotot leíró CT felvételeket, illetve a Klinika adatbázisa alapján készült, az egészséges állapot jellemzéséhez mintának tekintett korfüggő kiindulási modelljeinket.

A 3D végeelemes szimulációk segítségével követni tudjuk a koponyaűrben a vérzés hatására létrejövő elmozdulásokat, valamint a szövetek alakváltozásainak és feszültségeinek változását. A modell alkalmas az orvos által kijelölt területen végrehajtott koponyamegnyitás során létrejövő nagy szöveti elmozdulások követésére, illetve a kraniektómia hatására létrejövő nyomáscsökkenés jellemzésére. A numerikus szimulációk segítségével összehasonlíthatók egy adott belső vérzés esetén a különböző méretű és helyű megnyitások esetén bekövetkező mechanikai eltérések, így végső soron kiválaszthatóvá válnak a beteg számára kedvezőbbnek tekinthető, kisebb belső károsodással járó műtéti változatok.

## JÁRÁSVIZSGÁLAT AUGMENTED REALITY MARKEREK ÉS GoPro KAMERA SEGÍTSÉGÉVEL

Nagymáté Gergely, Kiss Rita

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

[nagymate@mogi.bmc.hu](mailto:nagymate@mogi.bmc.hu)

### BEVEZETÉS

A járásvizsgálat az emberi járás műszerekkel végzett kvantitatív vizsgálata, amely során a test és elsősorban az alsó végtagok és azok csontjainak, ízületeinek kinematikáját és dinamikáját határozzák meg. Az optikai járásvizsgálatok lényege, hogy az alany bizonyos anatómiai pontjaira aktív vagy infra reflexiós passzív markereket helyeznek el. A markerek pozícióját számos speciális kamera képéből sztereo fotogrammetria elvével állapítják meg. A járásvizsgálatok nemcsak a biomechanikai tudományos kutatások egyik eszköze, hanem szerepük az ortopédiai vizsgálatokban, a rehabilitáció, kezelések hatékonyságának utánkövetésében is meghatározó. Így fontos a járásvizsgálatok minél szélesebb körű elterjedése. A kutatás célja egy olyan olcsó és egyszerű mozgásvizsgáló rendszer és hozzá kapcsolódó módszer fejlesztése, amelynek pontossága közelíti a kereskedelmi forgalomban kapható, professzionális rendszerek pontosságát.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Az augmented reality (kiterjesztett valóság, AR) markerek testszegmensekhez való merev rögzítésével kínál megfizethető mozgásvizsgálati lehetőséget egyetlen kereskedelmi forgalomban kapható akciókamera segítségével. Az AprilTag algoritmust használó képfeldolgozó programmal az AR markerek pozíciója és orientációja képkockánként megadható. Az anatómiai kalibráció feladata, hogy egy hasonló markerrel ellátott mutatópálca segítségével az vizsgálatba bevont anatómiai pontok térbeli koordinátáit a hozzá tartozó testszegmensre szerelt AR marker által meghatározott lokális koordináta rendszerben megadjuk. Az anatómiai pontok térbeli koordinátái az AR markerek helyzetéből homogén koordináta transzformáció segítségével számíthatók. Az anatómiai pontok térbeli koordinátáiból a járást jellemző kinematikai paraméterek szokásos módon és programokkal számíthatók.

A mérési eszköz és módszer validálása 18 kamerás OptiTrack mozgásrögzítő rendszer segítségével egy egészséges női személy (21 éves, 173 cm, 63kg) 3 km/h sebességű futószalagon történő járás elemzésével történt. A mozgás rögzítése mindkét rendszerrel szimultán történt. Az összehasonlításhoz számított járásparaméterek a térd és csípő szögek mozgástartománya, a térd szög sarokütés és gördülő fázis közepén számítható, valamint legnagyobb és legkisebb értékei, lépéshossz, lépéspárhossz és lépésszélesség voltak. A szimultán mérés miatt a két rendszerben mért lépésciklusok és azok paraméterei megfeleltethetőek, így az eltérések jellemzésére négyzetes középérték (RMS) hiba használható.

### EREDMÉNYEK

A térd mozgását jellemző szögértékek átlagos eltérése  $5^\circ$  alatt volt. A mozgástartomány eltérés RMS hibája összesen  $1,79^\circ$ . Legnagyobb (kiugró) eltérés sarokütés ( $4,75^\circ$ ) és gördülő fázisban

közepén mért ( $8,15^\circ$ ) szögértéknél van, ami az átlagolt görbék alapján eltolás jellegű hiba. A csípőízület flexió-extenzió szög értékének mozgástartomány RMS hibája  $3,59^\circ$  volt. A lépéshossz és lépéspár hossz RMS hibája  $35,29$  mm és  $9,58$  mm, a lépésszélesség RMS hibája  $3,51$  mm.

### KÖVETKEZTETÉSEK

A szögjellegű és a távolságjellegű paraméterek hibáját elsősorban az AR markerek orientáció meghatározásának pontossága határozza meg. A markerek orientáció becslési hibája a kamera optikai tengelye körüli elfordulásra kisebb (hiszen a marker élei is látszódnak, ezért kisebb a lépésszélesség hibája), míg a másik két tengely körül nagyobb. Ennek oka, hogy az optikai tengely körüli elforduláshoz tartozó orientáció számítást a perspektíva kisebb mértékben befolyásolja, mint a másik két tengely esetén. A perspektíva torzulását a kameralencse optikai torzítása, és az azt kiküszöbölő kamera kalibráció határozza meg. A javasolt módszer pontossága pontosabb kamera kalibrációval és nagyobb pontosságú markerorientáció becsléssel javítható.

**Kulcsszavak:** járásvizsgálat, mozgásvizsgálat, motion capture, képfeldolgozás, augmented

## CSÍPŐPROTÉZIS REVÍZIÓIKOR ALKALMAZOTT „CUSTOM MADE” VÁPAKOSÁR TERVEZÉSE ÉS KÉSZÍTÉSE, HÁROM ESETBEN ALKALMAZOTT ELJÁRÁS

Szödy Róbert<sup>1</sup>, Kotormán István<sup>2</sup>, Manó Sándor<sup>3</sup>, Csernátorny Zoltán<sup>3</sup>, Bagi István<sup>4</sup>, Borbás Lajos<sup>5</sup>, Hatos István<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Péterfy Sándor Utcai Kórház Rendelőintézet és Baleseti Központ

<sup>2</sup> Metrimed Kft.

<sup>3</sup> Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai Tanszék

<sup>4</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

<sup>5</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék

<sup>6</sup> Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

[robert.szody@gmail.com](mailto:robert.szody@gmail.com)

A problémás esetek biológiai és a technikai problémáinak meghatározása után, a korrekt kivizsgálás, megfelelő CT elkészítése, majd a számítógépes modell megszerkesztése, továbbá az 1-1 méretű modell elkészítése teremtette meg a lehetőséget az implantátum tervezésére.

Mindhárom, eddig megvalósult esetben a „mélyhúzásos” technikával kialakított egyedi vápakosár elkészítésével és beültetésével oldottuk meg, melyek tervezésekor maximálisan felhasználtuk az eddig is ismert és bevált vápakosarak „design” elemeit. Egy esetben 3D nyomtatott implantátum kezdetleges munkapéldányát készítettük el, amely esetleg jövőben alkalmazható irányok meghatározására mutat utat.

A csonthiányt Liofilizált, albuminkezelt csont beültetésével augmentáltuk.

A jelentős ortopéd sebészi probléma megoldására mindhárom esetben klinikailag sikeresen alkalmaztuk a fenti eljárást, melynek folyamata további elemzéseket és fejlesztéseket igényel.

## A „CUSTOM MADE” VÁPAKOSARAK TERVEZÉSÉNEK ELVI ÉS GYAKORLATI NEHÉZSÉGEI, A FEJLŐDÉS IRÁNYA

Szödy Róbert<sup>1</sup>, Kotormán István<sup>2</sup>, Manó Sándor<sup>3</sup>, Csernátony Zoltán<sup>3</sup>, Bagi István<sup>4</sup>, Borbás Lajos<sup>5</sup>, Hatos István<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Péterfy Sándor Utcai Kórház Rendelőintézet és Baleseti Központ

<sup>2</sup> Metrimed Kft.

<sup>3</sup> Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai Tanszék

<sup>4</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

<sup>5</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék

<sup>6</sup> Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

[robert.szody@gmail.com](mailto:robert.szody@gmail.com)

A munkacsoportunk által alkalmazott eljárás első lépése a preoperatív planing lényegében nem fejleszthető. Rendelkezésre áll a legkorszerűbb képkalkoló eljárás, amivel a probléma pontosan detektálható. A számítógépes modell elkészítése speciális felkészültséget és informatikai hátteret igényel. A három esetben alkalmazott esetben a DE Ortopéd Tanszékének Biomechanikai laborjának hátterét használtuk. Mindhárom esetben kinyomtatott 3D modellt alkalmaztunk az orvosi és a mérnöki szükségletek kommunikálásához. Ha rendelkezésre állna megfelelő tervező program és annak rutinszerűen alkalmazásához az ismeretek, talán ez a lépés átformálható.

A tervezett implantátumok kivétel nélkül alkalmazzák az eddigi „széria” vápakosarak designe elemeit, ezzel bevált technikai elemek összekombinálásával próbáltuk az egyedi vápakosár várható eredményességét biztosítani. Nem volt cél felesleges kísérletezéssel a végeredményt kockáztatni. Ugyanakkor hiányzik a korrekt biomechanikai vizsgálat, ami az ilyen protézisek hosszú távú működését modelleznék és lehetőséget biztosítana ezzel a szabadabb tervezésnek.

A csontiány pótlására a mélyhúzásos technológia bizonyos szempontból határt szab. Jobbára elengedhetetlen a csontpótlás, ami a hosszú távú terhelésátvitel biológiai feltételeit hivatott megteremteni. Itt komoly fenntartások vannak a szakirodalomban, ezért kérdéses, hogy ez-e önmagában a követendő irány, vagy az alátámasztások, rögzítések maximalizálása lenne a jó irány?

A hatósági engedélyezés részben költséges, részben minél bonyolultabb a tervezett protézis, annál nehezebb a szükséges engedély megszerzése. Tekintettel arra, hogy a problémás eset felfedezése után az ellátás időfaktora fontos, ez jelentősen nehezíti a végleges implantátum előállítását.

A 3D implantátum tervezés és nyomtatási technológia egészen más koncepciót igényel, de ezidáig ez a rendszer hazai kiforratlansága miatt sok fejlesztést igényel, de feltehetően ez a jövő a korszerű protézis előállításban

## FESZÜLTSEGEK MODELLEZÉSE KOPONYA IMPLANTÁTUMBAN

Pietro Fierro<sup>1</sup>, Lovas László<sup>2</sup>, Ficzer Péter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Salerno, Department of Industrial Engineering

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék

[lovas@kge.bme.hu](mailto:lovas@kge.bme.hu)

### BEVEZETÉS

A koponyacsont hiányok implantátummal történő pótlása szokásos orvosi gyakorlat. Felnőtt koponyába ültetve az implantátum minimális mechanikai terhelést kap, míg növéseben lévő koponyába ültetve a növekedésből fakadó terhelés éri.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Műanyagból készült implantátumokat vizsgálunk végeselemes módszerrel. Anyagmodellt választunk, ellenőrizzük a szoftver megfelelő működését. Egyszerű geometriájú modellekkel vizsgáljuk az implantátum terhelés felvételi és feszültség eloszlási viszonyait.

### EREDMÉNYEK

A feszültségmező csúcserkéi az implantátum rögzítési pontoknál vannak. A rögzítési pontoktól legendően távol a feszültség megfelelő értékű.

### KÖVETKEZTETÉSEK

Az implantátum anyag közelítőleg képes a növekedés követésére. A rögzítés pontosabb modellezése, pontosabb anyagmodell, és a terhelést jobban elosztó rögzítési modell kidolgozása szükséges.

**Kulcsszavak:** koponya implantátum, növekedés, FEA, feszültség

---

## CSONTOK ANYAGJELLEMZŐINEK KÖZELÍTÉSE A GYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI PARAMÉTEREK MÓDOSÍTÁSÁVAL 3D NYOMTATÁS ESETÉN

Ficzer Péter<sup>1</sup>, Borbás Lajos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék

<sup>2</sup> Edutus Főiskola Műszaki Intézet

[ficzer@kge.bme.hu](mailto:ficzer@kge.bme.hu)

Az additív technológiák ugrásszerű fejlődése a felhasználási területek növekedését is eredményezte. Egyre gyakoribb, hogy a bonyolult geometriával rendelkező orvosi implantátumokat valamely felépítő gyártástechnológiával állítjuk elő. Fontos azonban vizsgálni, hogy az így előállított implantátum hogyan viselkedik terhelés hatására, megfelelő teherbírással rendelkezik-e, illetve milyen mértékben képes együttműködni a környezetével. Ehhez ismerni kell az eredeti csont terhelés hatására kialakuló viselkedését. A viselkedés jellegét döntően befolyásolják az adott csont,



csonttípus anyagjellemzői, melyek többnyire valamilyen mértékű anizotrópiával rendelkeznek, valamint a csontra ható várható igénybevételek.

Az implantátumok fejlesztésének egyik fő célja, hogy azok a várható igénybevételek hatására, hasonló jelleggel és mértékkel deformálódjanak, mint az eredeti csont. Ezt elérni a megfelelő topológia kialakításával, valamint a gyártás során használt anyagok helyes megválasztásával lehet. További lehetőség, hogy a gyártástechnológiai paraméterek segítségével befolyásolhatjuk az anyagjellemzőket, pl. az orientációs hatás felhasználásával közelíthetjük a csont anyagjellemzőit. Jelen tanulmányban egy femur fiziológiás terhelés és oldalirányú esés hatására vonatkozó terhelhetőségi viszonyait vizsgáljuk. Ezt vetjük össze egy FDM technológiájú 3D nyomtató által, különböző gyártási paraméterekkel elérhető anyagjellemzőkkel.

---

## A VIZUÁLIS ÉS VESZTIBULÁRIS RENDSZEREK EGYENSÚLYBELI SZEREPÉNEK VIZSGÁLATA TÁNCOSOK ÉS TÁNCRAPASZTALATTAL NEM RENDELKEZŐ NŐK SZEMPONTJÁBÓL

Dulházi Fanni<sup>1</sup>, Kopper Bence<sup>2</sup>, Tihanyi József<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Népegészségügyi Kar

<sup>2</sup> Testnevelési Egyetem, Biomechanika Tanszék

[dulhazi\\_fanny@hotmail.com](mailto:dulhazi_fanny@hotmail.com)

---

### BEVEZETÉS

Az emberi test egyensúlyozása komplex folyamat révén valósul meg, melyben a vesztibuláris, a vizuális és a szomatoszenzoros rendszereknek van szerepe. Az egyensúlyozó képességet vizsgálva kézen fekvő gondolat a tánc vizsgálata, hiszen a forgások, statikus és dinamikus egyensúlyi elemek pontos és sikeres kivitelezéséhez jó egyensúly szükséges. Külföldi kutatások bizonyították, hogy a táncosoknak egy lábon és különböző felületeken állva jobb az egyensúlyuk, mint a nem táncosoknak (Kilroy és mts., 2016, Crofts és mts., 1996). Valamint egy, kifejezetten a klasszikus balettra irányuló kutatás alapján feltételezik, hogy a balerinák agya az évekig tartó gyakorlás alatt hozzászokik a forgásokhoz, csökken az egyensúlyozásban résztvevő szervek felől az agykéreghez érkező jel, így ellenállóbbá válnak a szédülés érzetével szemben (Nigmatullina és mts., 2013).

Összegezve elmondható a korábbi kutatások alapján, hogy az egyensúlyérzékeny sportágak űzői kisebb mértékű érzékenységet mutatnak a vesztibuláris rendszer ingerlésére, mint a nem sportolók (Utry, Frenkl, 1975).

Célunk a professzionális táncosok (t) és táncrapasztalattal nem rendelkező nők (nt) egyensúlyozó képességének összehasonlítása volt statikus helyzetben úgy, hogy egyszer a vizuális információ kerül blokkolás alá, másszor a vesztibuláris rendszer kerül megzavarásra.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatunk során 20 fő táncrapasztalattal nem rendelkező és 20 fő professzionális táncos tömegközéppont mozgásait vettük fel Tekscan típusú stabilométerrel. A vizsgáltaknak összezárt lábfejjel, mellső középtartásban kellett állniuk 20 másodpercig nyitott (nynf), majd csukott szem-

mel (csnf). Ezután forgószékekben 10-szer megforgattuk őket (a kontrollált forgás periódusideje  $T=2s$  volt) és megismételtük nyitott szemmel (nyvf), majd 10 újbóli forgatás után csukott szemmel (csvf) a mérést. A tömegközéppont előre-hátra (A-P), jobbra-balra (L-R) elmozdulásait, az általa bejárt területet (Area), valamint az elmozdulások hosszát (Distance) figyeltük. Az adatok összehasonlításához (normalitásvizsgálat után) 2 mintás t-próbát alkalmaztunk.

## EREDMÉNYEK

Szignifikáns különbséget ( $p < 0,05$ ) tapasztaltunk a:

- nem táncosok és a táncosok között nyvf A-P ( $p=0,000$ ), L-R ( $p=0,000$ ), Area ( $p=0,000$ ), Distance ( $p=0,030$ ) értékekben; csnf A-P ( $p=0,026$ ), L-R ( $p=0,047$ ), Distance ( $p=0,004$ ) értékekben;
- nem táncosok nyvf és csnf adatai között A-P ( $p=0,020$ ), L-R ( $p=0,001$ ), Area ( $p=0,030$ ) értékekben;
- táncosok nyvf és csnf adatai között A-P ( $p=0,000$ ), L-R ( $p=0,001$ ), Area ( $p=0,003$ ), Distance ( $p=0,000$ ) értékekben.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Eredményeinkből arra következtetünk, hogy a professzionális táncosok egyensúlyozó képességét a vizuális inger kikapcsolása jobban befolyásolja, mint a nem táncosokét; ezzel szemben a vesztibuláris rendszer megzavarása a nem táncosok esetén rontotta nagyobb mértékben az egyensúlyozó képességet. Úgy gondoljuk, hogy a táncosok számára a szemmel történő fix pontra fókuszálás kulcsfontosságú tényező az egyensúlyuk megtartásához, míg a vesztibuláris rendszerből jövő ingerek jelentősége kisebb, a nem táncosok esetében pedig a vesztibuláris rendszert érintő behatás volt a nagyobb befolyással bíró tényező.

A kapott eredmények felhasználhatók a mindennapi rehabilitációs célú egyensúlyfejlesztés, valamint a professzionális táncosok képzése során. Úgy gondoljuk, hogy a professzionális táncosok esetében az egyensúlyi elemek csukott szemmel is végzett gyakorlása potenciális előnyöket rejt magában, hiszen egy biztosabb kivitelezés jöhet létre és a sérülések lehetőségét is minimalizálja.

**Kulcsszavak:** egyensúly, táncos, tömegközéppont, állásstabilitás

---

## TÉRDPROTÉZIS KINEMATIKÁJÁNAK JAVÍTÁSA EVOLÚCIÓS ALGORITMUS ALKALMAZÁSÁVAL

Balassa Gábor Péter, Kopcsányi Gergő, Oldal István

Szent István Egyetem, Mechanikai és Géptani Intézet

[balassag@gmail.com](mailto:balassag@gmail.com)

---

### BEVEZETÉS

Napjaink egyik jelentős ortopédiai problémája a megfelelő térdprotézis kifejlesztése. Jelenleg az optimális térdprotézis nem áll rendelkezésre, fejlesztésük folyamatos. Egyik jelentős problémája a mai térdprotéziseknek, hogy esetenként előüreg-gyulladásokat okoznak. Ennek oka lehet az egészséges térdízület mozgásához képest létrejövő új megváltozott kinematika. Ez minden egyes

lépésnél többletterhelést jelent, ami a térdprotézis kilazulását okozhatja. Véleményünk szerint a megfelelő geometria kifejlesztésével ezt a többletterhelést minimálisra tudjuk csökkenteni. Munkánk során a térdmozgások közül a rotáció-flexió egymáshoz viszonyított értékeit vizsgáljuk. Kutatásunk célja az ismert emberi térdmozgást leképező térdprotézis geometria kifejlesztése. A térdprotézisek két elempárból állnak, amelynek megfelelő geometriai kialakításával a létrejövő mozgás befolyásolható. Kidolgoztunk egy eljárást, amely a genetikusan generált algoritmus segítségével a térdprotézisek, mint egyedek „virtuális tenyésztését” teszi lehetővé. Bemutatjuk, hogy az evolúciós algoritmusok közül a genetikusan generált algoritmust hogyan lehet használni a sípcsont enyhén homorú ízületi lapjainak geometriájának optimalizálására.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Az algoritmus egy, már ismert és eddig jól alkalmazott protézis alapján generálja a kezdőpopulációt, melynek egyedei sajátos módon közelítik a szükséges mozgásfüggvényt (célfüggvényt), majd elvégzi a szükséges evolúciós műveleteket (mutáció, keresztezés, stb.) az egyedeken. A létrehozott egyedek automatizált parametrikus tervezéssel Solid Edge ST9 környezetben 3D modellként készülnek, melyeket 3D nyomtatással legyártunk és egy protézisminősítő berendezéssel minősítjük. A minősítés alapja, természetesen a produkált mozgásfüggvény és a későbbiekben bemutatott célfüggvény különbsége. Minél jobban közelítjük a célfüggvényt, annál kisebb lesz a kilazulás és egyéb komplikációk veszélye.

A genetikusan generált algoritmus alkalmazásához a tibia paraméterezett modelljére van szükség. Egy használt, jobb láb szimmetrikus tibiális térdprotézis komponensét választottuk a modellezés kezdeti geometriájaként. Ez a modell 3D szkennelt módon állt rendelkezésre. A kiindulásként alkalmazott, kereskedelmi forgalomban kapható térdprotézis femur komponensét a mérések során felhasználtuk, amin nem volt használatból eredő kopás. A scannelt tibiális modelltől kiindulva létrehoztunk egy új virtuális paraméterezhető modellt. A modellt 0,1 mm vastagságú rétegekből hoztuk létre, rétegenként körökkel közelítve a metszett kontúrú. Az eljárás eredményeképp 68 réteggel és 1150 paraméterrel leírt modellt kaptunk. Az 1150 paraméter értékei, mint gének alkotják az adott geometria, mint egyed genomját. A 3D-s modell geometriai paraméterezését Solid Edge környezetben hajtottuk végre, a paramétereket Excel környezetbe mentettük, és egy Visual Basic nyelven írt programmal vezéreljük.

A protézisfejlesztést az alábbi lépésekben valósítjuk meg:

- célfüggvény meghatározása emberi térdmozgás alapján,
- egy jelenleg használt protézis vizsgálata és digitalizálása,
- evolúciós (azon belül genetikusan generált) algoritmus alkalmazása új protézisgeometria létrehozására,
- a geometria szerinti protézis gyártása 3D nyomtatással,
- az új geometria minősítése,
- a minősítés alapján a geometria elfogadása vagy újabb evolúciós ciklus indítása.

## EREDMÉNYEK

Az algoritmus megoldásai a generált virtuális modellek. Populációként 4 egyed születik, amelyet 3D nyomtatással elkészítünk. A protézis geometria által generált rotáció-flexió függvényt pedig a protézisminősítő berendezésén lemérjük. Ezután a mért értékek célfüggvénytől való eltérése alapján rulettkerék módszerrel történik az újabb populáció szülőpárjának kiválasztása, majd az

új populáció generálása. Munkánk eredménye egy-egy protézisgeometria egyedként való kódolása, amely alkalmas az algoritmus alkalmazásával szaporodásra és új populációk létrehozására, amelyek evolúciója egyre jobb egyedeket (protézis geometriákat) eredményez.

### KÖVETKEZTETÉSEK

Az elért eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a virtuális tenyésztés a protézis mozgásvizsgálatainak javítására alkalmas. Az eljárás során minden egyed fizikai modelljét létre kell hozni, mert a minősítést azokon tudjuk elvégezni. Az eljárás megítélésünk szerint tetszőleges kiválasztott tulajdonság(ok) javítására is alkalmas, a megfelelő célfüggvény(ek) ismeretében.

**Kulcsszavak:** biomechanika, térd, térdprotézis, 3D nyomtatás, evolúciós algoritmus

## 3D NYOMTATÁSI ANYAGOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAINAK MEGHATÁROZÁSA KÜLÖNBÖZŐ NYOMTATÁSI IRÁNYOKBAN

Parragh Márk

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

[mark.parragh@hotmail.com](mailto:mark.parragh@hotmail.com)

### BEVEZETÉS

A kutatás alapvető feltételezése, hogy 3D nyomtatással létrehozott testek mechanikai tulajdonságait (különböző szilárdsági jellemzők, keménység stb.) a test nyomtatás közbeni orientációja jelentősen befolyásolja. A befoglaló projekt célja annak vizsgálata, milyen módon és milyen mértékben befolyásolja egy 3D nyomtatással létrehozott próbatest mechanikai tulajdonságait annak nyomtatási iránya. A kutatás jelen fázisának célja a lehetséges szabványok és vizsgálati módszerek feltárása.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Minden hiteles 3D nyomtatási anyagokkal kapcsolatos, akár gyártó által kibocsátott, akár egyéb forrásból származó dokumentumban megtalálható jellemzők általában ASTM (American Society for Testing and Materials) szabványok szerinti vizsgálatok mérési eredményei. Emiatt az alapelv az, hogy a mechanikai vizsgálatok a vonatkozó ASTM szabványoknak megfelelően kerülnek elvégzésre. Ha lehetőség van rá (az ASTM szabvány keretei megengedik), akkor az egyes vizsgálatok paramétereit célszerű úgy megválasztani, hogy ISO (International Organization for Standardization) szabványoknak is megfeleljenek. A próbatesteken húzó-, nyomó-, és hajlítóvizsgálatokat, valamint Shore-féle keménységmérést végzünk.

A kutatás során rideg és rugalmas műanyagból készült mintadarabok gyártása is előfordulhat, sőt bizonyos nyomtatási eljárások alkalmazása során (pl Polyjet) a különböző alapanyagokból keverésével digitális anyagok (digital materials) létrehozása is megoldható. A húzó-, nyomó-, és hajlítóvizsgálatok megegyeznek rideg és rugalmas alapanyag esetén, Shore-keménységmérés esetén viszont különbözik a vizsgálati módszer (a lágyabb műanyagok keménységének meghatározására a Shore A, a keményebb műanyagok keménységének meghatározására a Shore D skála szolgál). A vizsgálathoz szükséges próbatesteket három különböző orientációban kell nyomtatni, hogy az anyag különböző rétegződési irányokhoz tartozó mechanikai tulajdonságai vizsgálhatók legyenek.

## EREDMÉNYEK

Az eddigi irodalomfeltárás alapján a vizsgálatokat a következő ASTM és ISO szabványrendszer elemei alapján kell elvégezni:

- Műanyagok húzási tulajdonságainak meghatározása: EN ISO 527 és ASTM D638
- Műanyagok nyomási tulajdonságainak meghatározása: EN ISO 604 és ASTM D695
- Műanyagok hajlítási tulajdonságainak meghatározása: EN ISO 178 és ASTM D790
- Műanyagok keménységének meghatározása: ISO 868 és ASTM D2240

A szabványok meghatározzák a próbatestek geometriáját és a vizsgálati paramétereket (húzóvizsgálatnál keresztfejssebesség, Shore-féle keménységmérésnél leolvasási idő stb) is. A próbatesteket tehát a vizsgált anyagokból a vonatkozó szabványban meghatározott geometria szerint nyomtatjuk (a húzó-, nyomó-, és hajlítóvizsgálatokhoz használt próbatestek geometriája tehát különbözik, a Shore-féle keménységmérés bármely próbatesten elvégezhető). Minden anyag- anyag-nyomtatási orientációjú próbatestből öt darab kerül kinyomtatásra, ennyi próbatesten kell egy adott vizsgálatot elvégezni, hogy az eredmény megfeleljen a szabványoknak.

A húzó-, nyomó-, és hajlítóvizsgálatok elvégzésre alkalmas lehet például egy univerzális szakítógéppel, a keménységmérő vizsgálatok pedig a próbatest keménységének megfelelő skálájú durométerrel történnek.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Számos felhasználási céllal készülnek olyan termékek 3D nyomtatás segítségével, amelyek mechanikai tulajdonságainak ismerete kulcsfontosságú (protézisek, pótlások), ezért ezek nyomtatása és végelem módszerrel való szimulációja előtt elengedhetetlen a fentebb leírt vizsgálatok elvégzése a nyomtató anyagára vonatkozóan. Ha minden orientációban ismerjük az anyag viselkedését, azzal pontosabb anyagmodellt alkothatunk, ami pontosabb végelemes számításokat eredményez.

**Kulcsszavak:** 3D nyomtatás, rétegződési irány, mechanikai tulajdonságok

---

## SZEMÉLYRE SZABOTT CSONTPÓTLÓ IMPLANTÁTUMOK ELŐÁLLÍTÁSÁNAK FOLYAMATA IRODALOMFELDOLGOZÁS ALAPJÁN

Popovics Júlia, Kiss Rita

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

[juliapopovics@hotmail.com](mailto:juliapopovics@hotmail.com)

---

## BEVEZETÉS

A csontok pótlására azok súlyos defektusa miatt számos sebészeti beavatkozás során szükség lehet. A csontpótlások alkalmazása több területet is érint: az ortopédiát, traumatológiát, idegsebészetet vagy a szájszövetet. Ha a csonthiány nem orvosolható csontgraftokkal, kiterjedt csontpótló implantátum beültetésére kerül sor. Ilyen típusú implantátum a nagyízületi -, fogászati - és koponyapótló implantátum. A nagyízületi - és fogászati implantátumok előállítása napjainkban sorozatgyártással történik, azonban egyre több esettanulmány számol be az egyedi tervezésű implantátumok alkalmazásának kedvező hatásairól. Jelen tanulmány az egyedi implantátumok tervezési és gyártási folyamatát ismerteti.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Az egyedi implantátumok tervezése a pótlandó részről készített CT felvételekből indul ki. Az elkészült rétegfelvételeken a csontszövetet el kell különíteni a lágy részeketől. Ez a szegmentálási folyamat a metszeti képek egyes pixeleihez hozzárendelt Hounsfield értékek alapján történik. A lágy szövetek jellemzően a  $[-1000 \text{ HU} .. +400 \text{ HU}]$ , míg a csontszövetek a  $[+400 \text{ HU} .. +3000 \text{ HU}]$  tartományba esnek. A szegmentálást követően a pótlandó rész 3D modelljének generálása következik a DICOM fájlban tárolt adatok alapján. A DICOM fájlok a rétegfelvételeken felül további adatokat is tárolnak, melyek alkalmasak a felvétel körülményeinek rekonstruálására, így tartalmazzák az egyes rétegek közötti távolságot és a képek orientációját is. A létrehozott 3D modell CAD szoftverbe történő exportálása után az egyedi implantátum geometriájának tervezése következik. Ha a defektus nem halad át a median saggitális síkon az implantátum geometriája az ép rész tükrözésével adódik. Ellenkező esetben a tervezőnek a szimmetriaérzékére kell hagyatkoznia. Komplex tervezési esetekben, amennyiben ezek rendelkezésre állnak, alkalmazásra kerülnek a pótlandó résznek megfelelő ép csontok 3D modelljei is. A tervezés folyamata végeselemes vizsgálattal egészül ki, ami lehetővé teszi a csontpótló implantátum és a pótlandó rész mechanikai viselkedésének szimulálását különböző terhelések esetén. A szimuláció eredményei hozzásegítik a tervezőt a pótlás végső alakjának és anyagának meghatározásához. Amennyiben az implantátum kialakításának jóságát végeselemes szimulációk is alátámasztják, megkezdődhet az implantátum és a befogadó környezet modelljeinek 3D nyomtatása. A nyomtatást követően a modellek illeszkedését szakorvos vizsgálja, és szükség esetén az implantátum prototípusán további módosításokat végezhet. Az egyedi tervezésű implantátumok gyártása jellemzően additív gyártástechnológiával történik, mivel a komplex anatómiai geometriák ritkán reprodukálhatóak a konvencionális szubtraktív technológiákkal. Az állandó terhelés alatt álló implantátumok alapanyaga titán-ötvözet vagy korrózióálló acél. Ezek gyártására alkalmas technológiák az EBM és a DMLS. Bizonyos esetekben (pl. koponyapótlás) az implantátumok polimer anyagúak is lehetnek. Ekkor a beültetésre kerülő implantátum olyan öntőformában készül el, melynek mesterdarabja additív gyártástechnológiával került előállításra.

## EREDMÉNYEK

A bemutatott módszer alapján elkészített implantátumok egyedi megoldást nyújtanak a beteg számára. Ezek az implantátumok pontosan illeszkednek a páciens anatómiai sajátosságaihoz, lehetővé téve a műtétek gyorsabb és biztonságosabb kivitelezését, és a beteg gyorsabb felépülését. Az egyedi implantátumok optimális tehereloszlása miatt hosszabb a várható élettartamuk, mint a sorozatgyártott változatukénak. Ez az oka annak, hogy a személyre szabott implantátumok a revíziós műtétek szempontjából is kedvezőbbek.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az orvosi képzőberendezések és az additív gyártástechnológiák fejlődésével és elterjedésével az optimális tulajdonságokkal rendelkező, személyre szabott implantátumok a jövőben akár teljes mértékben felválthatják a sorozatgyártott implantátumokat.

**Kulcsszavak:** 3D nyomtatás, egyedi implantátumok, implantátumok tervezése

## A FEJMOZGÁS SZEREPE AZ EGYENSÚLYOZÓ KÉPESSÉGBEN

Kiss Bernadett, Kiss Rita

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

[bettgo95@gmail.com](mailto:bettgo95@gmail.com)

### BEVEZETÉS

Az ember egy instabil rendszer, így egy folyamatosan működő szabályozás szükséges a stabilizálásához. Ezt a szabályozó rendszert jellemzi az egyensúlyozó képesség. A kutatás célja a dinamikus egyensúlyozó képesség elemzése hirtelen irányváltoztatás után, ún. kilökéses tesztek segítségével. Ha az ember állását megzavarjuk, egyensúlyát veszti, a fejen belül a belső fülben a vesztibuláris rendszer továbbítja az agy felé a megfelelő jeleket. Jelen kutatásban a fejmozgás szerepét elemeztük, mint egy meghatározó tényezőt az egyensúlyozó képességben, hiszen itt található a mozgásunk detektálására alkalmas két legfontosabb érzékelőrendszer (látórendszer, vesztibuláris rendszer). A kutatás célja egy olyan paraméter meghatározása, amely megfelelő megbízhatósággal modellezi a fej mozgását.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A mérésben 2 nő és 9 férfi vett részt ( $n=11$ ; átlagos életkor:  $22.82 \pm 1.72$  év; átlagos magasság:  $179.42 \pm 10.83$  cm; átlagos testtömeg:  $80.65 \pm 19.90$  kg). A mérésekben részt vevő alanyoknál a beválasztási paraméter az volt, hogy ne rendelkezzen mozgásrendszerbeli hátránnyal.

A dinamikus egyensúlyozó képességet ún. kilökéses teszttel, nyitott és csukott szemmel történő kétlábás állás során vizsgáltuk egy PosturoMed© (Haider-Bioswing, Weiden, Németország) eszköz segítségével, 20 mm-es kimozdítás után, miközben a platform 4 rugóra volt felfüggesztve. Az alany fejére markerekkel felszerelt munkavédelmi sisakot rögzítettünk és a platformra markereket helyeztünk, melyek térbeli koordinátáit a BME MOGI Tanszékének Mozgáslaboratóriumában található Optitrack Motion Capture kamerarendszer (NaturalPoint, Inc. DBA OptiTrack) segítségével rögzítettünk, Motive© (NaturalPoint, Inc. DBA OptiTrack) és MUBMA (fejlesztette: Ráczy Kristóf) mérésvezérlő programokkal. A fejmozgást leíró paraméter megbízhatóságának elemzéséhez a vizsgálatokat 4 alkalommal végeztük el. Minden alkalommal az alanyokat 10-szer mértük le. Az alkalmak között rendben 3, 9 és 3 nap kimaradás volt, hogy rövidtávú és hosszabb távú ismétléses tesztet is elvégezzünk.

A lap mozgását (hagyományos) és a fejmozgását leíró paramétereket Wolfram Mathematica (Wolfram©, v11.0) és Matlab (MathWorks©, R2014a) programokban saját algoritmusokkal számoltam ki. Az így kiszámolt paraméterekre ismétléses teszteket végeztem el IBM SPSS Statistics 22® programban, ahol a szignifikancia szint  $p=0.05$  volt.

### EREDMÉNYEK

A mérési eredmények statisztikai kiértékelése azt mutatta, hogy van olyan paraméter, amellyel a fejmozgás leírható, megbízhatósága megfelelő.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A fejlődésnek meghatározó szerepe van az egyensúlyozó képességben és modellezésére van olyan megbízható paraméter, amely a szakirodalomban nem ismert. Ezt, az egyensúlyozó képességet új szemszögből jellemző paramétert érdemes figyelembe venni jövőbeli kutatások során.

**Kulcsszavak:** egyensúlyozó képesség, kilökéses teszt, Posturomed, fejlődés, ismétléses teszt

---

## LÁBMODELL PERIODIKUS MOZGÁSÁNAK ELŐÁLLÍTÁSA A FUTÁS BIOMECHANIKAI ELEMZÉSÉHEZ

Zelei Ambrus, Insperger Tamás

MTA-BME Lendület Emberi Egyensúlyozás Kutatócsoport

[zelei.ambrus@gmail.com](mailto:zelei.ambrus@gmail.com)

---

### BEVEZETÉS

Az emberi és mesterséges járás és futás vizsgálatára alkalmazott modellek bonyolultsága széles skálán mozog. Az ezek segítségével megválaszolható kérdések köre szerteágazó. A legegyszerűbb, síkbeli, néhány szabadsági fokú dinamikai modellek a legalapvetőbb összefüggések feltárására alkalmasak. Ezzel szemben a laboratóriumi mozgásvizsgálatokhoz alkalmazott modellek szabadsági fogaik száma akár ötven fölött is lehet. A modell bonyolultságával a dinamikai vizsgálat és az általános következtetések levonása egyre nagyobb kihívás, a laboratóriumi mérések viszont pontosabbak lehetnek.

Kutatásunkban egy olyan, közepes bonyolultságú modell létrehozására fókuszálunk, amely pusztán számításokkal alkalmas a) a járáskor és futáskor fellépő talaj-láb ütközés intenzitásának kvantitatív elemzésére a kinematikai jellemzők függvényében (például a talppárna vagy a sarok érintkezik először a talajjal); b) a mozgás fenntartásához szükséges izommunka és az energiafelhasználás elemzésére; c) az egyensúlyvesztés elkerülésére fordított energia elemzésére.

### MÓDSZER

Egy szabályozással ellátott többtest-dinamikai modellt építünk fel, amely számítógépes mozgásszimulációra alkalmas. A modell három merev rudat tartalmaz, amelyek a lábfejet, a lábcsípőt, a combot reprezentálják. A csípőnél egy reakciókerék csatlakozik a combhoz, amely felsőtestet modellezi. A reakciókerék tartalmazza a torzót, a nyakat, a fejet, a felső végtagokat és a nem modellezett láb tömegét is. A modell szerves része az izmok által kifejtett erők modellezésére szolgáló szabályozás. A szabályozó a bokában, a térdben és a csípőben fellépő nyomatékok számítására ad előírást a támasz- és repülőfázisban eltérő módon. A szabályozó feladata periodikus, ugráló mozgás biztosítása.

### EREDMÉNYEK

Numerikus szimulációkkal bizonyítottuk, hogy a bemutatott szabályozó algoritmus képes stabil periodikus mozgást garantálni. A szabályozással generált mozgást és laboratóriumi eredményeket összevetve tovább hangoltuk a szabályozás paramétereit annak érdekében, hogy a generált mozgás realizisztikus legyen.



## KÖVETKEZTETÉSEK

A szabályozási paraméterek hangolásával optimális mozgás érhető el, célfüggvényként tekintve az előrehaladás sebességét, a talaj-láb ütközések intenzitását, a mozgáshoz szükséges energia-felhasználást vagy a mozgás stabilitását. Az optimális mozgások generálásával következtethetünk arra, hogy a különböző járási és futási formák mely szempont szerint előnyösek illetve hátrányosak.

**Kulcsszavak:** emberi járás és futás; talaj-láb ütközés; járás és futás energiaszükséglete; egyensúlyozás; futás- és járásciklus generálás

---

## A 3D NYOMTATOTT MODELLEK HELYE ÉS SZEREPE BONYOLULT ORTOPÉDIAI MŰTÉTEK TERVEZÉSÉBEN ÉS KIVITELEZÉSÉBEN

Csernátony Zoltán, Manó Sándor

Debreceni Egyetem Klinikai Központ Ortopédiai Klinika Biomechanikai Laboratórium

[csz@med.unideb.hu](mailto:csz@med.unideb.hu)

---

### BEVEZETÉS

Az egysíkú CT felvételek elterjedésével a korai szummációs oszteográfiás felvételekhez képest jelentős segítséget kaptunk a mozgásszervi betegségek megértéséhez és kezeléséhez. A következő nagy lépés a virtuális 3D modellek CT alapú, majd utóbb EOS rendszer által lehetőségessé vált előállítására volt. Az újabb jelentős lépést a 3D nyomtatás megjelenése jelentette. Ezek a 3D modellek jelenleg nagy általánosságban nem sterilizálhatóak, a műtőasztal mellett az asszisztencia részéről bármilyen pozícióba beállíthatóak, szükség esetén segítve a sebész munkáját. Előadásunkban néhány ily módon megoldott esetről számolok be.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Az előadásban bemutatjuk a DE KK Ortopédiai Klinikán a 3D nyomtatás gyógyító, oktató és kutató munkában betöltött szerepét.

### EREDMÉNYEK

Anatómiailag nehéz környezetben történő műtétek, illetve a normál anatómiát nagymértékben módosító deformitások valós 3D modellen történő megjelenítésének köszönhetően olyan műtéteket is nagyobb biztonsággal tudunk elvégezni, amelyek tervezéséhez korábban csak indirekt megközelítési lehetőségünk volt.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A közeljövőben érdemesnek látjuk olyan sterilizálható modellek nyomtatását, amelyeket a sebész a műtéti területben tud használni, ezáltal további segítséget jelenthetnek az orientációban. Emellett új irányzatként bizonyos speciális műtéti szituációkhoz egyedileg készített vágószablonok is készíthetőek ezzel a technikával.

**Kulcsszavak:** 3D nyomtatás, virtuális 3D tervezés, ortopéd sebészet

## EGYEDI KÉZRÖGZÍTŐ FEJLESZTÉSE ÉS GYÁRTÁSA 3D NYOMTATÁSSAL

Gerendás Péter<sup>1,2</sup>, Károly Dóra<sup>1</sup>, Pammer Dávid<sup>1</sup>, Kiss Rita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

[dav.pammer@gmail.com](mailto:dav.pammer@gmail.com)

Az additív gyártástechnológiák napjainkban egyre több területen jelennek meg, melyek közül az egyik legfontosabb az egészségügy. Segítségével egyedi tervezésű, személyre szabott kezelést nyújthatunk a betegeknek, ami a modern orvostudomány egyik alapja. A napjainkban alkalmazott törésrögzítés több szempontból is elavult, de a rendszer mérete, valamint az eljárás alacsony ára miatt nehezen fejleszthető. A hagyományos módszer sokszor kényelmetlen, nehézkes és kellemtelen. Ezt a törésrögzítési folyamatot egyedivé és könnyebbé teszi az additív gyártástechnológia és az eredményeképpen elkészült gyógyászati segédeszköz. A kutatás célja egy olyan eljárás kidolgozása, amely a mai egészségügyi rendszerben alkalmazott törésrögzítésre alternatívát nyújt. A hagyományos és a műanyag gipszkötés is számos hátránnyal rendelkezik, melyek az egyedi tervezésű és gyártású rögzítővel kiküszöbölhetővé válhatnak. A cél egy olyan eljárás és a folyamat során létrehozott termék bemutatása, amely a beteg státuszának felvételétől a kész ortézis kézhezvételéig tart.

A rögzítő elkészítésének főbb folyamatpontjai: a beteg státuszának felvétele, kéz digitális letapogatása, 3D-s modell elkészítése, optimalizálása, a rögzítő nyomtatása, tesztelése, majd végül a beteg tájékoztatása a használattal kapcsolatban.

A beteg státuszának felvétele a rögzítő tervezésének alapja. Műtét esetén az orvosi vizsgálat során akár elvégezhető a szkennelés, így a műtét után a rögzítő azonnal kézhez vehető. Törés esetében a traumatológiai konzervatív töréskezelés során elkészített gipszkötés az első pár hét utáni kontroll alkalmával 3D nyomtatott ortézisre cserélhető, amelyhez 3D szkennelési eljárás szükséges, a nyugalmi pozícióban lévő végtagról.

A szkennelt modelltől készül el az ortézis digitális modellje, amely modell CAD rendszerekben történő szerkesztéssel nyeri el a végső, az egyén számára tökéletes rögzítő alakot. A modell szerkesztésénél figyelembe kell venni és pontosan megtervezni azokat a geometriai kialakításokat, valamint rögzítőket, amelyeknek köszönhetően a végtagrögzítő könnyen le és felvehető. Az esztétika és a súlycsökkentés érdekében szükségeszerű a rögzítő generatív optimalizálása, amelynek alapjául általában a Voronoi cellák szolgálnak, de teljesen egyénre szabott felületkialakítások is lehetségesek. A rögzítő könnyen színezhető festéssel, vagy alapanyagában már az adott színnel kerül 3D nyomtatásra.

A rögzítő 3D nyomtatása ABS polimer alapanyagból történik. A támaszanyag eltávolításon kívül jelentős utómegmunkálási folyamatot nem igényel a kinyomtatott rögzítő.

Az elkészült ortézisről tesztek és szimulációk alapján megállapítható, hogy az adott kritériumoknak megfelel, és a hagyományos törésrögzítés kiváltására létezik alternatíva. A gipszkötés számos hátránya a korszerű CAD modellezés és additív gyártástechnológiák felhasználásával kiegészíthető, vagy javítható és idővel lecserélhető.

## ÚJABB EREDMÉNYEINK ÉS TERVEINK A 3D NYOMTATÁS SEBÉSZI CÉLÚ ALKALMAZÁSÁVAL KAPCSOLATBAN

Manó Sándor, Csernátony Zoltán

Debreceni Egyetem Általános Orvostudományi Kar Ortopédiai Tanszék

[manos@med.unideb.hu](mailto:manos@med.unideb.hu)

---

A Debreceni Egyetem Biomechanikai Laboratóriumában 2005 óta alkalmazzuk a 3D nyomtatás sebészi célokra: elsősorban egyedi csontpótlások készítésére, szemléltetésre, valamint műtéti tervezésre.

A módszer alkalmazását egy Zprinter 310 típusú nyomtatóval kezdtük, amelyet 2012-ben felváltott egy korszerű, Connex/Objet rendszerű berendezés, amellyel több anyag keverése is megvalósítható nyomtatás közben.

Az utóbbi időben laboratóriumunk a Debreceni Egyetem szolgáltató laboratóriumaként elsősorban cranioplastica esetekhez készít egyedi szilikon öntőformákat, de emellett részt veszünk több olyan projektben is, ahol a szemléltetés és a műtéti tervezés elősegítése a célunk. Ezek közül kiemelendő a scoliosis klasszifikációk kézzel fogható modellekkel való megjelenítése, valamint az egyedi vápápótlásokhoz készült modelljeink.

A nemrég elnyert pályázati támogatásoknak köszönhetően középtávú célunknak tűzhattük ki, hogy a laboratórium a régió 3D nyomtatási központjaként négy különböző rendszer szerint működő 3D nyomtatóval felszerelve nyújtson szolgáltatásokat immár nem csak egészségügyi területen. A laboratórium életének kétségtelenül a legnagyobb előrelépése egy titán alapanyaggal dolgozó EOS rendszerű 3D nyomtató üzembe helyezése lesz, amelyet ez év végére tervezünk. A fémnyomtatóhoz kapcsolódó projekt megvalósítása során fő célunk egy minden eddiginél kedvezőbb, az egyedi titán implantátumok gyártása során alkalmazandó trabekuláris szerkezet kidolgozása. Kijelenthetjük, hogy C típusú medence sérülések esetén az elülső gyűrű rögzítésének jelentős szerepe van a műtéti ellátás stabilitásának fokozásában, a hátsó szintézis tehermentesítésében, elősegítve így betegeinknél a korai mobilizáció lehetőségét.

---

## ORÁLIS IMPLANTÁTUMOK PRIMER STABILITÁSA

Kovács Kristóf, Pammer Dávid

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

[dav.pammer@gmail.com](mailto:dav.pammer@gmail.com)

---

A fogászati implantátumok stabilitás vizsgálata egyre nagyobb jelentőséggel bír mind a klinikumban, mind pedig az implantátum fejlesztők körében. Az implantátumok primer stabilitásának meghatározására számos módszer van, amelyeknek nagy többsége csak laboratóriumi körülmények között alkalmazható. Elenyésző azoknak a módszereknek a száma, amelyet folyamatosan, monitorozva a páciens, alkalmazni lehet anélkül, hogy az összeintegrációt roncsozna. A kutatásunk során az implantátumok primer stabilitásának meghatározása végeeselemes analízissel történt. A numerikus szimuláció során, a statikus terhelés által létrehozott pontos elmozdulás mező feldolgozásával elemeztük a mikro-elmozdulásokat különböző típusú csontmodellekben. A biomechanikai jellemző (mikro-mobilitás) ISQ mérőszámra való konvertálásához egy

---

kalibrációs görbét vettünk fel, kísérlet útján, labor környezetben. A kalibrációs görbéhez 10 ismert típusú szabványos csontblokkba beültetett implantátumok mikro-elmozdulását szakítógép segítségével mértük, és ezzel párhuzamosan Osstell stabilitás mérő készülékkel az ISQ értéket is párosítottunk az eredményekhez.

A kalibrációs görbe lehetővé tette a számítógépes szimuláció által kapott biomechanikai jellemzők átalakítását.

A szimulációs eredményeket laboratóriumi kísérletekkel is igazoltuk, amelyek során szabványos csontmodellező anyagba, fúrási protokoll szerint beültetett valós implantátumokon mértünk és elemeztünk mikro-elmozdulást és ISQ stabilitást.

A kutatás eredményeként megállapítottok, hogy a mikro-elmozdulás és az ISQ közötti korreláció a különböző sűrűségű csontállomány függvényében egy kalibrációs görbével leírható, amely szükséges a numerikus szimulációs eredmények ISQ szerinti értelmezéséhez.

## A KARLENDÍTÉS IZOMFESZÜLÉST ÉS FÜGGŐLEGES EMELKEDÉST NÖVELŐ HATÁSA FÜGGŐLEGES FELUGRÁSOK SORÁN

Groszmann Ádám, Sebestyén Örs, Tihanyi József

Testnevelési Egyetem

[tihanyi@tf.hu](mailto:tihanyi@tf.hu)

### BEVEZETÉS

Természetes helyváltoztató mozgásaink során (járás, futás) a felső végtag mozdítása több szempontból is pozitív hatással van a gazdaságos munkavégzésre. A függőleges felugrásoknál a karokat erőteljesen előre-felfelé lendítik az ugrók a felugrási magasság növelése végett. A korábbi vizsgálatok (Feltner et al. 1999) azt mutatták ki, hogy a karlendítés 10-14-21%-al növeli meg a felugrás magasságát, de nem vizsgálták meg mely biomechanikai okok eredményezik ezt a növekedést. Feltételezhető, hogy a karlendítés növeli a talajreakció erő nagyságát, amely révén az alsó végtagi izmok feszülése megnövekszik, mely nagyobb sebességű felugrást tesz lehetővé. Vizsgálatunk célja éppen ezért az volt, hogy a megvizsgáljuk a karlendítés gyorsuló és lassuló szakaszának hatását a függőleges felugrás eredményére.

### MÓDSZEREK

A vizsgálatban kilenc, férfi röplabda játékos (életkor:  $25,3 \pm 1,7$  év; Tm:  $186,9 \pm 5,9$ ; Ts:  $83,6 \pm 11,5$  kg) vett részt. Bemelegítés után a személyek karlendítést hajtottak végre álló és félguggolás helyzetben majd 3-3 felugrást végeztek félguggolás helyzetéből indulva (SJ) illetve ízületi hajlítással és nyújtással (CMJ) erőplatformon (Kistler). A mintavételi frekvencia 1kHz volt. A felugrásokat karlendítéssel (SJL és CMJL) és anélkül (SJ és CMJ) is elvégeztettük. A vastus lateralis és mediális izmokra elektrodákat helyeztünk fel, amellyel az izom aktivitásának változását vizsgáltuk Noraxon telemetriás EMG készülékkel (1 kHz mintavétel). A függőleges erő-idő görbékről meghatároztuk a függőleges emelkedés nagyságát (h) a pozitív és negatív munka alatti maximális erőt ( $F_{max}$ ), és kiszámítottuk az előfeszülés növekedési indexet (ENI), amely megmutatja mekkora hatása van az ízületi hajlításnak és a karlendítésnek a felugrás eredményére. A testsúlyra normalizált  $F_{max}$ -ot korreláltattuk a függőleges súlypontemelkedéssel. Átlagot és szórást számítottunk. Az átlagok összehasonlítását Student kétmintás t-próbával számoltuk. Szignifikánsnak tekintettük a különbséget  $p < 0,05$ .

## EREDMÉNYEK

A karlendítés gyorsuló szakaszában a függőleges talajreakció erő a testsúly  $1,99 \pm 0,22$ -szeresére növekedett, a lassuló szakaszban a testsúly  $0,2 \pm 0,07$ -szeresére csökkent. A térdfeszítő izmok EMG aktivitása jelentős mértékben megnövekedett a lendítés hatására. Az  $F_{max}$  13,3-szorosára nőtt SJ ugrásnál, amikor karlendítéssel hajtották végre az ugrást. A CML ugrásnál a növekedés mértéke 6,5-szörös volt csupán. Szignifikáns kapcsolat volt a normalizált  $F_{max}$  és a felugrási magasság között az SJL és CMJL ugrások esetében. A  $h$  a legkisebb SJ-nél volt ( $0,34 \pm 0,04$ m), amelyet a CMJ 5 cm-rel növelt meg ( $0,39 \pm 0,05$ m). SJL-nél a  $h$  0,1 m-rel nagyobb volt, mint SJ-nél. A CMJ-nél a lendítés 0,08 m-rel növelte a felugrás magasságát, ( $p < 0,001$ ). Az ENI SJ-SJL-nél  $27,1 \pm 16,3\%$ , CMJ-CMJL-nél  $20,5 \pm 4,7\%$  volt.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A karlendítés gyorsuló szakaszában a megnövekedett erő a talajra megnöveli a forgatónyomatékokat a csípő, térd és bokaízületnél, amelynek következtében a feszítő izmok feszülése megnövekszik, amelyet az izmok nagyobb elektromos aktivitása mutat. SJL ugrásoknál az izmok izometriás körülmények között kontrahálódnak a lendítés gyorsuló szakasza alatt és ezért feltételezhető, hogy az izmok megnövekedett aktivitációs szintje nagyobb mértékben növeli meg az elasztikus energia nagyságát, mint CMJL ugrásnál, ahol az ízületek a lendítés gyorsuló szakaszában behajolnak. Feltételezhetően ez az oka annak, hogy az ENI jelentősebb az SJL, mint CMJ-nél.



## **K&T Hardmetal Szerszám-, Készülék- és Alkatrészgyártó Kft.** Egyedi orvostechnikai készülékek és berendezések gyártását is vállaljuk!

Elérhetőség: K&T Hardmetal Szerszám-, Készülék- és Alkatrészgyártó Kft.

4031 Debrecen Határ út 17118/40 hrsz. (Határ úti Ipari park)

[www.kthardmetal.hu](http://www.kthardmetal.hu)

Tel: 00-36-52-525-728,

Fax: 00-36-52-525-729

Kapcsolattartó: Tóth Tibor 00-36-70-426-0860

E-mail: [toth.tibor@kthardmetal.hu](mailto:toth.tibor@kthardmetal.hu)



"A projekt a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg"

## 3D MODELLEZÉS ÉS NYOMTATÁS A GERINCSEBÉSZETBEN - AOSpine GLOBÁLIS FELMÉRÉS

Éltes Péter Endre<sup>1,2</sup>, Kiss László<sup>1,2</sup>, Eösze Zsolt<sup>1</sup>, Bartos Márton<sup>3</sup>, Varga Péter Pál<sup>1</sup>, Lazáry Áron<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Országos Gerincgyógyászati Központ

<sup>2</sup> Semmelweis Egyetem Doktori Iskola

<sup>3</sup> Do3D Innovations Kft.

[eltespeter@yahoo.com](mailto:eltespeter@yahoo.com)

### BEVEZETÉS

A végeselem analízisre (FEA) épülő 3D szimulációs megoldások, valamint a modern mérnöki digitális tervezés a medicinára egyre nagyobb hatást gyakorol. Mivel a 3D nyomtatás lehetővé teszi komplex geometriák gyors, széles körben elérhető gyártását, akár kis darabszám esetén is, a szimulációs technológia és a háromdimenziós nyomtatás (3DP) kulcsszerepet kapott az egyénnel szabott gerincsebészeti beavatkozások megvalósításában.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Jelenleg a nemzetközi szakirodalomban nem áll rendelkezésre globális perspektívát kínáló adat, a gerincsebészet területén felmerülő igényről, elfogadottságról, valamint a korlátozó tényezőkről a 3DP, a FEA kapcsán. A klinikai és oktatási gyakorlatban a CT, MR vizsgálatokra épülő 3D virtuális és fizikai modellek (továbbiakban összefoglalóan: 3D technológiák) elterjedtsége is ismeretlen. Ahhoz, hogy ezen igényeket felmérjük és a 3D technológiák optimális irányú fejlődését elősegítő és limitáló tényezőket felderítsük, egy nemzetközi, online felmérést végeztünk az AOSpine közreműködésével. Piackutatási módszerekre támaszkodva kifejlesztettünk egy 21 kérdésből álló kérdőívet, amelyet 5 fejezetre, illetve 5 oldalra tagoltunk. A vizsgálat kiértékelése során 57 országból, 282 gerincsebész által kitöltött kérdőívet használtunk fel. Eredményeinket az emberi fejlettségi index (HDI) figyelembe vételével helyeztük globális kontextusba.

### EREDMÉNYEK

A 3D technológiák széleskörű, jelentős elfogadottságát bizonyítják a gerincsebészek körében. Az elfogadottság az AOSpine régiók között szignifikánsan eltér (\* =  $p \leq 0,05$ , \*\* =  $p \leq 0,01$ ), a legnagyobb elfogadottságot Ázsia/Csendes-óceáni régió mutatta. A gerincsebészetben belüli szakterület szerint, illetve a gerincsebészként eltöltött évek szerint történő csoportosítás esetén nem találtunk szignifikáns különbséget ( $p = 0,77$ , illetve  $p = 0,19$ ). Finanszírozást figyelembe véve pedig, eredményeink azt mutatják, hogy a 3D technológiák elfogadottsága szignifikánsan magasabb a kizárólag közfinanszírozott ellátásban dolgozó gerincsebészek esetén, a privát vagy mindkét (közfinanszírozott és privát) ellátáshoz viszonyítva (\* =  $p \leq 0,05$ ). Továbbá a 3D technológiák elfogadottsága a válaszadók származási országaik HDI értéke alapján eltérő volt: szignifikáns különbséget találtunk „Közepes” vs „Nagyon magas” HDI csoportba tartozó válaszadók közt ( $p = 0,0005$ ); illetve szignifikáns, pozitív korrelációt igazoltunk a technológia elfogadottsága és a HDI érték közt (Spearman teszt, korrelációs együttható  $\rho = 0,37$ ,  $p$  érték = 0,007). Ezen eredmények alátámasztják az oktatás, a gazdasági környezet, valamint a klinikai környezet/az egészségügy általános helyzetének szerepét.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálatunk alapjául szolgálhat a 3D technológiák fejlesztésével és terjedésével kapcsolatos fő feladatok meghatározására. A legfontosabb tényező az ismeretterjesztés, melynek mind a tudományos projektek és sikeres alkalmazások eredményeinek szakmai közegben történő terjesztésére, mind a technológiák költséghatékonyságára ki kell terjednie. A széleskörű tudományos ismeretterjesztést elsősorban olyan jól érthető, közvetlen sebészeti vonatkozású, világos célú és metodikájú projektek disszeminációja tudja szolgálni, amelyek megvalósításához a mérnöki és a sebészi tudás ötvözése és mérnökök és a sebészek hatékony együttműködése szükséges.

**Kulcsszavak:** 3D nyomtatás, gerincsebészet, végeelem analízis, AOSpine

---

## A NYIROKREDUKCIÓS KEZELÉS EREDMÉNYESSÉGÉNEK ÚJ, FUNKCIONÁLIS SZEMLELETŰ MÉRÉSI LEHETŐSÉGE: A JÁRÁS ANALÍZIS

Hampel Katalin<sup>1</sup>, Pálya Zsófia<sup>2</sup>, Kiss Rita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

[palyazsofia@gmail.com](mailto:palyazsofia@gmail.com)

---

### BEVEZETÉS

A nyirokrekdukciós kezelés eredményességének numerikus mérésével a kezelés hatékonyságát ellenőrizhetjük, és a beteget az intenzív kezelések közötti periódusban is követhetjük. Számos mérési módszer terjedt el, amely elsősorban a végtagok morfológiájának mérésére helyezi a hangsúlyt. Ezek hátrányai, hogy időigényesek, nagy a személyzet igényük és kevésbé pontosak. A kutatás célja, egy új, funkcionális szemléletű, ezen a területen kevésbé ismert módszert, a járásvizsgálat használatának bemutatása és az első pilot-jellegű kutatás eredményeinek ismertetése.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálat pilot study jellegű volt, ezért a betegek pontos beválasztási és kizárási kritériumai nem rögzítettek. A vizsgálatba 21 alsó végtagi nyirokódémás beteget (átlag életkor: 59,95 év, átlagos testtömeg: kezelés előtt: 98,76 kg, kezelés után: 97,41 kg) vontunk be, akik egy vagy mindkét oldali érintettséggel, a betegség II., III., IV. stádiumban voltak. A mérések 2014-ben az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézetben található műszerezett futópádon történtek a Zebris-alapú egyszerűsített járásvizsgálattal. A vizsgált személyek a kezeléseik előtt és után (kb 10-14 nap különbséggel) szabadon választott sebességgel sétáltak a futópádon. A futópádon a talpnyomáseloszlást 100 Hz frekvenciával rögzítette. A mérési eredményekből a rendszer saját feldolgozó programja több biomechanikai paramétert (lépéshossz, lépésciklus hossz, lépés szélesség, lábfel rotáció, a nyomásközéppont által megtett út, a láb nyomáseloszlását jellemző paraméterek). A számított paraméterek kiértékeléséhez a következő összehasonlítási párokat alakítottuk ki: kezelés előtt-után, érintett-nem érintett oldal, II-III. és IV stádium, egyoldali-kétoldali érintettség. A csoportok eredményeinek összehasonlítása t-próbával történt.



## EREDMÉNYEK

A számított paraméterek statisztikai elemzése azt mutatja, hogy járásparamétereket a nyiroködéma súlyossága szignifikánsan befolyásolta. A különböző stádiumú betegekre nem egyformán hatott a nyirokrekduciós terápia, azaz más paraméterekben volt megfigyelhető a javulás. Az eredményekből az is látható, hogy az egyoldali érintettségű betegek esetén a két oldal közötti szignifikáns különbség a kezelés után is megmarad, sőt a kezelés hatására az egészséges oldal járásképe szignifikánsan megváltozik. Az eredmények igazolták azt a feltételezésünket, hogy az egyoldali és kétoldali érintettségű betegek járásparaméterei között a különbség szignifikáns.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az eredmények alapján összefoglalóan elmondható, hogy a nyiroködéma megváltoztatja a járás paramétereit, és a redukciós kezelés hatékonysága egyszerűsített járásvizsgálattal jól követhető. A mérési és számított jellemzők azt is mutatják, hogy a nyirokrekduciós kezelés gyógytorna részre nem elegendő az érintett oldal járásának szignifikáns megváltoztatására.

Javasoljuk, hogy a mérést a kezelés megkezdése és befejezése után történje, így fontos a beválasztási kritériumok között a kezelés befejezésének feltételeinek definiálása. Az esetszámokat úgy kell megválasztani, hogy mindegyik csoport alkalmas legyen a statisztikai elemzésre. A járásanalízist célszerű több sebességen végezni. A szabadon választott sebességet a vizsgálat megkezdése előtt 10 m hosszú futó folyosón meg kell állapítani, és a vizsgálatot ezen és ennél gyorsabb és lassabb sebességnél is el kell végezni. A pilot study vizsgálat eredményeinek alapján az egyes a befolyásoló tényezők hatása feltárható volt, a következő vizsgálatok ezek figyelembevételével pontosítható.

**Kulcsszavak:** járásanalízis, mozgáskövetés, nyiroködéma, nyirokrekduciós kezelés, pilot study

---

## AZ EMELKEDŐ TELJESÍTMÉNYŰ FUTÁS HATÁSA A MOZGÁSPARAMÉTEREKRE

Pálya Zsófia, Kiss Rita

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

[palyazsofia@gmail.com](mailto:palyazsofia@gmail.com)

### BEVEZETÉS

Az emberi élet alaptevékenysége a helyváltoztatás, ami legtöbbször a járás/gyaloglást jelenti, de ilyen mozgásforma a mászás, úszás és a futás is. A futás napjainkban egyre kedveltebb sport-, hobbi- és szabadidős tevékenység, amelynek számos pozitív élettani hatása ismert. A rendszeres futással többek között megelőzhető a daganatos, a szív- és érrendszeri betegségek, a mozgásszer- vi panaszok, a kóros ízületi elváltozások, valamint az asztma kialakulásának kockázata is csökkenthető. Kutatásunk célja, olyan mozgáselemzés kidolgozása, amellyel a növekedő teljesítményű futás mozgásparám- eterei meghatározhatók. A mozgáselemzés használhatóságát női futóalanyon vizsgáljuk, két különböző futóruhában.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatba hét női, szabadidő sportolót válogattunk be, A méréseket kétszer végeztük el, először mindenki a saját futóruháját viselte, másodsor mindenki olyan ruházatot kapott, amit a



versenyző atléták viselnek. A két mérés során a terem hőmérséklete és a páratartalom azonos volt, és a pulzust folyamatosan rögzítettük. A mozgást OptiTrack 18 kamerát használó mozgáselemező rendszerrel, és a hozzá tartozó Motive Body mérést vezérlő programmal rögzítettük. A futószalagon, a különböző sebességű mozgás paramétereinek számításához a teljes testmodellt (alsó- és felső végtag elemzése) kell alkalmazni. Az anatómiai pontok térbeli helyzetéből a test, felső – és alsó végtag távolság-, idő- és szögjellegű paramétereit számíthatók.

### EREDMÉNYEK

A teljesítmény növekvés vizsgálatához az ajánlott sebességintervallumok: 4 km/h, 7 km/h, 8 km/h, 10 km/h. Minden sebesség intervallumon – pihenés nélkül – 3 percet kell futni. Az eredmények azt is bizonyították, hogy a versenyruha nem befolyásolta szignifikánsan a mozgásparamétereket, míg a sebesség növekedésével a mozgásparaméterei szignifikánsan változtak.

### KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálatok egyértelműen bizonyították, hogy az OptiTrack mozgásvizsgáló rendszer és a hozzátartozó részben saját fejlesztésű mozgást vezérlő és feldolgozó programok alkalmasak a növekvő teljesítményű (sebességű) mozgás rögzítésére is.

**Kulcsszavak:** mozgáskövetés, járásanalízis, futás, futóruha, teljesítménymérés

---

## SZUBMAXIMÁLIS IZOMETRIKUS KONTRAKCIÓ ALATT BEKÖVETKEZŐ FÁRADÁS HATÁSA A MOTOROS EGYSÉGEK AKTIVÁCIÓJÁRA A KÖNYÖKHAJLÍTÓ IZMOKBAN

Tuza Kornélia, Hegedüs Ádám, Katona Péter, Kopper Bence, Tihanyi József  
Testnevelési Egyetem, Biomechanika Tanszék  
[nelli0614@gmail.com](mailto:nelli0614@gmail.com)

---

### BEVEZETÉS

A vizsgálat célja annak a meghatározása volt, hogy szubmaximális izometriás terhelés alatt a végső kimerülésig folytatott terhelés során hogyan viselkednek a motoros egységek.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A motoros egység izomkontrakció közbeni aktivitását EMG-vel vizsgáltuk, majd a rögzített adatok kiértékelésre kerültek. A testnevelési Egyetemre járó, 11 egészséges hallgató vett részt a vizsgálatban. A résztvevők jobb könyökhajlító izomcsoportjának elektromos aktivitását felszíni elektródákkal mértük. A maximális erőt és elektromos aktivitást statikus helyzetben, 90 fokos könyökhajlításban határoztuk meg. A egyének maximális erejének 65%-ának kiszámolása után ezen ellenállással szemben kellett 90 fokos könyökhajlításban erőt kifejteni teljes kimerülésig. A Noraxon MyoResearch Master Edition software alkalmazásával 20Hz-es lépcsőkben határoztuk meg az adatok frekvenciaspektrum intenzitás eloszlását 0-260 Hz között, emellett rögzítettük a frekvenciák átlagát és mediánját. 3 periódust figyeltünk meg a fáradási protokollal: az első 5 másodpercet (W1), a középső 5 másodpercet (W2) és az utolsó 5 másodpercet (W3). A különbség meghatározására a független minták T-próbáját használtuk.

## EREDMÉNYEK

Az eredmények azt mutatják, hogy az idő előrehaladtával a fáradás mértékének növekedésével (a W1-től a W3 irányába) az alacsony frekvenciájú motoros egységek aktivitása szignifikánsan nő (0-20 Hz, 20-40Hz) míg a magas frekvenciájú motoros egységek aktivitása, meglepő módon (60-80 Hz, 80-100Hz) szignifikánsan csökken.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az eredményünk azt mutatja, hogy a fáradás szubmaximális terhelésnél izometriás kontrakciónál az alacsony frekvenciájú motoros egységek aktivációs szintjét megnöveli, míg az aktiváció elején a csak részben bekapcsolt magasabb frekvenciájú motoros egységek aktivitása csökken. Emellett megállapítható, hogy amint a fáradtság növekszik az alacsonyabb aktivációs frekvenciájú motoros egységeknél izometriás kontrakció közben, a magasabb aktivációs frekvenciájú motoros egységek nem veszik át a szerepüket, vagy segítik azokat. Ez egy hosszan végzett aerob aktivitás során, például egy hosszabb futó vagy úszó versenyszám végén – nevezzük befutónak vagy hajrának – jelentős szerepet játszhat a végső eredményben. További vizsgálatok szükségesek annak kiderítésére, hogy a magas frekvenciájú motoros egységek aktivitása emelkedik-e a befutó során dinamikus kontrakciók esetén, mint ahogyan azt elvárnánk.

**Kulcsszavak:** szubmaximális, izometriás kontrakció, fáradás, EMG, frekvencia eloszlás

---

## AZ ALSZÁR IZOM-ÍN MECHANIKAI JELLEMZŐINEK VIZSGÁLATA TÁVFUTÓKON

Kovács Bálint, Tihanyi József

Testnevelési Egyetem Biomechanika Tanszék

[kovacs\\_balintka@freemail.hu](mailto:kovacs_balintka@freemail.hu)

---

### BEVEZETÉS

Az ínban tárolt energia mennyisége függ az ín mechanikai jellemzőitől és az erőktől, amelyek nyújtják a szalagot. Az elasztikus energia a támasz fázis első felében raktározódik el, és a támasz fázis második felében használódik fel (Kerr és Bennett 1987). Általánosan elfogadott tény, hogy az izom elasztikus elemei, elsősorban az inak elasztikus energia tárolás-visszanyerés mechanizmusa jelentősen csökkenti a futás energia igényét (Canvanga 1977). Ezért kulcsfontosságú paraméterek lehetnek az Achilles ín morfológiai jellemzői (ín keresztmetszet, hosszúság és erőkar), melyek fontos szerepet játszhatnak az erő kifejtésben és a mozgás gazdaságosságban a lokomotorikus mozgások közben. Az erőkar hossza és a futásgazdaságosság között erős összefüggés feltételezhető (Scholz 2007). Az erőkar hossza és az alszár izom-ín komplex mechanikai jellemzői közt összefüggés lehet (Arampatzis 2006, Barnes 2013). Ezért érdemes megvizsgálni magasan edzett futók izom-ín komplexének mechanikai jellemzőit, az Achilles ín erőkarjának hosszát és ezek hatását a futóteljesítményre, valamint az alsóvégtagi izmok robbanékonyerő kifejtésére.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Tanulmányunk célja az izom-ín mechanikai jellemzőinek vizsgálata és összefüggése a futóteljesítménnyel távfutókon. Vizsgálatunkba 5 válogatott hosszútávfutót vontunk be. A mechanikai jel-

lemzők meghatározására ismételt pároslábú szökdelésből álló tesztet (Sano 2012) alkalmaztunk melyet egy erőplaton (Kistler) végeztek a vizsgálati alanyok. A felugrási magasság és az izom-ín komplex stiffness értékeket a Sano (2012) által használt módszerrel számoltuk. A gastrocnemius laterális, mediális a soleus és a tibialis anterior izmok elektromos aktivitását Noraxon telemetriás készülékkel vizsgáltuk bipoláris elektródákat elhelyezve az izmok felületén. A gastrocnemius laterális izomra ultrahang készülék (Hitachi) vizsgálófejét rögzítettük az izomkötegek hosszváltozásának mérésére. Minden ugrásról filmfelvételt készítettünk oldalsó felvételen, amelyekről a csípő, a térd és boka ízület szögváltozását határoztuk meg. Az Achilles ín erőkarjának meghatározásához a Sholz (2008) által alkalmazott (fényképes) eljárást alkalmaztuk. A futók legjobb időeredményét a Nemzetközi Atlétikai Szövetség által használatos Spiriev pontértékre váltottuk át (Kuniamssa 2015). Az átlagokat kétmintás Student t-tesztel hasonlítottuk össze. A változók közötti kapcsolatot Pearson korrelációval vizsgáltuk.

## EREDMÉNYEK

Negatív korreláció van a számított stiffness érték és felugrási magasság között ( $r=-0,92$ ). Az excentrikus szakasz alatti boka és térdízületi szögelfordulás és a stiffness között negatív korrelációt találtunk ( $r=-0,77$ ;  $r=-0,77$ ), valamint a kontaktidővel is szoros összefüggést mutat ( $r=0,76$ ;  $r=0,87$ ). Az excentrikus és koncentrikus szakasz alatti térdízületi szögelfordulás és a felugrási magasság között szignifikáns kapcsolat van ( $r=0,74$ ;  $r=0,91$ ). A vizsgálati eredmények közel azonosak a szakirodalomban talált kenyai futókkal végzett vizsgálati adatokkal (Sano 2012). A kenyai és hazai futóknál két mért paraméternél találtunk jelentős különbséget a talajon tartózkodási időben ( $p<0,02$ ) és a felugrási teljesítmény ( $p<0,01$ ) esetében. Sano (2012) által vizsgálat kenyai futók eredményeit kaukázusi nem futó kontroll csoporttal hasonlította össze. Hasonlóan az eredményeikhez a hazai futókból álló minta is több esetben jelentős eltérést mutat a nem futó csoporttal szemben.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az általunk vizsgált távfutók a felugrási magasság növelésében kevésbé tudják kihasználni az izmok stiffnessét. Nevezetesen az ízületek nagyobb behajlítása révén képesek csak nagyobb felugrási sebességet elérni. Feltehetően ez annak tulajdonítható, hogy hosszútávfutás során az ízületek behajlása nagyobb, mint a nagy sebességű futásnál és ilyen módon tudnak gazdaságosabban futni. A futók Achilles inának erőkarja minél kisebb, annál nagyobb felugrási magasság elérését teszi lehetővé. Ez eredményünk jó megegyezésben van az eddigi, dinamikus erőképfítésre vonatkozó eredményekkel. Az alkalmazott maratási idő 10, 600, 1800, 3600, 5400, 7200 másodperc, a maratás hőmérséklete 20, 40 és 60 °C volt a sósav, foszforsav, oxálsav és hidrogénperoxid keverékek esetében. A hidrogénfluoridot is tartalmazó savval csak 20 °C-on; 30, 60, 180, 300, 600, 1200 másodpercig marattuk a mintadarabokat. A maratás hatékonyságának megítéléséhez a titándioxid réteg szerkezeti változásait vizsgáltuk (sztereo- és pásztázó elektronmikroszkóppal), valamint a korongok tömegének csökkenését mértük. A megfelelő maratási beállítás meghatározása utólagosan történt az anódos oxidációval kialakított  $\text{TiO}_2$  nanocsövek kialakulásának függvényében.

## MOTION CAPTURE ALAPÚ MOZGÁSVIZSGÁLÓ RENDSZER ANATÓMIAI PONT KALIBRÁCIÓ PONTOSSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

Rácz Kristóf<sup>1</sup>, Pálya Zsófia<sup>1</sup>, Takács Mária<sup>2</sup>, Kiss Rita<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

<sup>2</sup> Szolnoki MÁV Kórház és Rendelőintézet, Ortopédiai Osztály

[racz.kristof26@gmail.com](mailto:racz.kristof26@gmail.com)

### BEVEZETÉS

A technológia fejlődésével egyre pontosabb mozgásvizsgáló rendszerek kialakítására van lehetőség. Ezen rendszerek mérési hibái több különböző forrásból származnak, amelyek közül az anatómiai pontok kalibrálásának pontossága nem a legjelentősebb, mégsem elhanyagolható. A kutatás célja annak feltérképezése, hogy OptiTrack optikai-alapú mozgásvizsgáló rendszer pontossága - azon belül is a kalibrációs eljárásé - nem korlátozza-e a mérések lehetséges pontosságát.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A kiépített rendszer alapja egy optikai alapú OptiTrack (NaturalPoint Inc., USA) motion capture rendszer. A vizsgálatok során az anatómiai pontok helye egy kalibrált, testszegmenshez rögzített helyvektor segítségével határozható meg. A szegmensek térbeli pozíciójának és orientációjának követése egy-egy merev markerhármassal segítségével történik, amelyek elasztikus pántokkal kerülnek rögzítésre. Az anatómiai pontok helye a megfelelő szegmens lokális koordináta rendszerében egy kalibrációs eljárás segítségével határozható meg.

A méréseken 8 személy vett részt (kor:  $40,75 \pm 28,77$  év; magasság:  $168,13 \pm 14,83$  cm; testtömeg:  $69,42 \pm 18,14$  Kg), rajtuk 2 vizsgáló személy végzett kalibrációkat. Az egyik vizsgáló egy képzett ortopéd szakorvos volt, míg a másik egy egyetemi hallgató, aki nem egészségügyi tanulmányokat folytat. Fontos megjegyezni, hogy a hallgató közel egy éve foglalkozik mozgásvizsgálatok lebonyolításával, így az adott rendszerrel és méréssel kapcsolatban többlettapasztalattal rendelkezik az orvossal szemben. A vizsgált személyek írásos beleegyezésüket adták, miután az összes szükséges információ ismertetésre került. A kutatást a Tudományos és Kutatásetikai Bizottság engedélyezte (21/2015).

Minden alanyon 10 teljes kalibrációt készített mindkét vizsgáló, minden kalibráció 24, az alsó végtagokon és a medencén elhelyezkedő anatómiai pontot tartalmaz. Egy anatómiai pont kalibrációja 3 koordinátát tartalmaz. Az eredmények értékeléséhez az adott alany-vizsgáló-anatómiai pont kombinációkra kiszámításra kerültek az anatómiai pontok átlagos kalibrált helyzete, és a valós kalibrációk ettől való eltérése. Ezen eltérések átlaga az adott kombináció kalibrációs pontossága.

### EREDMÉNYEK

Minden olyan esetben, ahol nincs egyértelmű (emberi eredetű) hiba, a kalibráció pontossága 10 mm alatti. A kalibráció pontossága egyes anatómiai pontoknál 2,5 mm-es értéket is elérte, tehát a mérőrendszer legalább ekkor pontosságot lehetővé tesz. A várttól eltérően a hallgató kalibrációs pontossága jobb volt, mint az orvosé.

## KÖVETKEZTÉSEK

Az anatómiai pontok természetes kiterjedését (5-10 mm átmérő), és a motion capture rendszer által használt jelölők méretét (11 mm átmérő) alapján megállapítható, hogy a rendszer kalibrációja megfelelően pontos, mivel pontosabb a közvetlen markeres követésnél. Az alanyok testalkata a vártnál kevésbé befolyásolta a kalibrálás pontosságát. A két vizsgáló személy pontossága közötti különbségekből arra következtethetünk, hogy az adott rendszerrel való tapasztalat kedvezőbb, mint az orvostudományi képzettség.

**Kulcsszavak:** motion capture, mozgásvizsgálat, anatómiai pont kalibráció, pontosság

---

## AZ IZOM EXCENTRIKUS ÉS IZOMETRIÁS ERŐKIFEJTÉS ARÁNYÁNAK VALÓS MEGHATÁROZÁSA AKARATLAGOS IZOMKONTRAKCIÓK SORÁN

Tihanyi József, Sebestyén Örs, Kovács Bálint

Testnevelési Egyetem Biomechanika Tanszék

[tihanyi@tf.hu](mailto:tihanyi@tf.hu)

---

## BEVEZETÉS

Az izom háromkomponenses modellje szerint a maximálisan ingerelt izolált izom, izomrost nyújtás hatására megnöveli feszülését, amely a párhuzamosan és sorosan kapcsolt elasztikus elemek ellenállásának fokozódásából származik. A növekedés mértéke izomhossz függő és a nyugalmi hosszánál nagyobb hosszon történő nyújtás 1,8-szoros feszülés növekedést eredményez. Akaratlagos izomkontrakciók esetében a kutatók többsége azt találta, izom nyújtás hatására (excentrikus kontrakció) nagyobb erő kifejtésre képes, mint az adott izomhosszon (ízületi hajlásszögben) kifejtett maximális izometriás erő. A növekedés mértéke azonban igen tág határok között mozgott. Sőt, csaknem harminc évvel ezelőtt Westing et al. (1988) azt találta, hogy excentrikus kontrakció alatt az izom erő kifejtése nem növekszik, amelyet az izomnyújtás hatására bekövetkező gátlásnak tulajdonítottak. A mai napig nem került kimutatásra a gátlás mibenléte. Véleményünk szerint az izom feszülés növekedése, a maximális excentrikus és izometriás erő viszonyításának helytelensége okozhatja a feszülés növekedés hiányát. Vizsgálatunkban erre szeretnénk bizonyítékokat szolgáltatni.

## MÓDSZEREK

A vizsgálatban kilenc fiatal, edzett nő vett részt. A vizsgált személyek bemelegítés után 2-2 izometriás kontrakciót végeztek 30-60-90 fokos térdízületi szögben Multicont II komputervezérelt dinamóméteren. Ezt követően a térdfeszítő izmaikat megnyújtottuk maximális izometriás erőnél (Mic), illetve annak 50 százalékánál (Mic50%) 20 és 100 J állandó energiát használva és meghatároztuk a maximális excentrikus erőt (Mec), valamint azt a szöveget, amelyben a legnagyobb volt az Mec. A kezdeti ízületi szög 30° volt. A második beállításnál, nyújtás 30 fok/s szögsebességgel történt 60 fokos szögtartományban. Az előfeszülés 100%-os volt. Ez a beállítás hasonlatos Westingékéhez. A vastus lateralis és mediális izom elektromos aktivitását felületi elektródák felhelyezésével Noraxon telemetriás készülékkel mértük. Az izomhossz változás megítélésére a vastus laterális izomra ultrahang vizsgálófejet rögzítettünk (Hitachi). Az adatgyűjtés szinkronizáltan történt.

## EREDMÉNYEK

A 30 fokból és maximális előfeszülésnél induló excentrikus kontrakciónál 20 J nyújtási energiát használva a szögelfordulás  $94 \pm 1.2^\circ$  volt. Az izomkötegek hossza és tollazottsági szöge nem változott jelentősen. A  $30^\circ$ -ban mért Mic $30^\circ$ -hez viszonyít Mec arány  $1.34 \pm 0.12$  volt. Amikor az Mec szögben mért Mícec-hez viszonyítottuk az Mec-t, akkor ez az arány csupán  $1.05 \pm 0.08$  volt. 100 J nyújtási energiát használva a szögelfordulás  $34.9 \pm 3.2^\circ$  volt. Az izomkötegek hossza 10,1%-al nőtt. Az Mec/Mic  $30^\circ$  arány  $1.98 \pm 0.35$ , az Mec/Mic ec arány  $1.19 \pm 0.35$  volt. Hasonló kontrakciós viszonyoknál, de a nyújtást Mic50%-nél kezdve 20J energiát alkalmazva szögváltozás  $114 \pm 0.8^\circ$ , 100 J-nél  $378 \pm 2.0$  volt. Az Mec/Mic  $30^\circ$  arány  $2.7 \pm 0.4$ , illetve  $4.3 \pm 0.74$  volt. Az Mec/Mic ec arány  $0.96 \pm 0.1$ , illetve  $1.22 \pm 0.08$  volt. A izmok EMG aktivitása maximális előfeszítettségénél nem csökkent, 50%-nál szignifikánsan nőtt. 30 fok/s állandó nyújtási sebességet és 100%-os előfeszülést alkalmazva a személyek  $36.1 \pm 20.3$  szögelfordulás után érték el az Mec-t, amely  $1.33 \pm 0.4$ -szer volt nagyobb, mint az Mec/Mic ec. Az izomkötegek hossza szignifikánsan növekedett, az EMG aktivitás nem változott jelentősen.

## KÖVETKEZTÉSEK:

Vizsgálatunk során nem volt kimutatható semmilyen idegi gátlás, amely befolyásolta volna a nyújtás hatására bekövetkező erőnövekedést még abban az esetben sem, amikor nagy nyújtási energiát alkalmaztunk, vagy nagy terjedelemben, állandó sebességgel nyújtottuk meg az izmokat. Ahol nem volt erőnövekedés ott nem a megfelelő izometriás erőhöz viszonyítottuk az adott Mec-t.

## EMBERI EGYENSÚLYOZÁSI FELADATOK MODELLEZÉSE A REAKCIÓ IDŐKÉSÉS FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

Inspurger Tamás<sup>1</sup>, Zelei Ambrus<sup>1</sup>, Molnár Csenge Andrea<sup>1</sup>, John Milton<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MTA-BME Lendület Emberi Egyensúlyozás Kutatócsoport

<sup>2</sup> W. M. Keck Science Center, The Claremont Colleges

[inspurger@mm.bmc.hu](mailto:inspurger@mm.bmc.hu)

## BEVEZETÉS

Emberi egyensúlyozás modellezésében központi szerepet játszik az érzékelés és a beavatkozás között eltelt reakció időkézés. A jelenséget egy egyenes rúd ujjhegyen történő egyensúlyozásán keresztül lehet szemléltetni. Hosszabb rudat könnyebb egyensúlyozni, mint egy rövidebbet, mert a rövidebb rúd „gyorsabban dől”, így gyorsabban kell beavatkozni. Az egyensúlyozási képességeknek az egyik korlátja ezért emberi reakció időkézés. Tipikusan 30-40 cm-nél rövidebb rudat, pl. egy ceruzát, nem is tudunk az ujjunkon egyensúlyozni. A rúdegyensúlyozási képességet ezért leírhatjuk egyetlen paraméterrel, azzal a rúdnek a hosszával, amelyet a vizsgálati személy adott ideig (pl. legalább 1 percig) tud az ujjhegyén egyensúlyozni.

Kutatásunkban a rúdegyensúlyozás elméletét ültetjük át egyensúlyozó deszkán való egyensúlyozásra. Az egyensúlyozó deszka gördülő felületének a sugarát (R) és a deszka talajtól való magasságát (h) paraméterként kezeljük, és azokat a paraméterkombinációkat keressük, amely esetén a vizsgálati személyek még stabilan adott ideig (pl. 1 percig) tudják magukat egyensúlyozni anélkül, hogy a deszka leérne a talajra. Így ebben az esetben az egyensúlyozási képességet két geometriai paraméterrel írhatjuk le, az R és a h paraméterekkel.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Ujjhegyen való rúdegyensúlyozás adatait három Qualisys Oqus 300 mozgáskövető kamera segítségével rögzítettük 1000Hz-es mintavételezési frekvenciával az amerikai Claremont Egyetemen. Négy gyakorlott vizsgálati személy adatait vizsgáltuk különböző hosszúságú rudak egyensúlyozása közben. Az egyensúlyozó deszkán való egyensúlyozást a BME Műszaki Mechanikai Tanszék laborjában vizsgáltuk. Hat vizsgálati személy adatait rögzítettük hagyományos fényképezőgéppel másodpercenként 50 képkockás felvételekkel különböző R és h értékek mellett. Az így rögzített adatsorokat vizsgáltuk, elsősorban a kilengések szórását illetve az adott küszöbértéket meghaladó kilengések gyakoriságának várható értékét.

## EREDMÉNYEK

Rúdegyensúlyozás esetén, ahogy az várható volt, a rövidebb rudak esetén volt nagyobb a kitérések szórása. Egyensúlyozó deszkán való egyensúlyozás esetén kis görbületes sugár (R) illetve nagy talajtól való távolság (h) esetén voltak a legnagyobbak a kitérések. Az eredmények azt mutatják, hogy a kritikus paraméterek (ingahossz illetve R és h értékek) esetén a két egyensúlyozási feladat hasonló jelleget mutat. Korábban ezt az ún. hatvány-törvény jelenséget csak rúdegyensúlyozás esetén mutatták ki.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az emberi egyensúlyozási képességek egyik fontos korlátozó tényezője a reakció időkéésés. A két vizsgált egyensúlyozási feladat statisztikai adatainak hasonlósága arra enged következtetni, hogy a kritikus paraméter beállításoknál, azaz a stabilizálhatóság határán, az emberi idegrendszer hasonló szabályozási algoritmust alkalmazhat. A szabályozó algoritmus pontos leírásához megfelelő matematikai modellekkel előállított szimulációkat kell a mérési eredményekkel összehasonlítani.

**Kulcsszavak:** ujjhegyen történő rúdegyensúlyozás, vizuális visszacsatolás, reakció időkéésés, egyensúlyozó deszkán való egyensúlyozás, stabilizálhatósági feltételek

---

## A 3D NYOMTATÁS TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA GERINCSEBÉSZETI MŰTÉTETEK PREOPERATÍV TERVEZÉSÉHEZ VALÓSÁGHŰ 3 DIMENZIÓS MODELLEK SEGÍTSÉGÉVEL

Papp Zoltán<sup>1</sup>, Czegléczki Gábor<sup>2</sup>, Banczerowski Péter<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Országos Klinikai Idegtudományi Intézet, Gerincsebészeti Osztály

<sup>2</sup> Semmelweis Egyetem, Idegsebészeti Tanszék

[zoltan.attila.papp@gmail.com](mailto:zoltan.attila.papp@gmail.com)

---

## BEVEZETÉS

A 3D nyomtatás technológia segítségével rétegenként, gyorsan, alacsony költséggel lehet előállítani 3 dimenziós tárgyakat, alkatrészeket. A módszer orvosi alkalmazása - különösen az idegsebészetben - még nagyon ritka, holott kifejezetten alkalmas a műtéti tervezés megkönnyítésére, oktatásra, sebészi képzésre. A munkánk célja a 3D nyomtatás technológia alkalmazásának bemutatása gerincsebészeti műtétek preoperatív tervezésénél.

## MÓDSZER

A 3D nyomtatás technológia lényege, hogy hőre lágyuló műanyag szálak egymásra rétegzésével térbeli objektumok építhetők fel. Munkánk során PLA-t, tejsav polimert használtunk, mely egy biológiailag lebomló, újrahasznosított anyagokból nyert termoplasztikus poliészter. A nyomtatáshoz szükséges 3 dimenziós modellt nagy felbontású preoperatív CT és CTA felvételekből nyertük. A DICOM képfájlokból a megfelelő software segítségével virtuális 3 dimenziós modellt hoztunk létre. Professzionális 3D nyomtató software segítségével elkészítettük a nyomtatásra alkalmas objektumot. Egy algoritmus segítségével korrigáltuk a beolvasási hibákat, majd „felszeleteltük” az objektumot és a nyomtató által értelmezhető gépi-kódot generáltunk. A nyomtatáshoz egy dupla fejes 3D nyomtatót használtunk, 100 mikronos rétegvastagsággal.

## EREDMÉNYEK

A vizsgált időszakban 8 beteget operáltunk különböző, a craniospinalis átmenetet érintő kórfolyamat miatt. 5 betegnél metasztatikus tumor miatt, míg a további 3 esetben különböző törések miatt végeztünk műtétet. Minden esetben valós méretű, három dimenziós modellt hoztunk létre az érintett csontos struktúrákat (os occipitale, CI-CIII csigolyák), és ereket (art. vertebralis) alapul véve. A modelleken elemeztük a torzult anatómiai viszonyokat, megterveztük a beültetni kívánt implantátumok optimális helyzetét, méretét. A modellek előkészítésnek ideje átlagosan 2 óra volt, míg a nyomtatásai idő 4-6 óra között alakult.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A 3 dimenziós nyomtatás számtalan új innovációs lehetőséget kínál az idegsebészetben. Az így létrehozott objektumok rendkívül hasznosak a diagnosztikában, a preoperatív tervezésben, sőt a műtétek kivitelezése során is. Ezen modellek segítségével tisztázhatóak a kórfolyamatok által megváltozott anatómiai viszonyok, főleg olyan esetekben ahol a megszokott képi diagnosztika erre nem alkalmas. A módszer alkalmas továbbá egyedi implantátumok megtervezésére, legyártására a műtétet megelőzően.

---

## IMPLANTÁTUMMAL RÖGZÍTETT TÖRÖTT ALKAR TERHELHETŐSÉGÉNEK VÉGESELEMES VIZSGÁLATA

Dóczi Martin Olivér<sup>1</sup>, Simonovics János<sup>1</sup>, Zoltán Gergely<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép- és Terméktervezés Tanszék

<sup>2</sup> Péterfy Sándor utcai Kórház-Rendelőintézet és Baleseti Központ

[doczimartin95@gmail.com](mailto:doczimartin95@gmail.com)

---

## BEVEZETÉS

Az anatómiailag pontos repozíció érdekében a felnőtt munkaképes korosztály alkartöréseinek kezelése többnyire műtéti csontegyesítéssel, implantátumos rögzítéssel történik. Ez alapvetően egy mozgásstabil rögzítés, vagyis a kezelt végtag mozgatható, azonban nem terhelhető. A terhelhetőség teljes megtiltása jelentős életminőségbeli hátrányt okoz a gyógyulás ideje alatt. A kutatás célja annak kiderítése, hogy tartható-e a kézben egy 2 kg-os tömeg, ami mellett nem kell számolni a rögzítés tönkremenetelével.



## ANYAG ÉS MÓDSZER

A végeselemes vizsgálathoz modellezett törési eset olyan komplett haránttörés a csontok középső részein, mely szögstabil implantátumokkal, törtvégenként 4-4 csavarral van rögzítve. Felületmodellezési eljárással készült mindkét alkarcsont külső geometria modellje, 3 dimenziós digitalizált geometriából, ügyelve a velőüreg, mint lényeges belső geometriai entitás kialakítására. A törés és annak rögzítése a különböző kézhelyzetekben a klinikai és biomechanikai irodalomkutatás alapján lettek lemodellezve. A végeselemes modell terhelései, peremfeltételei, kontakt kapcsolatait, valamint az anyagjellemzők az anatómiai- és biomechanikai irodalomkutatókkal alátámasztva kerültek megadásra. A teljes rögzítési rendszer viselkedésének vizsgálata egy globális végeselemes modellel történt. A rögzítésben lévő menetes kapcsolatok itt egyszerűsített, „ragasztott” kapcsolatként szerepeltek a rövidebb számítási idő érdekében. A kritikus csavarhelyeken a csont-csavar menetes kapcsolata menetgeometriával és súrlódásos kontakttal rendelkezett, ahol a számítás a jobb erőforrás kihasználás érdekében submodelleken futott.

## EREDMÉNYEK

A globális végeselemes modellel a merevségről, az implantátumban lévő mechanikai feszültségekről és az egyes csavarok terhelésállapotáról adott tájékoztatást.

Az implantátum a megadott terhelés hatására nem szenved maradós alakváltozást. A lehajlásértékek a felfelé fordított tenyérállás - ízület középhelyzet - lefelé fordított tenyérállás helyzetekben rendre egyre kisebbnek adódtak. A legterheltebb csavarhelyek a töréshez legközelebbi csavarok voltak, továbbá megjegyzendő, hogy a töréstől számított második csavarok csak kis terhelést vesznek fel. A kritikus csavarhelyeken végzett kontakt submodelles vizsgálatok eredményei szerint a csavarszár nem szakad ki a csontból, valamint a csavarfej sem szakad le a csavarszárról.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A számítások alapján 2 kg kézben tartása a különböző kézhelyzetekben nem okoz károsodást a rögzítésben. Az implantátumok klinikai felhelyezése olyan, hogy a rögzítés merevsége nő a lefelé fordított tenyérállás helyzetéhez közeledve.

---

## TESTTARTÁSI RENDELLENESSÉGEK ÉS AZ ÁLLKAPOCS ÍZÜLETI DISZFUNKCIÓK KAPCSOLATA

Némethy Anna<sup>1</sup>, Kiss Rita<sup>2</sup>, Takács Mária<sup>3</sup>, Schmidt Péter<sup>4</sup>, Szabó Gábor<sup>3</sup>, Veres Dániel<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Semmelweis Egyetem, Fogorvostudományi Kar

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

<sup>3</sup> Szolnoki MÁV Kórház és Rendelőintézet

<sup>4</sup> Semmelweis Egyetem, Fogpótlástani Klinika

<sup>5</sup> Semmelweis Egyetem, Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

[dr.nemethyanna@gmail.com](mailto:dr.nemethyanna@gmail.com)

---

## BEVEZETÉS

Az állkapocs ízületi diszfunkciók (Temporomandibular joint dysfunction ; TMD) csoportjába az állkapocs ízület muskuloskeletális elváltozásai tartoznak. Az elváltozások leggyakoribb velejárója

a fájdalom, mely mind a rágóizmokban, mind magában az ízületben jelen lehet. Mindezekhez ízületi hangjelenségek és rendellenes állkapocsmozgások társulhatnak. A szindróma a felnőtt populáció mindegy 20-30 %-át érinti, főként a 30 év körüli nőket.

A szindróma kialakulását az évek során kapcsolatba hozták már pszichológiai, genetikai, okklúziós illetve traumás faktorokkal is, viszont a testtartással való esetleges kapcsolatának vizsgálatáról nem találtam szakirodalmat. Egyedül a nyaki gerinc anomáliájának állkapocs ízületi hatásairól találtam forrást.

## CÉLKITŰZÉS

A vizsgálatunk célja a testtartási rendellenességek és az állkapocs ízületi diszfunkciók közötti kapcsolat felderítése volt

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatás során összesen 49 pácienszt vizsgáltunk meg. A betegcsoport tagjai részben a Semmelweis Egyetem hallgatói közül, részben a Facebook internetes portálon keresztül jelentkeztek a részvételre. A kontrollcsoport tagja fogorvostan hallgatók és gyógytornászok voltak

Az állkapocs ízületi diagnosztikát Semmelweis Egyetem Fogorvostudományi Kar Oktatási Centrum és Igazgatóság épületén belül végeztük.

A fizikális vizsgálat első lépésben az állkapocsízület diagnosztikáját végeztem el az előzőlegesen tanulmányozott szakirodalmak (DC/TMD) alapján.

Az izomzat esetleges fájdalomáról - azaz a myofasciális fájdalomról – az izomzat nyomással szembeni ellenállása alapján pontos információkat kaptunk, melyet Sauter nyomásmérő eszközzel vetünk fel arcfelenként három pontban.

A páciensek szubjektív állkapocs ízületi fájdalomának felmérésére a VAS skálát (Visual Analog Scale) használtuk.

A vizsgálat második felében a két lépcsős gerincdiagnosztika történt. Ebben segítségemre volt Dr. Takács Mária, a Szolnoki MÁV kórház ortopéd orvosa, aki kiemelten foglalkozik a gerinc biomechanikájával. A doktornő végezte a páciensek fizikális vizsgálatát, majd Szabó Gábor a MÁV kórház gyógytornásza regisztrálta a gerinc frontális és szagittális görbületeit Spinal Mouse segítségével. A Spinal Mouse egy kézben fogható elektronikus inklinométer, mely a gépre telepített szoftverrel bluetooth-on keresztül kommunikál. A mérések non invazív módon a bőrön keresztül történtek. A statikus mérésen kívül, terhelés alatt, Matthias-teszt végeztetése közben is regisztráltuk a gerincoszlop görbületeit.

## EREDMÉNYEK

Az állkapocs ízületi diagnosztika legfőbb célja az intraartikuláris rendellenességekkel valamint myofasciális fájdalommal rendelkező betegek elkülönítése volt. Általánosságban kimondható, hogy a myofasciális fájdalommal rendelkező betegek életminősége rosszabb, így fontosnak tartottuk ezt a csoportot külön kiemelni. A 26 fős betegcsoportból 8 főnél (29,62%) igazoltunk myofasciális eltérést.

Takács Mária Doktornő az ortopédiai vizsgálat során talált eltéréseket Word dokumentumban rögzítette. A betegcsoportban 17 (62,96%) embernél talált testtartási rendellenességet. A kontrollcsoport esetében pedig 9 (22,7%) főnél fedezett fel deformitásokat.

A vizsgálatok után nem találtunk szignifikánsan több testtartási rendellenességet a betegcsoportban, mint a kontrollcsoportban.

A betegcsoportból kiemeltük a myofasciális fájdalommal rendelkező betegeket, majd összehasonlítottuk őket a kontrollcsoporttal.

Fisher  $p=0,0039$  – tehát szignifikáns az eltérés. A myofasciális fájdalommal rendelkező betegek között mindenkinek volt testtartási rendellenessége.

A terheléses Spinal Mouse mérések szignifikáns eltérést mutattak a lumbalis gerincszakasz lordosisának mértékében a betegcsoport és a kontrollcsoport között

---

## ADDITÍV TECHNOLOGIA ÁLTAL BIZTOSÍTOTT LEHETŐSÉGEK SZÁJ- SEBÉSZETI IMPLANTÁTUMOK FEJLESZTÉSEKOR

Simonovics János<sup>1</sup>, Bujtár Péter<sup>2</sup>, Schmidt Dorottya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép- és Terméktervezés Tanszék

<sup>2</sup> Department of Oral and Maxillofacial Surgery, University Hospitals of Leicester

[janos@simonovics.hu](mailto:janos@simonovics.hu)

---

Napjainkban a szájszöveti tumorok okozta mortalitás igen nagy méreteket ölt. Magyarország sajnos vezető szerepet játszik ezen megbetegedéseknél az Európai Unióban. A csontrendszer áttételek tekintetében primer szűrőként viselkedik. A defektusos csontszakasz eltávolításához használt rezekálást követően a geometriai és mechanikai folytonosság megszűnését vissza kell állítani, melyre rekonstrukciós műtéteket alkalmaznak.

Az általánosságban használt rekonstrukciós lemezes megoldások mellett megjelentek a geometriai és mérnöki megoldások tekintetében nagy szabadságot jelentő gyorsprototípus nyomtatott implantátumok. A személyre szabhatóság a mérnöki aspektusból vett előnyök mellett segít a páciens önképének megőrzésében.

A tanulmány során egy korábbi kutatásra építve topológiailag optimált 3D gyorsprototípus gyártással készíthető rekonstrukciós mandibula implantátumok tervezésére került sor. A személyre szabhatóság mellett kiemelt szempont volt a mechanikai és tömeg paraméterek optimális értékének elérése.

Az elkészített implantátumok tömegüket tekintve kevesebb, mint felére csökkentek a kiindulási implantátum geometria értékeihez képest úgy, hogy a teherviseléshez szükséges mechanikai paramétereik megmaradtak, a páciens csontgeometriájához pedig tökéletesen illeszkednek.

---

## AZ ELONGÁCIÓ, VAGYIS A GERINC AKTÍV MEGNYÚLÁSA A SPINÁLIS KONTROLLBAN

Kondor Judit, Kopper Bence, Tihanyi József

Testnevelési Egyetem

[kondorjud@gmail.com](mailto:kondorjud@gmail.com)

---

### BEVEZETÉS

Magyarországon a derékfájás miatt fizeti ki az Országos Egészségügyi Pénztár a legtöbb táppénzt. Ez nem egyedülálló financiai állapot, hisz a nyugati társadalmakban a legkomolyabb munkakiadás ugyanúgy a derékpanaszok jelentik. Az akut vagy krónikus derékpanaszok jelentik a legnagyobb kiadást a nyugati egészségbiztosítás és társadalombiztosítás költségvetésében.

Rengeteg kutatás folyik az ismeretlen eredetű, vagy aspecifikus derékfájás témakörében, amelynek szükségességét indokolja az a jelentős pénzösszeg, amelybe ez a probléma az egészségügynek, az államnak kerül, világszerte.

Egyik alapvető megoldását jelenti a derékpanaszok terápiájában a szegmentális stabilizációs tréning, ami a transversospinalis izmok neuromuszkuláris funkciójának javítása, vagyis a spinalis kontroll alapja.

A kortárs mozgástan szakirodalmá megoszlik a „stabilitás” definícióját illetően, így magát a stabilitást fejlesztő tornaanyagok és edzésmódszerek érvényessége is vitát szül. A törzs stabilitására számos mechanikai modell létezik, de jelenlegi tudomásunk szerint nincs olyan, amely pontosan, mindenre kiterjedően leírná az optimális stabilitást.

A gerincelongáció elsődleges szerepét bizonyítjuk a pelvicolumbális vagy szegmentális stabilizációs tréningekben.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatot 27 mérési alanyon végeztük az Idiag SpinalMouse, elektromechanikus, non-invazív gerincalak-meghatározó eszközzel. A mérésben 13 férfi és 14 nő vett részt, e mérési alanyok közül 9 használta már korábban az elongációs technikát gyógytornász javaslatára, helyes testtartás miatt és ezzel együtt a derékfájásuk enyhítésére. A résztvevők életkora  $34,8 \pm 38,2$ , testmagasságuk  $171,1 \pm 10,4$ .

Mérő eszköz: Idiag Spinal Mouse

A SpinalMouse-t a görgői segítségével végig kell húzni a gerincen a tövisnyúlványok mentén, miközben a számítógép két dimenzióban a következő adatokat méri/körképeket szűri:

- a gerinc elhelyezkedése és mobilitása szagittális és frontális síkban
- minden egyes mozgás szegment elhelyezkedése és mobilitása
- hipo- és hipermobilitás
- tartás
- keresztcsonti-medencei ízület pozíciója
- gerinc hossza
- skoliózis

Körülbelül 150Hz frekvenciával gyűjti az adatokat, minden 1,3 milliméterenként. Ezen adatok felhasználásával állít fel egy képet a gerincoszlop csigolyáinak-, illetve a keresztcsont helyzetéről. A nyers adatok Bluetooth segítségével jutnak el a számítógéphez, a szoftver egy 2-dimenziós gráfot hoz létre és egy periodikus algoritmus segítségével számolja ki a görbületeket és szögeket.

- Statistica v.12 (StatSoft, Inc.) programmal ferdeséget, csúcosságot számítottunk, a minták normális eloszlást mutattak.

## EREDMÉNYEK

Azt találtuk, hogy elongáció alatt a gerinc hossza szignifikánsan nőtt ( $p=0,020$ ). A thorakális szögek szignifikánsan csökkentek ( $p < 0,001$ ), míg a lumbális szögek csökkentek ugyan, de nem mutattak szignifikáns különbséget ( $p=0,24$ ).

A gyakorlottságnak mind a gerinchossz-változásában ( $p < 0,001$ ), mind a thorakális szög változásában ( $p < 0,014$ ) szignifikáns szerepe van. A lumbális szög nem változott nagyobb mértékben azoknál a személyeknél, akik tudják az elongációt ( $p=0,917$ ).

## KÖVETKEZTETÉSEK

Tudomásunk szerint elsőként vizsgáltuk az elongációt, mint axiális akaratlagos megnyúlását a gerincnek és a gyakorlottság hatását az elongáció eredményességére. Az elongáció optimalizálja a szagittális görbület viszonyokat, ami alapvető cél a gerinc gyógytorna anyagában. A lumbális szög nem változott, ami arra is utalhat, hogy a lumbális stabilitásuk jobb azoknál, akik tudnak elongálni, mint azoknál akik nem tudnak elongálni.

További vizsgálatok és mérések következnek ultrahanggal, EMG-vel a gerinc elongáció izomtani megvilágításában is, ahol feltételezzük, hogy a multifiduszok tónusfokozódása is kimutatható.

**Kulcsszavak:** aktív elongáció, szagittális görbületek, pelvicolumbális stabilitás, szegmentális stabilizációs tréning, transversospinalis izomzat, spinalis kontroll, spinal mouse, ultrahang feedback

---

## ZEBRIS GERINCVIZSGÁLÓ MÓDSZERREL ÉS COBB MÓDSZERREL MEGHATÁROZOTT GERINGGÖRBÜLETI PARAMÉTEREK ÖSSZEHA-SO NLÍTÁSA SCOLIOSISBAN SZENVEDŐ GYERMEKEK ESETÉN

Takács Mária<sup>1</sup>, Rudner Ervin<sup>1</sup>, Kovács Attila<sup>2</sup>, Orlovits Zsanett<sup>3</sup>, Kiss Rita<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Szolnoki MÁV Kórház és Rendelőintézet, Ortopédiai Osztály, Biomechanikai Laboratórium

<sup>2</sup> Szolnoki MÁV Kórház és Rendelőintézet, Reumatológia Osztály

<sup>3</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Matematika Intézet, Differenciálegyenle-tek Tanszék

<sup>4</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti In-formatika Tanszék

[drtakacsmaria@gmail.com](mailto:drtakacsmaria@gmail.com)

---

## BEVEZETÉS

A scoliosis diagnosztizálására és utánkövetésére a legelterjedtebb és egy gold standardnak tekinthető módszer a radiológiai kétirányú felvételek készítése, és a felvételeken a Cobb módszer alkalmazásával a sagittális síkú (thoracalis kyphosis, lumbalis lordosis) és a frontális síkban a scoliosis mértékének meghatározása. A radiológiai sugárzás veszélyének csökkentése különösen gyermekek esetén fontos szempont. A Zebris gerincvizsgáló módszer egy külső, non-invasív mérési módszer, de a rendszer validálása még nem ismert. A kutatás célja a ZEBRIS gerincvizsgáló módszer validálása a sagittális és frontális síkban lévő gerincgörbületek a Cobb módszerrel röntgenfelvételeken meghatározott szögrétekekkel történő összehasonlítással adolescens idiopathiás scoliosis (AIS) esetén.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatba 19 AIS-ben szenvedő gyermek került bevonásra (átlag életkora  $14,9 \pm 2,5$  év, tartomány: 8-18 év). A Zebris mozgásvizsgáló rendszerrel meghatározott tövisnyúlványok térbeli helyzetéből számított thoracalis kyphosis (TK), lumbalis lordosis (LL) és scoliosis (TSC and LSC) gerinc görbületeket a kétirányú röntgenfelvételeken mért értékekkel hasonlítottuk össze.

## EREDMÉNYEK

A két módszerrel meghatározott szögértékek között nem találtunk szignifikáns különbséget ( $p \geq 0,061$ ), a legnagyobb átlagos különbség  $4,32^\circ$  volt, amit a lumbalis szakaszon mért scoliosis szög értéknél találtunk. A két különböző módszerrel meghatározott sagittalis és frontalis síkú szögek esetén is a kapcsolat közel lineáris, a korreláció kiváló ( $r \geq 0,86$ ).

## KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatásunk eredményei alapján a Zebris gerincvizsgáló módszer és a tradicionális röntgenfelvételek összehasonlítása során az AIS-ben szenvedő gyermekek esetén sem a sagittalis sem a frontalis síkú gerinc görbületi szögek esetén nincs szignifikáns eltérés. A két módszerrel meghatározott szögek korrelációja kiváló, így a mérési módszer validitása megfelelő. A Zebris gerincvizsgáló módszer jól használható a sugárterhelés csökkentésének biztosításához a diagnosis felállítására és a terapia módjának kiválasztása után a kezelés hatékonyságának gyakoribb ellenőrzésére, valamint különböző kutatások esetén.

## SAJÁT FEJLESZTÉSŰ MOZGÁSANALIZÁTOR MŰSZER VALIDÁLÁSI FOLYAMATA OPTITRACK KAMERARENDSZER SEGÍTSÉGÉVEL

Lénárt Zoltán<sup>1,2</sup>, Nagymáté Gergely<sup>3</sup>, Szabó Andor<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Kar, Gyógypedagógiai Módszertani és Rehabilitációs Intézet

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem Neveléstudományi Doktori Iskola

<sup>3</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

<sup>4</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Fizikai Intézet

[lenart.zoltan@gmail.com](mailto:lenart.zoltan@gmail.com)

## BEVEZETÉS

A központi idegrendszer veleszületett és szerzett sérülése esetén gyakran károsodnak az egyik vagy mindkét felső végtag mozgásai és ezeknek a mozgásoknak a kontrollja. Ez a károsodás kihát a már elsajátított vagy elsajátítandó humán funkciókra (önellátás, tanulás, munka, szabadidő). Ezért a rehabilitációs medicina és a gyógypedagógiai rehabilitáció számára egyaránt fontos a felső végtagi mozgások funkcionális fejlesztése és az állapotváltozás pontos monitorozása. Ebben a diagnosztikus tevékenységben nyújthatnak segítséget a gyakorlatban is egyre inkább megjelenő optoelektronikai mozgáselemző rendszerek. Az ilyen műszerek beszerzése és eljuttatása a vizsgált személyekhez gyakran költséges és komoly szervezést kívánó feladat. Ezért szakirodalmi adatok és gyakorlati tapasztalatok felhasználásával az ELTE Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Karán kifejlesztésre került egy műszer (Electric Marker based Motion Analyser - EMMA), amely egy aktív marker segítségével értékeli az ismételt rajzoló mozgások pontosságát, több jellemző mentén. 2015/2016-ban 36 spasztikus cerebrális paretikus, 31 tipikus fejlődésű és 22 nyelvi zavarok miatt sajátos nevelési igényű, ép mozgásfejlődésű kontroll személyt vizsgáltunk meg. Az EMMA által rögzített és feldolgozott adatok alapján a műszert alkalmasnak találtuk az egyéni és csoportjellemzők vizsgálatára, összehasonlítására valamint a változások nyomon követésére. A jövőbeli

vizsgálatokhoz azonban elengedhetetlen a rendszer hitelesítése is valamilyen szakirodalomban elfogadott mozgásvizsgáló referencia rendszer segítségével

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A mérőrendszer értékmutatásának validálása a BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékének mozgáslaboratóriumában történt egy 18 kamerás Optitrack Flex13 kamera-rendszer (Naturalpoint, Oregon, USA) segítségével és a Motive feldolgozó szoftver segítségével (v1.10.3). A kamerarendszer infra reflexiók markerek koordinátáit, vagy azok alapján meghatározott merev testek pozícióját és orientációját képes megadni szubmilliméteres pontossággal maximum 120 Hz mintavételi frekvenciával. A méréshez használt, aktív markerre (egy izzóban végződő markolat) három marker lett rögzítve, melyhez egy merev testet rendeltünk a Motive programban. A test forgáspontját az izzó középpontjában definiáltuk, ezáltal a mérési eredményül kapott pozíció az izzó helyzetét határozza meg. A két rendszer összehasonlításához a referencia koordinátarendszereket is összeillesztettük, amelyek középpontja az EMMA által vizsgált kör középpontja, tengelyeit pedig szintén kijelöli a kört megjelenítő lap. Ennek köszönhetően a két rendszer értékmutatása közötti eltérés már csak a mérni kívánt hiba.

Az értékmutatások eltérésének vizsgálatát a 100 mm átmérőjű körön, egy 50 mm átmérőjű körön végzett körmozgás, valamint a koordinátarendszer tengelyein végzett 100 mm-es mozgásokkal végeztük. A mért értékek eltérésének jellemzése korrelációs grafikonok és Bland-Altman grafikonok segítségével kerül bemutatásra.

## EREDMÉNYEK

Az eredeti 100 mm-es kör összehasonlításakor az x és y koordináták esetén igen erős korrelációt ( $r^2_{x,y} = 0,99$ ) tapasztaltunk. A hibára vonatkozó négyzetes értékek a következők:  $RMSE_x = 1,6$  mm,  $RMSE_y = 2,2$  mm, a kör sugara esetén  $RMSE_r = 1,7$  mm.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az EMMA hitelesítése során kiderült, hogy a 100 mm átmérőjű kör átrajzolását 1,8 %-os hibával tudta mérni a műszer. Az ép mozgásfejlődésű személyek vizsgálatakor megállapítottuk, hogy a legtöbb rajzolt pont a minta körvonal melletti kétszer 5 mm-es sávon belül található. Csak az ennél nagyobb kitéréseket tekintettük a mozgás hibájának. A műszer hibája ezen az átlagos hibahatáron belül található, tehát az EMMA alkalmas a rehabilitáció nyomon követő méréseire.

**Kulcsszavak:** Electric Marker based Motion Analyser, felső végtagi mozgásanalízis, validálás, négyzetes eltérés

## TEMPOROMANDIBULÁRIS DISZFUNKCIÓVAL RENDELKEZŐ PÁCIENSEK FIZIOTERÁPIÁS KEZELÉSE

Némethy Anna<sup>1</sup>, Szabó Krisztina<sup>2</sup>, Kiss Rita<sup>3</sup>, Takács Mária<sup>4</sup>, Schmidt Péter<sup>5</sup>, Szabó Gábor<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Semmelweis Egyetem, Fogorvostudományi Kar

<sup>2</sup> Magyar Atlétikai Szövetség

<sup>3</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

<sup>3</sup> Szolnoki MÁV Kórház és Rendelőintézet

[dr.nemethyanna@gmail.com](mailto:dr.nemethyanna@gmail.com)

### BEVEZETÉS

Az előzőleges kutatások során mind a TMD-vel rendelkező páciensek és hasonló összetételű kontrollcsoport állkapocs ízületi mutatóit megvizsgáltam a világszerte elfogadott Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) protokoll alapján, és ezzel egy időben részletes ortopédiai vizsgálat keretében sugárzásmentes (elektromágnes-alapú) mozgásvizsgáló eszközzel (Spinal Mouse) meghatároztuk a testtartást jellemző gerincgörbületeket. Az eredmények statisztikai elemzése azt mutatta, hogy a TMD-ben szenvedő páciensek mély háti izomzata szignifikánsan ( $p=0,031401$ ) gyengébb, mint a kontrollcsoportnak. Megállapítottuk azt is, hogy az összes myofasciális fájdalommal rendelkező egyénnek volt testtartási rendellenessége.

### CÉLKITŰZÉS, KÉRDÉSMEGFOGALMAZÁS

A további kutatásának fő kérdése volt, hogy a testtartási rendellenességek (hanyag tartás, enyhe scoliosis) és a temporomandibuláris elváltozások között milyen kapcsolat figyelhető meg. Feltehető, hogy a testtartási deformitások konzervatív (gyógytorna, gyógytestnevelés, izomzat-egyensúly helyreállítás) kezeléssel az állkapocs ízületi mutatók is javulnak.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A megelőző kutatásba beválogatott betegcsoporttal a vizsgálatot nagymértékű lemorzsolódás miatt nem tudtuk folytatni. Ennek megfelelően új betegcsoportot szerveztünk. Állkapocs ízületi kattogással, arcfájdalommal rendelkező betegeket vizsgáltunk, kizáró tényező volt az állkapocs ízületi arthrosis, és a bölcsességfogak egy hónapon belüli eltávolítása kerülése. A kutatásban 14 fiatal (13 nő és 1 férfi) került beválogatásra, átlagéletkor 26,14 év volt.

A (DC/TMD) protokoll részeként megvizsgáltuk a rágóizomzat nyomással szembeni ellenállását, ezúttal az Amerikából vásárolt fájdalommérő eszközzel (Pressure Pain Threshold Algometer). A páciensek szubjektív állkapocs ízületi fájdalmának felmérésére ismét a VAS skálát (Visual Analog Scale) használtuk, 3 különböző skálán értékeltük az elmúlt 3 hét átlagos és maximális fájdalmát, valamint a válaszáadás pillanatában érzett fájdalmat.

Ezután a fentebb ismertetett módon megtörtént a két lépéses testtartási vizsgálat is.

A fizioterápiás felméréshez Szabó Krisztina gyógytornász az FMS (Functional Movement System) tesztelési módszert használta, mely világszerte elismert, valamint a tesztek objektív módon, számokkal értékelhetők.

A teszt eredmények egyértelműen azt mutatták, hogy a kutatási alanyoknál jelentős csípőízületi mobilitás hiány van, mely kifejezett instabilitással társul. Egy lábon nem, vagy csak nagyon ne-



hezen tudtak megállni. Feltűnő volt a vállízület hipermobilitása, valamint a mély törzsizomerő jelentős hiánya is. Fájdalmat jeleztek a tesztek kivitelezése közben több ízületben illetve testtájon. A teszteredmények kiértékelése után az FMS korrekciós algoritmus szerint került összeállításra a korrigáló gyakorlat sor, mely szigorúan követte a fokozatosság elvét. A résztvevők 10 héten át hetente egyszer vezetett csoportos tornán vettek részt. A többi napon mindenkinek otthon kellett végeznie az előírt gyakorlatokat, melyeket betanítás után videóra rögzítettünk és házi használatra kiadtunk.

## EREDMÉNYEK

Az állkapocs ízületi fájdalom objektíven mérhető (PPT) komponense szignifikánsan csökkent a M. Masseter mérési pontjaiban a gyógytorna végére, míg a M. Temporalis anterior érzékenysége még nem mutatott szignifikáns csökkenést.

A VAS tekintetében épp az aktuális fájdalom skáláján nem találtunk szignifikáns javulást, azonban az elmúlt 3 hét átlagos és maximális fájdalomához felvett értékei már szignifikánsan csökkentek.

A kontroll FMS mérés során minden résztvevőnél egyértelmű javulás volt tapasztalható a tesztek kivitelezésében. A korábbi tesztelés során jelzett fájdalmak megszűntek vagy szignifikánsan enyhültek. Bízató eredményként értékelhetjük, hogy még azok az alanyok is javultak a teszteredményekben, akik csak a vezetett közös órákon mozogtak és otthon nem, vagy csak nagy kihagyásokkal végezték a feladatokat.

---

## LOVAK SÁNTASÁG VIZSGÁLATÁRA ALKALMAS ESZKÖZ FEJLESZTÉSE, GYORSULÁSMÉRŐK HASZNÁLATÁVAL

Dobos Dániel András, Kiss Rita

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

[dobos.andras95@gmail.com](mailto:dobos.andras95@gmail.com)

---

Az optikai mozgáselemzések kiinduló pontja a lovak mozgásának elemzése. A tudományos igényességű mozgáselemzése az elmúlt 30 évben a lovassportok, és a lovaglás népszerűsödésével együtt ismét fejlődésnek indult.

A lovak mozgása az egészségi állapotukat jól jellemzi. A lovak sántasága az egyik legsúlyosabb tünetű betegség. A sántaságot a mindennapi gyakorlatban az állattartók, állatorvosok szemmel állapítják meg, így csak a szemmel is jól detektálható elváltozások szűrhetők ki. Így egyre fontosabb, hogy a szemmel még nem detektálható elváltozások is felderíthetők legyenek, a kezelés már a mozgásszervi elváltozás korai szakaszában megkezdhető legyen. Feltételezhető, hogy a sántaság korai felismerésében a mozgás rögzítésére és numerikus jellemzésére alkalmas eszközök jól használhatók.

A lovak tudományos vizsgálatára optikai alapú mozgásvizsgáló kamerarendszert alkalmaznak, de ez a mindennapi életbe, helyigénye, költsége, bonyolultsága miatt nem használható. A lovak mindennapi úgynevezett terepi mozgáselemzésének bevált formája a gyorsulásmérő szenzorok alkalmazása, mivel nem igényel labor körülményeket, így a lovakat saját közegükben vizsgálhatjuk. A gyorsulásmérő szenzorok további előnye, hogy az adatgyűjtés egyszerű és olcsó, továbbá az adatok számítógépre átvihetők, ahol tovább elemezhetők. A dolgozat célja, egy nagy biztonsággal

használható, accelerométereken alapuló, sántaság vizsgálóeszköz és a mérési eredményeket feldolgozó szoftver fejlesztése, amely a normálistól eltérő sántaságra utaló lépésciklusokat felhasználójának jelzi.

A kutatás eredménye egy egyedi fejlesztésű és tervezésű eszköz, melynek kalibrálása és hitelesítése is megtörtént. Az eredmények alapján a gyorsulásmérők nagy frekvencián 25%-os hibával mérnek. Az eszközzel mért adatok feldolgozásához fejlesztett LABView alapú mérést vezérlő program alkalmas a járásciklus egyes jellegzetes pontjainak meghatározására. A meghatározás azon alapul, hogy a ló lábának mozgása közben, amikor azt megemeli, illetve leteszi a földre kiugró gyorsulásértékeket lehet mérni. Ezen az elven lettek kiértékelve a mért eredmények. A komplett rendszer használhatóságát egy egészséges és egy sánta ló mérési eredményeinek összehasonlítása bizonyította.

**Kulcsszavak:** ló, sántaság, biomechanika, járásvizsgálat, gyorsulásmérő

## JÁRÁSSPECIFIKUS TÖRZSTRÉNING A HIPPOTERÁPIÁBAN

Pálinkás Judit

Debreceni Egyetem

[palinkas.judit@sph.unideb.hu](mailto:palinkas.judit@sph.unideb.hu)

### BEVEZETÉS

A lovasterápián belül a hippoterápia egy neurofizioterápiás módszer. A hippoterápia kulcsát a lépő ló mozgása képi, mely a páciens medencéjén keresztül átvődik és a normál járásnak megfelelő elmozdulásokat hoz létre. A test felől érkező ilyen afferenciáció segítségével a központi idegrendszerben a patológiás minta helyett az ép járási minta erősödik. Célunk a hippoterápia empirikus alaptézisének, a járásnak megfelelő törzstréningnek a bizonyítása volt.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Izolált vizsgálatokat végeztünk egészséges egyetemistákon (37 fő) és különböző lócsoportokon, melyek a gidrán (8 egyed) és a hucul (5 egyed) fajtákhoz tartoztak. A mérésekhez saját készítésű mérő-adatgyűjtő egységet használtunk. Felépítése mikrokontroller alapú (Atmel ATMEGA-128), három USB kábellel csatlakoztatott szenzor, SD kártyán történő adatgyűjtéssel. A mintavételezés 86 Hz-en történt, az ADC 10 bit volt. Minden szenzor háromtengelyű gyorsulásmérőből állt (MMA 7260Q, Freescale Inc., USA, Austin, Texas).

Célkitűzésünknek megfelelően meg kellett találnunk azokat a vizsgálati pontokat, melyek leginkább alkalmasak az adatok célszerű elemzésére. Mind a ló, mind a személyek esetében a súlyponthoz közel eső, viszont kellő stabilitással rögzíthető pontokat kerestünk. A szenzorokat a ló marja mögött, bal mellső végtagján, a vizsgálat személyek szakrális I-es csigolyájának magasságában és bal lábszárakon rögzítettük. Az adatgyűjtő a terápiás hevederen, míg a személyek esetében a mellkason került elhelyezésre egy rugalmas pánt segítségével. Két térben és időben elkülönített vizsgálat típusát végeztem, melyek eredményeit a kiértékelés kapcsán összevetettük. Az első a személyek járásvizsgálata, a második a lovak lépésvizsgálata.

## EREDMÉNYEK

A vizsgálat adatállományát az emberek esetén az egyes személyek  $a(r_j)$  átlagos gyorsulásadatainak az  $r_j$  időpontokban történő átlagolásával kaptuk meg (mindhárom irányban), míg a lovak esetén az egyedenkénti  $a(r_j)$  átlagos gyorsulások szolgáltatták az adatokat, melyeket két járási iramnál (lassú és gyors), valamint külön bal és külön jobb kézen történő vezetés során történt mérésekből is előállítottunk mindhárom irányban.

Az emberek és a lovak gyorsulásadatai közötti korrelációk vizsgálatát a megfelelő adatsorokból számolt tapasztalati korrelációs együtthatók meghatározásával, és szignifikancia-tesztelésével végeztük. Irányonként különböző nagyságú fáziseltolások mellett minden vizsgált adatpár esetén a maximális tapasztalati korrelációs együtthatók által meghatározott fáziseltolást alkalmaztunk. A korrelációs együtthatók összehasonlítását az elméleti korrelációs együtthatókra vonatkozó kétoldali t-próbával végeztük.

Az eredmények azt mutatják, hogy a gidrán egyedek (G1-G8) esetén a korreláció szignifikáns, melyeknek több mint fele 0,75 fölötti. A hucul csoport egyedei (H1-H5) esetén 3 esetben a korrelációs együttható szignifikáns volt, egyetlen esetben adódott 0,75-nél nagyobb tapasztalati korrelációs együttható. A fentiekből arra következtethetünk, hogy a gidrán egyedek hátmozgása jobban hasonlít az emberi járáshoz, mint a hucul egyedeké.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Mérőrendszerünk segítségével bizonyításra került a lovasterápia alapvető hatása, a járásnak megfelelő törzstréning (szignifikáns korreláció 37 személy és 11 egyed adatai alapján). Az általunk kifejlesztett gyorsulásmérő rendszer alkalmas a lovak és a lovas szinkron és egymástól független mérésére, videó felvétel alapján a mérések szakaszolására, a lovak önálló mérésére. Munkánk legnagyobb érdeme, hogy mind a ló kiválasztása, mind a terápia nyomon követése kapcsán a gyakorlat számára azonnal használható módszert tudunk ajánlani és biztosítani. A biztató eredmények tükrében pedig számos továbbfejlesztési lehetőség kínálkozik.

**Kulcsszavak:** hippoterápia, járásspezifikus törzstréning, gyorsulásmérés

---

## ORVOSI IMPLANTÁTUMOK MÉRETEZÉSÉHEZ SZÜKSÉGES ANYAGMODELLEK ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁK ALKALMAZÁSA ESETÉN

Ficzere Péter<sup>1</sup>, Borbás Lajos<sup>2</sup>, Falk György<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék

<sup>2</sup> Edutus Főiskola, Műszaki Intézet

<sup>3</sup> Varinex Zrt.

[ficzere@kge.bmc.hu](mailto:ficzere@kge.bmc.hu)

---

Az egyedi, testreszabott implantátumoknak számos előnye ismert. Ahhoz, hogy azok valóban tökéletesen, vagy ahhoz közelítő módon legyenek felhasználhatók igen sok szempontot kell figyelembe venni már a tervezési fázisban is. Bármilyen bonyolult, tökéletesen illeszkedő geometriát CT felvételsorozatból a megfelelő paraméterek beállítása után CAD geometriaként azonnal elő tudunk állítani. Ebből némi fájlkonverzió után egy - a 3D nyomtató bemeneteként ismert - stl formátumot könnyen készíthetünk. Így a szükséges geometria legyártása az additív gyártástechnológiával

nológiákkal elvégezhető. Bár ezen eljárások mindegyikével megvalósíthatók az orvosi implantátumok, azok tervezéséhez fontos a megfelelő anyagmodell használata és az anyagjellemzők pontos ismerete. Nélkülük megfelelő méretezés nem képzelhető el, valamint a nem megfelelően méretezett implantátumok váratlanul, nem tervezett időpontban való tönkremenetele további problémákat is okozhat.

A legismertebb 3D nyomtatási eljárások leggyakrabban használt anyagainak összehasonlító vizsgálatával bemutatjuk, hogy az egyes eljárásokkal gyártott alkatrészek, implantátumok viselkedése milyen mechanikai modellel és milyen anyagjellemzőkkel írható le. Összehasonlítjuk az OBJET Polyjet Fullcure720, az FDM eljárás PLA, valamint az SLS eljárás elvén előállított PA anyagokat.

## HUMÁN ÍNSZALAGOK FESZÜLTSGRELAxÁCIÓJA ELMOZDULÁS VEZÉRELT FÁRASZTÓ TERHELÉS HATÁSÁRA

Szebényi Gábor<sup>1,2</sup>, Pap Károly<sup>3,4</sup>, Hangody György<sup>3,4</sup>, Abonyi Bence<sup>3,4</sup>, Merkely Gergő<sup>3,4</sup>, Kiss Rita<sup>1</sup>, Hangody László<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Biomechanikai Kooperációs Kutatóközpont

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék

<sup>3</sup> Semmelweis Egyetem, Traumatológiai Tanszék

<sup>4</sup> Uzsoki Kórház, Ortopéd Traumatológiai Osztály

[szebényi@pt.bme.hu](mailto:szebényi@pt.bme.hu)

Az emberi és állati szervezetekben található ínszalagok folyamatos fárasztó terhelésnek vannak kitéve a test mozgása során. Az ínak ciklikus húzóterhelése után megfigyelhető, hogy a terhelés előtti állapotot jóval meghaladó szakítóerőt és rugalmassági modulust mérhetünk, amit elsősorban az ínak rostokból felépülő szerkezete, és ezen rostok terhelés hatására fellépő orientációja, irányba rendeződése okoz. Az orientálódás mértéke közvetlen kapcsolatban áll az állandó nyúlásamplitúdójú fárasztóvizsgálat során regisztrált erő csökkenésével, amit megfelelően műszerezett fárasztóvizsgálat során rögzített erődiagramokból meghatározhatunk.

Kísérletsorozatunk során a térdízület első keresztzalagjának pótlására esetlegesen felhasználható ínakat (achilles, quadriceps, semitendinosus + gracilis, tibialis anterior, peroneus longus) vizsgáltunk állandó nyúlásamplitúdójú fárasztóvizsgálat során. Típusonként 10-10 humán cadaver ínszalagot vizsgáltunk, melyek a halál után 24 órán belül eltávolításra kerültek, majd radio-cryoprotectans oldatba helyezve lassan  $-78^{\circ}\text{C}$ -on fagyasztva tároltuk őket. A vizsgálat előtt az ínszalagokat  $37^{\circ}\text{C}$ -on 20 perc alatt kiolvastottuk, majd vizsgálat előtt 30 másodpercen keresztül előnyújtottuk. A korábbi publikációkban ismertetett fagyasztó befogószerkezet használatával 1000 ciklusos, 2 Hz frekvenciájú nyúlás vezérelt fárasztóvizsgálatot hajtottunk végre az ínszalagokon Instron 8872 számítógép vezérelt szervohidraulikus terhelőgép segítségével.

A berendezés által ciklusonként rögzített maximális feszültség idő terhelési ciklusszám függvényében történő ábrázolásával a feszültségrelaxáció folyamata jól figyelemmel kísérhető. A készített görbék alapján összehasonlítottuk az egyes ínszalag típusok feszültségrelaxációs hajlamát.

Köszönetnyilvánítás: A kutatást az NKFIH OTKA K 116189 pályázata támogatta. A cikk a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

**Kulcsszavak:** ínszalag, időfüggő mechanikai tulajdonságok, fárasztó terhelés

## SZEMLENCSE TOKJÁNAK LYUKASZTÁSOS ELVŰ MECHANIKAI VIZSGÁLATA

Kiss Zoltán<sup>1</sup>, Sándor Gábor<sup>2</sup>, Bocskai Zoltán<sup>3</sup>, Temesi Tamás<sup>1</sup>, Nagy Zoltán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék

<sup>2</sup> Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szemészeti Klinika

<sup>3</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék

[kiss@pt.bme.hu](mailto:kiss@pt.bme.hu)

A szürkehályog a szemlencse betegsége, lényege, hogy átlátszósága csökken, így a látás akár a vak-ságig is romolhat. A szűkehályog csak műtéttel gyógyítható. Műtéttani szempontból a szemlencse tokja kiemelt jelentőséggel bír. A beavatkozás során a tokon kézzel -tépő mozdulattal- egy kör alakú nyílást ejtenek, ezen keresztül távolítják el a szemlencse magját és kergét, ill. ezen keresztül ültetik be a műlencsét az így megüresedett tokzsákba. A szakítás folyamatának kontrolálása érdekében fontos tudni a tok mechanikai jellemzőit is. Ezért munkánk célja a szemlencse tokjának biomechanikai tulajdonságait meghatározó, lyukasztásos elvű mérési eljárás kifejlesztése volt.

Összesen 45, sertésszemekből származó lencsetok minta lyukasztására került sor. A mérések során a lyukasztótüskére ható erőket és annak elmozdulását rögzítettük, melyekből erő-elmozdulás diagramokat szerkesztettünk. Ezen kívül elemeztük a szakadás pillanatában mért értékeket. Vizsgáltuk továbbá a tárolási körülmények hatását a kapott eredményekre.

A szakadásnál mért erő átlagos értéke  $0,45 \pm 0,15$  N volt, a tüske elmozdulása a minta érintését követően átlagosan  $1,57 \pm 0,41$  mm volt. Statisztikai elemzések után kimutatható volt, hogy a különböző mérési napokon kapott erő és elmozdulás értékek normál eloszlást mutattak. A napokat összehasonlítva azonban szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk; ennek oka jelenleg még nem ismert.

Jelen eredményeink alapján arra következtetünk, hogy a tárolási körülmények nem befolyásolják a mérést, de az elemszám növelésével ez a feltételezés a későbbiekben megerősítésre szorul. A mérési eljárás továbbfejleszhető, hiszen akár nedves közegben is kivitelezhető, továbbá a minta le-szorításának megvalósítási módja is megváltoztatható. Jelen mérési elrendezés alkalmasnak tűnik humán minták vizsgálatára. A módszer további finomításával távolabbi céljaink között szerepel a humán minták mérése, hiszen így a szemlencse tokjának -a szemsebészek által tapasztalati úton már jól ismert- viselkedése mechanikai szempontból is leírható lenne.

A kutatás a K 116189 számú OTKA kutatási projekt keretén belül készült.

## A POSTURALIS STABILITÁS VIZSGÁLATA PROVOKÁCIÓS TESZTEKKEL PARKINSON-KÓRBAN (H-Y I-II)

Judit Málly<sup>1</sup>, Geisz Noemi<sup>1</sup>, Elek Dinya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Soproni Neurorehabilitációs Intézet

<sup>2</sup> Semmelweis Egyetem

[dr.habil.mallyjudit@gmail.com](mailto:dr.habil.mallyjudit@gmail.com)

### BEVEZETÉS

Az egyensúlyvesztés súlyos sérülésekhez vezethet. Az egyensúlyzavar nem mindig észlelhető a hagyományos neurológiai vizsgálat során. Parkinson-kórbán a Hoehn-Yahr (H-Y) III-IV stádiumok tünete a posturalis instabilitás.

A vizsgálat célja: Vizsgálatunkban arra voltunk kíváncsiak, hogy a H-Y I-II stádiumokban van-e posturalis instabilitás, ami csak provokációs tesztekkel észlelhető. Rész-e ez a betegség egészének? Esetleg a stabilométerrel kimutatott instabilitás előre jelezheti-e a betegség romlását?

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Stabilométer a hozzá rendelt számítógépes programmal. Mértük 1 percen át a talpnyomás változását, mely mutatta a megtett utat, a mozgás sebességét, az antero-posterior és latero-laterális kitérés átlagát. Az instabilitás provokálására használtuk a bekötött szemet, és a 0,5, 1, 2 kg-os labdával való körözést a test körül

Beteganyag: 25 PD H-Y I-II stádiumú beteget hasonlítottunk össze 40 korban, nemben hasonló egészséges kontroll csoporttal. A csoportokat két részre bontottuk 65 év alatti és feletti csoportra.

### EREDMÉNYEK

A behunyt szem nem változtatta meg szignifikánsan az egyensúlyt se a PD se a kontroll csoportban. A súlyterhelés lineárisan fokozta az instabilitást minden mért paraméterben mind a kontroll, mind a PD csoportokban. A 65 év alatti PD csoport nem tért el szignifikánsan a korban hasonló kontroll csoporttól. A 65 év feletti csoportban szignifikánsan magasabb értékek voltak, mind a megtett útban, mind a mozgás sebességében.

Egy eset kapcsán demonstráljuk a posturalis instabilitás megjelenését stabilométerrel mérve, majd egy év múlva a betegség romlását.

### KONKLÚZIÓ

A behunyt szem és súlyterhelés alkalmas provokációs teszt a posturalis instabilitás mérésére. A 65 év feletti PD csoportban a posturalis instabilitás még H-Y I-II csoportban is provokálható súlyterheléssel. Korfüggően a posturalis instabilitás része a Parkinson-kórnak.

---

## A MAGYAR SZÜRKE SZARVASMARHA TESTMÉRETEINEK VIZSGÁLATA A VATEM OPTOMETRIAI MÓDSZERREL

Maróti-Agóts Ákos, Gáspárdy András

Állatorvostudományi Egyetem, Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Tanszék

[marotiagos.akos@gmail.com](mailto:marotiagos.akos@gmail.com)

### BEVEZETÉS

Napjainkban hatalmas mennyiségű molekuláris genetikai információ képződik naponta az állattenyésztésben. Például, a genomszekvenálás (NGS) hétköznapi mondható gyakorlata során több gigabájtnyi információ keletkezik egy egyedről, és a bioinformatikai feldolgozás után ez megsokszorozódik. Az érdekes, hogy eközben a küllemet, a fenotípust vizsgáló eljárások évtizedek, évszázadok óta szinte változatlanok. A magyar szürke szarvasmarha küllemét utoljára Bodó Imre professzor vizsgálta hagyományos eszközökkel az 1960-as években. 2001-ben a VATEM optometriai módszerrel vizsgáltuk először optometriai módszerrel a fajta teheneit. A VATEM módszerrel biztonságosan lehetett megmérni a külterjesen tartott hosszúszarvú fajtát.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatásunkban a marmagasság változását vizsgáltuk ismételten: 1040 tehenet mértünk meg 2001-ben, majd 15 évvel később, 2016-ban megismételtük a méréseket 1006 nőivarú állaton, hogy összehasonlítsuk az eredményeket, az esetleges változásokat keresve.

A mérést VATEM módszerrel, és az új, letölthető (vatem.hu) VATEM2 szoftverrel a 2001-es standard képek, valamint a 2016-os videofelvételek segítségével felhasználásával végeztük.

## EREDMÉNYEK

Marmagasság átlagok: Hortobágy 2001, 130,2cm(n=398,SD=4,45) 2016, 132,1(n=254, SD=5,23) Sarród 2001 133,8cm(n=113, SD=5,82) 2016, 132,4cm(n=252, SD=5,43); Bugac 2001, 133,5cm(n=192, SD=5,05) 2016, 138(n=303, SD=3,96); Tiszaiagar 2001, 133,3cm(n=178, SD=4,72), 2016, 137,2cm(n=190, SD=3,85).

## KONKLÚZIÓ

Az eredmények elemzése megmutatta, hogy az állomány nagyság növekedésével és főleg az áruterelés előtérbe helyezésével megjelenésével néhány tenyészetben a marmagasságok nőttek, jól tükrözve a tenyészcél megváltozását.

A gyors és egyszerű VATEM fenotipizálásra alapozva, a jövőben szeretnénk a GENBANK mintájára egy, a fenotípusos adatokat (testméretek, termelési adatok, testsúly, fényképek, videorészletek, stb.) tartalmazó adatbázist, a PHENBANK-ot létrehozni. Az adatbázisban teljességre törekedve igyekszünk összegyűjteni és elérhetővé tenni a fenotipizálási adatokat, remélve, hogy a GENBANK kiegészítése a PHENBANK adataival hatékonyabb állattenyésztési munkát eredményez majd.

A kutatást a VEKOP-2.3.2-16-2016-00012 pályázat támogatta.

---

## 3D NYOMTATÁS SZEREPE A GYÓGYÁSZATBAN

Falk György

Varinex Zrt.

[falk@varinex.hu](mailto:falk@varinex.hu)

---

Mára már mindenki hozzászólt, hogy a 3D nyomtatás szerepe egyre nő az orvoslásban is. A 3D nyomtatás kézzelfogható és jól számszerűsíthető előnyei miatt egyre bővül azon gyógyászati felhasználások köre, amelyek jelentős változást hoznak a gyógyászat napi gyakorlatában is, amelyek a hatékony biomechanikai megoldások mellett jelentős gazdasági hatásokat, előnyöket is biztosítanak. Az egyedileg gyártható implantátumok elősegítik annak a megközelítésnek széles körű elterjedését - a korábbi megfontolásokkal szemben - amely szerint az egyedi implantátumot „igazítsuk” a beteghez.

## AZ ELŐADÁS FŐ TÉMAKÖREI

Mit is jelent számunkra a 3D nyomtatás?

A 3D nyomtatás egy gyűjtőkifejezése a sokféle rétegről-rétegre építkező technológiai eljárásnak. Ezek közül a ma leginkább elterjedtebb eljárások az olvasztott huzallerakásos építkezés - Fused Deposition Modeling, FDM - az Objekt/PolyJet eljárás továbbá a szelektív lézer szinterezés - SLS - eljárás, annak poliamid porral illetve különböző fémekkel történő megvalósítása.

A 3D nyomtatási eljárások közös vonása, hogy mindegyik technológia a számítógépes 3D modellt szeleteli fel vékony rétegekre, amely rétegeket azután teljesen automatikusan épít egymásra. Az automatikus megoldásnak rendkívül nagy jelentősége van, hiszen ez azt jelenti, hogy nincs szükség semmiféle további emberi beavatkozásra, további pl. megmunkálási tervezésre, marópályák generálására - a 3D CAD modellünket közvetlenül betölthetjük akármelyik 3D nyomtatónk vezérlő egységébe és utána a teljes nyomtatási folyamat felügyelet nélkül valósul meg.

Betegek térbeli, 3D adatainak előkészítése a 3d nyomtatáshoz

A gyógyászatban, elsősorban a betegellátásban a térbeli adatok összegyűjtése teljesen más megközelítést igényel, mint az ipar más területein. A betegek adatait a gyógyászatban megszokott radiológia képalkotó eljárások közül - CT, MRI – felvételeinek feldolgozásával állíthatjuk elő. A tudományos előkészítő tevékenységek során a cadaverek ún. „fagyasztott” feldolgozása segíthet az élő betegek CT/MRI felvételeinek jobb megértését.

Melyek a 3D nyomtatás legfontosabb gyógyászati felhasználási területei?

Az egyik fő terület a különböző műanyagok 3D nyomtatással előállított modelljeinek felhasználása az orvoslás különböző területein. Ezen belül segédeszközök – pl. térdprotézis vágósablonjának 3D nyomtatása – és egyedi orvostechikai eszközök fejlesztése és gyártása kerül megemlítésre.

A másik fő terület a fémből, orvosi titán ötvözetből rétegről-rétegre összeolvasztott modellek felhasználása, különböző implantátumok gyártására. Ez az eljárást nevezik Szelektív Lézer Színterézésnek – SLS technológiának. Működése röviden: egy mechanizmus húz egy vékony – kb. 20-30 mikron vastag – fémpor réteget és a CT/MRI felvételek feldolgozásából keletkezett 3D modell segítségével megtervezett implantátum egymásra épülő rétegeit lézerrel védőgázban olvasztjuk össze.

A fém implantátumok felhasználása részletes ismertetésre kerül az egyes jól körülhatárolt orvosi területeknek megfelelően. Külön kerül ismertetésre a megfelelő csontintegrációt biztosító ún. trabekuláris szerkezeti kialakítás lehetőségeinek megoldásai.

Az implantátumok gyártásának három fő területe a következő:

- egyedi implantátumok tervezése és készítése
- beteghez igazított implantátumok tervezése és gyártása
- egy-egy sorozatban gyártható implantátum tervezési- és előállítási megfontolásai

Bemutatásra kerül még a GINOP-2.2.1-15-2017-00055 számú, K+F versenyképességi és kiválósági együttműködések pályázati körben megnyert: „Implantátumok osteoszintézisének kutatása és trabekuláris szerkezet kifejlesztése Additive Manufacturing alkalmazásával” című projekt néhány fontos eleme

### 3D-MARKERLESS SILHOUETTE TRACKING IN TRAINING AND COMPETITION

Thomas Hock

Simi Reality Motion Systems GmbH

[wellness-trade@t-online.hu](mailto:wellness-trade@t-online.hu)

Within sports and medicine, 3D biomechanical assessments are widely accepted methods to get precise information about movements and forces within the human body. Those data allow understanding relevant performance parameters and injury mechanisms. Current methods are too time intense and mostly restricted to a lab environment. With a new 3D silhouette based



markerless technology, Simi has the potential to deliver accurate data while being easy and quick to use directly on the pitch and in the field. Thus it provides new possibilities to implement biomechanics into practice and research and open new fields for big data analytics. Several studies already showed that 3D-Markerless tracking leads to sufficient biomechanical data in is therefore applicable for the use in sports and medicine.

In this presentation, Simi will show new concepts on how biomechanical analysis can be optimized based on modern technological, scientific and clinical know-how. Furthermore current research papers will be presented, showing data accuracy and new possibilities for the sports and medicine market.

---

## ZEBRIS ... A MOZGÁSBAN LÉVŐ JÖVŐ

Rappensberger Csaba

Zebris GmbH

[wellness-trade@t-online.hu](mailto:wellness-trade@t-online.hu)

---

Rehawalk® A new treadmill based system for the treatment of gait disorders

- Legújabb innovációk:

- CanidGait – Állatok járásanalízise
- Dog Analysis – Kuttyák járásanalízise
- Horse Analysis – Lovak járásanalízise
- LiveGait: Járás analízis valós idejű visszajelzéssel a lépés és nyomás paramétereiről, valamint adaptív vizuális és akusztikus iránymutatással/ stimulációval (Gait Analysis with realtime Feedback of Step- and Force-Parameters, Adaptive Visual and Acoustic Cueing)
- Balori® Balance egyensúly és koordinációs tréning egészségmegőrzési céllal (balance and coordination training for health prevention for early adopters and best agers)