

# XVI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2011. március 24–25.

## KÉSZÜLÉK ÉS MÓDSZER KIDOLGOZÁSA TÉRD PROTÉZISEK MINŐSÍTÉSÉHEZ

BALASSA Gábor Péter, dr. M. CSIZMADIA Béla, KATONA Gábor

### Abstract

The biomechanics is a relatively new topic; it describes the behaviour of living organisms which is developed by the synergy of biology and mechanics. The Biomechanical Research Team of the Szent István University is working for a long time with the human knee joint which is the most complex joint of the human body. The research team designed an experimental apparatus for the measurement of cadaver knee movements. The designing of new generation of prosthesis is based on the measurements made on the apparatus. A new part was designed to the experimental apparatus to make it suitable for testing and qualifying the new prosthesis. Hereby we made the apparatus suitable for knee prosthesis movement measurement and for qualification as well. Under the prosthesis certification process we compare the results with the rotation - flexion and force graphs which are measured on the cadaver knee. We make the prosthesis movement the help of a stepper motor, because it allows us to measure in the whole flexion range (120°).

### Keywords:

biomechanics, knee, kinematics, prosthesis, experimental apparatus

### Összefoglalás

A biomechanika az élő szervezetek mechanikai viselkedését leíró, viszonylag új tudományterület, amely a biológia és a mechanika fejezeteiből alakult ki. A térdízülettel, mint a legösszetettebb ízület biomechanikájával a Szent István Egyetem Biomechanikai Kutatócsoportja hosszabb ideje foglalkozik. Munkájuk során halott (cadaver) személyek térdének mozgásvizsgálatára alkalmas berendezést hoztak létre. Az eszközzel végrehajtott kísérleti mérések képezték egy új generációs protézis kifejlesztésének alapját. Az új protézis mozgásának vizsgálatához a cadaver vizsgálóberendezéshez egy kiegészítő berendezést készítettünk. Ezáltal alkalmassá tettük a készüléket protézis mozgásvizsgálatára és minősítésére is. A protézis minősítési folyamattal a cadaver térden kimért – rotáció-flexió; előfeszítő erő- flexió – diagramot a protézis mozgatása során is meghatároztuk. A protézis mozgatását egy léptetőmotorral valósítottuk meg, így a protézis megközelítőleg a teljes térdbehajlítás (120°) mozgástartományában vizsgálható.

### Kulcsszavak:

biomechanika, térd, kinematika, protézis, kísérleti berendezés

### 1. Bevezetés, célkitűzés

A XXI. század egyik nagy ortopédiai problémája az emberi ízületekben levő porcszövet kopása (arthrózis), amely idővel kezelésre szorul. Az ízületekben a csontok egymáshoz viszonyított súrlódás és kopásmentes elmozdulását az íz felszíneket borító tükörporc és az ízületi folyadék biztosítja. A kor előrehaladtával romlik tribológiai tulajdonságuk, ami a felszínek kopásához vezethet.

Gyógyíthatatlan arthrózisos megbetegedés esetén teljes porcpótlásos térdprotézis (TKR) beültetése válhat szükségessé. A mai térdprotézisek nem valósítják meg az emberi térd valós mozgását [4], így egy az emberi térd mozgását leképező térdprotézis megalkotásához elengedhetetlen a térdmozgások

pontosabb megismerésére. Jelen tanulmányban az emberi térdízület vizsgálatát emelnénk ki, ugyanis kutatócsoportunk évek óta foglalkozik a térdízület mozgásvizsgálatával.

Ennek vizsgálata érdekében a Szent István Egyetem Biomechanikai Kutatócsoportja egy kísérleti mérőberendezést [3] hozott létre. A cadaver térdet, mint az emberi térd mozgását legpontosabban leíró modellt [2] alkalmaztuk a kutatás során. A kutatócsoport eredményeit is felhasználva Krakovits Gábor orvosprofesszor új térdprotézist szabadalmaztatott, így felmerült az igény a cadaver térden végzett mérési eredmények és a kifejlesztett protézis mozgásának összehasonlítására.

A kutatómunka célja egy olyan automatizált protézisvizsgáló berendezés tervezése, amely a cadaver térd vizsgáló berendezés kiegészítéseként, azt alkalmassá teszi protézis vizsgálatára és minősítésére is. Célkitűzésünk egy olyan készülék tervezése volt, amely a protézis mozgását automatizáltan, emberi beavatkozás nélkül valósítja meg a teljes térdbehajlítási tartományban. Diszkrét mérési eredményeket biztosít, és a nagyszámú mérési ismétlések eredményeként a mérési pontatlanság a minimális hibahatáron belül marad.

## 2. A protézis

A térdízületet alkotó, egymáson elmozduló combcsontfej és lábszárcsontfej geometriája nem hengerfelszínre, hanem folyamatosan változó görbületi sugárral rendelkező felületet képez. *Ezek geometriája határozza meg a lábszár combcsontéhoz viszonyított mozgását egy térdbehajlás során.* Ez a mozgás a 3. ábrán látható három jellemzővel írható le: hajlítás (flexió), lábszártengely körüli elfordulás (rotáció) és oldalirányú kitérés (abdukció).

A térdet alkotó ízület nem merev anyagokból épül fel, úgy mint a combcsontfej, lábszárcsontfej és a felületek között elhelyezkedő meniskus. Ebből adódóan egyszerű geometriai másolással nem készíthető el a kívánt mozgást teljesítő térdprotézis. Ugyanakkor egy protézis a térdízület mechanikai modellje kell legyen. De a protézis kobalt-molibdén ötvözetből és műanyagból áll, így egy olyan protézisre van szükség, amely a természetes és a mesterséges anyagok eltérő tulajdonságaiból és a meniskus létezéséből adódó problémákat kompenzálva, a valós mozgás megvalósítását biztosítja. *Következésképpen nem geometriai modellt, hanem kinematikai - kinetikai modellt kell létrehozni.*

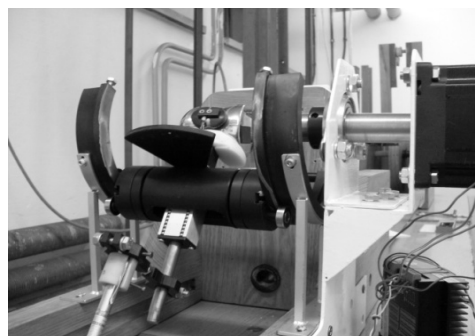
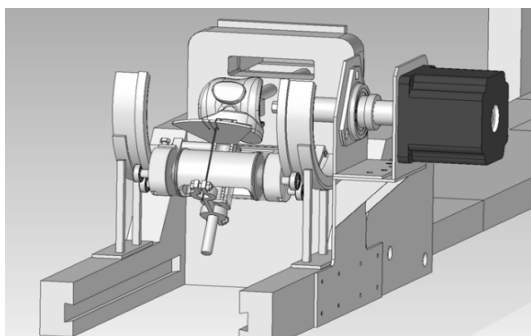
A jó protézisnek a cadaver térden korábban meghatározott mozgást – térd rotáció-flexió; előfeszítő erő-flexió – leíró diagramot kell követnie. Mindemellett a készüléket úgy kellett kialakítani, hogy ezt a protézis által vezérelt összetett mozgást a készülék szabadon megengedje, semmilyen módon ne korlátozza.

## 3. A készülék, eredmények

A készülék két fő részegységre tagolható: a protézisvizsgáló részre illetve a protézis mozgását végző mozgató mechanizmusra. A vizsgáló rész poliamidból készült. Kialakítását tekintve szimmetrikus berendezés, kétoldali vezetőpályával van ellátva. A pálya szükségessége a folyamatos terhelésfelvitellel, és a protézis összetartásával indokolható. A protézis lábszárcsonti komponenséhez kapcsolódik a rotációt mérő tengely, így az a lábszárcsont modellje. Fontos megjegyezni, hogy a méréseket ugyanabban

az anatómiailag meghatározott koordináta-rendszerben kell elvégezni, mint amit a cadaver méréseknél [1] alkalmaztak. Ezáltal a két mérés eredményei összevethetőek. A koordináta-rendszer egyeztetése végett egy csuklós kapcsolatot hoztunk létre a lábszárcsont modell és a protézis tibiális komponense között, amivel a lábszártengely változtatható.

Figyelembe véve Krakovits Gábor orvosprofesszor megállapítását – miszerint a protézis mozgását kizárólag a protézis felszínek határozzák meg – egy térdbehajlítás során egyedül a hajlító erőt vezéreljük. A többi mozgás a konstrukcióból adódóan szabadon, a *protézisfelszín által meghatározottan* képes létrejönni. A behajlításhoz szükséges erőt egy léptetőmotor segítségével hoztuk létre.



**1. ábra.** A készülék 3D modellje és a méréshez előkészített berendezés

A mérés során regisztráljuk a rotációt a behajlítás függvényében, illetve a flexióhoz szükséges erő változását is rögzítjük. A készülékkel kapott eredményeket és a cadaver térden meghatározott és publikált eredményeket felhasználva az orvos csoport folyamatosan tökéletesíti a protézis felszíneket.

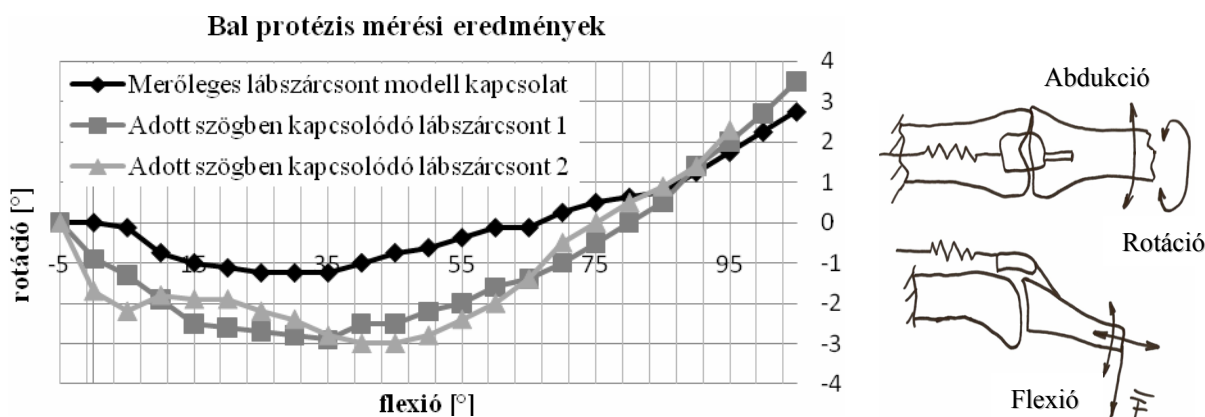
#### 4. Protézis minősítése

A protézis minősítés folyamata a következő megállapításokat tehetjük. A készülék a megközelítőleg teljes (120°-os) behajlítási tartományban alkalmas a protézis által létrehozott mozgásvizsgálatra. A minősítés során azonban elegendő csak az első 60°-os flexiós tartományt értékelni, ugyanis anatómiai szempontból a mozgás kényszerített szakasza eddig tart.

A minősítéshez a protézissel kapott rotáció-flexió görbét 60°-os tartományig a cadaver méréseknél kimért görbékhez viszonyítjuk úgy, hogy a cadaveren meghatározott 0°-os flexió esetén a rotáció értéke 7° legyen, az emberi test anatómiájának megfelelően.

*Az így kapott hibafüggvénnyel jellemezhető a protézis jósága.* Ennél a megoldásnál elkerülhetetlen arra figyelni, hogy a rotáció-flexió görbe alakja a koordináta-rendszer felvételétől is függ. Ahhoz, hogy a hibafüggvény reális eredményt adjon a cadaver térden felvett koordináta-rendszer és a protézisen felvett koordináta-rendszer meg kell egyezzen. Ennek beállíthatóságát a készülék biztosítja.

Ha a tibiális protéziskomponenshez rögzített koordináta-rendszer helyzete változik a komponenshez képest, a mért rotáció-flexió görbe jellege változik. A 2. ábrán egy protézis mérési eredményeit mutatjuk be kétféle koordináta-rendszer beállítással, több mérés átlagaként. Az első esetben a lábszárcsont modell merőlegesen kapcsolódott a protézis tibiális komponenséhez, majd egy adott szögben. A két di-



**2. ábra.** A protézis rotációja a flexió függvényében

**3. ábra.** A térdízület mozgásformái

agram között egyértelmű eltérés látható, így megállapíthatjuk, hogy a koordináta-rendszer helyes felvétele elengedhetetlen a minősítési folyamat során. (A kimért protézis egy kísérleti darab. Az ábra csak a koordináta-rendszer felvételének hatását szemlélteti.)

A készülék tervezése során korszerű mérnökinformatikai rendszereket alkalmaztunk. A protézisvizsgáló berendezés egyes alkatrészeinek egymáshoz viszonyított megfelelő kényszerezése segítségével már a 3D modellbe beillesztett protézisen is elvégezhetőek az előzetes ellenőrző mérések.

## 5. Összefoglalás

Munkánk célja egy térdprotézis minősítésére alkalmas vizsgálóberendezés létrehozása. A berendezés univerzális kialakításából adódóan bármely kutatócsoport által fejlesztett, és a jelenleg használatban lévő térd protézis vizsgálható. A készülékkel végzett mérési eredmények összehasonlíthatóak a cadaver térden végzett mérési eredményekkel, így igazolható a protézis megfelelő funkcionális működése. A berendezés a mérnöki és az orvosi gyakorlatban egyaránt általánosan alkalmazható.

## Irodalom

- [1] Andrónyi Kristóf, Szobonya László: *A térdízületi tengelyek meghatározásának jelentősége az emberi térd vizsgálatnál*; A-0042; III. Magyar Biomechanikai Konferencia
- [2] Bíró I., Csizmadia B. M., Katona G.: *New approximation of kinematical analysis of human knee joint*, Bulletin of the Szent István University, ISSN 1586-4502 2008, p. 330-338
- [3] dr. M. Csizmadia Béla, Katona Gábor, Szakál Zoltán, dr. Bíró István: *Kísérleti berendezés cadaver térdízület mozgásanalíziséhez, kísérleti méréssorozat értékelése*, Gödöllő, 2005
- [4] M.A.R. Freeman, V. Pinskerova: *The movement of the tibio-femoral joint*, Journal of biomechanics 38 (2005) 197-208

**Balassa Gábor Péter**, egyetemi hallgató – balassag@gmail.com

**dr. M. Csizmadia Béla**, egyetemi tanár CSc – csizmadia.bela@gek.szie.hu

**Katona Gábor**, egyetemi adjunktus – katona.gabor@gek.szie.hu

Munkahely: Szent István Egyetem – Gépészmérnöki Kar – Mechanika és Műszaki Ábrázolás Tanszék  
Cím: H-2103 Gödöllő, Páter Károly utca 1.  
Telefon: +36-28-522-000