

## ALSÓ VÉGTAG GYÓGYULÁSÁT SEGÍTŐ ANGEL HEEL KÉSZÜLÉK ÉS RENDSZER

INTELLIGENS ERŐMÉRŐ CELLA ALKALMAZÁSA GYÓGYÁSZATI CÉLBÓL

Molnár Péter, Németh István, Farkas László, Juhász Tibor

Metalelektro Méréstechnika Kft.

[mpeter@metalelektro.hu](mailto:mpeter@metalelektro.hu)

---

### Absztrakt

A sérült alsó végtag gyógyulásához az orvosok szerint szükséges a végtag bizonyos mértékű terhelése. A teljes terhelésmentesítés ugyanúgy késleltetheti a csont összeforradását, mint a tartós túlterhelés. Ennek elkerülése érdekében a beteget meg kell tanítani az optimális terhelést eredményező járásra. Ezt a folyamatot hivatott segíteni, illetve a gyógyulás közben a végtagot ért terheléseket rögzíteni egy adatgyűjtővel egybeépített erőmérő cella, melynek fejlesztéséről számolunk be.

**Kulcsszavak:** alsó végtag, terhelésmérés, visszajelzés, adatgyűjtés

---

### Angel Heel device and system for supporting the recovery of lower limb Intelligent load cell for medical purposes

#### Abstract

According to medical research, exertion of a certain level of loading to injured lower limbs is considered as important from the point of view of their recovery. Total unloading would decelerate coalescing of bones just like their permanent overloading. In order to avoid it, patients must be trained to walk with optimal load on lower limbs. A data logger with built-in load cell is designated both to sustain this process and to store data on load values exercised to limbs during recovery as well. The report below tells how this device was developed.

**Keywords:** lower limb, load measurement, feedback, data logging

---

#### Bevezetés

Az Angel Heel fejlesztés alapvető célja egy olyan elérhető árú eszköz és rendszer létrehozása, amely egyrészt segíti a beteget a helyes végtagterhelés tanulásában, másrészt a gyógyulási folyamat alatt mért és tárolt adatokkal segíti az orvost az esetleges problémás esetekben.<sup>1</sup>

Az alsó végtag helyes gyógyulási folyamatának elengedhetetlen feltétele a részleges tehermentesítés, mert a teljes tehermentesítés ugyanúgy késleltetheti a csont összeforradását, mint a tartós túlterhelés. A gyógyulási folyamat során a végtagra egyre nagyobb terhelés juthat egészen a teljes terhelés 70%-áig, ami után a beteg többnyire megfelelő ütemben átvezeti magát a teljes terhelésig. A beteget meg kell tanítani az optimális terhelést eredményező járásra!

## Módszerek

Az alsó végtag terhelésének mérésére kifejlesztett készülékek és módszerek változatai számos formában megtalálhatók az elmúlt évtizedek kutatási anyagaiban, azonban széles körű gyakorlati alkalmazásukra jelenleg még nem került sor.

Jellemzően a cél az, hogy az alsó végtagra jutó terhelésről objektív módon kapjon visszajelzést a beteg. Tehát ezen rendszereket az minősíti, hogy megfelelő pontossággal képesek-e mérni a terhelést, és hogy milyen módon képesek visszajelzést biztosítani. A gyakorlati alkalmazást figyelembe véve azonban további szempontokat is figyelembe kell venni egy jól használható eszköz megvalósításához:

- a mérési eredmények tárolásra kerüljenek, letölthetőek legyenek;
- komfortos és gyógyászati szempontból megfelelő segédeszközt kapjon a beteg;
- a beteggel érintkező részek cserélhető vagy sterilizálható elemekből álljanak;
- üzembiztos és kevés karbantartást igénylő kivitelezéssel készüljön;
- alacsony beruházási és üzemben tartási költség elérése.

Ezen igényeknek megfelelő eszközt jelenleg nem lehet beszerezni.

Két korlátozottan alkalmas eszköz szerezhető be: a Pedar Modar és az Andante SmartStep rendszere.

Ezek a termékek csak a rövid ideig tartó betanításra alkalmasak a kis kapacitású akkumulátor, korlátos adattároló és lábszárra erősített műszer miatt. Magas áruk (8000 \$ és 6000 \$) miatt ezen eszközök használata a gyógyulás teljes ideje alatt csak korlátozottan képzelhető el.

## Eredmények

Az Angel Heel rendszer célja egyrészt az alsó végtag gyógyulásához szükséges optimális terhermentesítés támogatása a betegek számára, másrészt a mérési eredmények segítségével a gyógytornász vagy orvos könnyebben ellenőrizheti és szabályozhatja a gyógyulási folyamatot. Ebből a célból a teljes terápia alatt keletkezett adatok rögzítésre kerülnek a készülékben.

Az Angel Heel rendszert kifejlesztő Metal-elektro Méréstechnika Kft. mindvégig szem előtt tartotta azt, hogy a készülék végfelhasználói ára és az üzemben tartás költsége a lehető legkisebb legyen.



a)

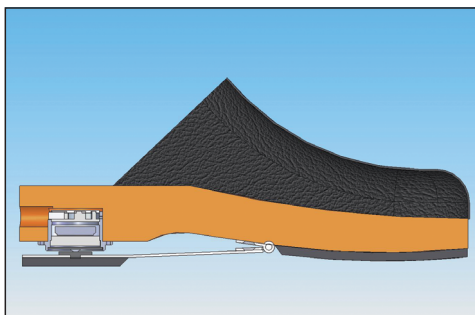


b)

1. ábra. (a) Pedar X és (b) Andante SmartStep gyógyászati segédeszközök

A témához kapcsolódó tanulmányok szerint a tehermentesítéskor a lépés első fázisa felértékelődik, mert a teljes talp leérkezését megelőzően a terhelésgörbe felfutása jóval intenzívebb, mint a leterhelés fázisában, ezért elegendő a terhelést a sarokrésznél mérni.

Így olyan eszköz kifejlesztése volt a cél, amely gipszsarokba és gyógyászati papucsba egyaránt beépíthető.



2. ábra. Erőmérő cella beépítése gyógyászati papucsba

mérlegen végzett járás során rögzített eredmények segítségével állítható be a betegre jellemző terhelési együttható, amely korrigálja az eltérő járásmódból származó mérési hibákat.

Az erőmérő cella a visszajelző eszköztől függetlenül is folyamatosan méri a végtag terhelését. Detektálja a lépéseket és meghatározza az adott lépésnél a végtagra nehezedő maximális terhelést.



3. ábra. Az intelligens erőmérő cella és a karóraként is funkcionáló terhelést visszajelző eszköz

Az Angel Heel rendszer elemei:

- Intelligens, kompakt erőmérő cella (Angel Heel Logger), amely gyógyászati papucsba vagy gipszsarokba építhető;
- Visszajelző eszköz (Angel Heel Feedback device);
- Kontrollmérleg és RF kommunikációs modul PC-hez csatlakoztatva (Angel Heel USB-RF modul);
- Angel Heel szerverprogram (Angel Heel server program).

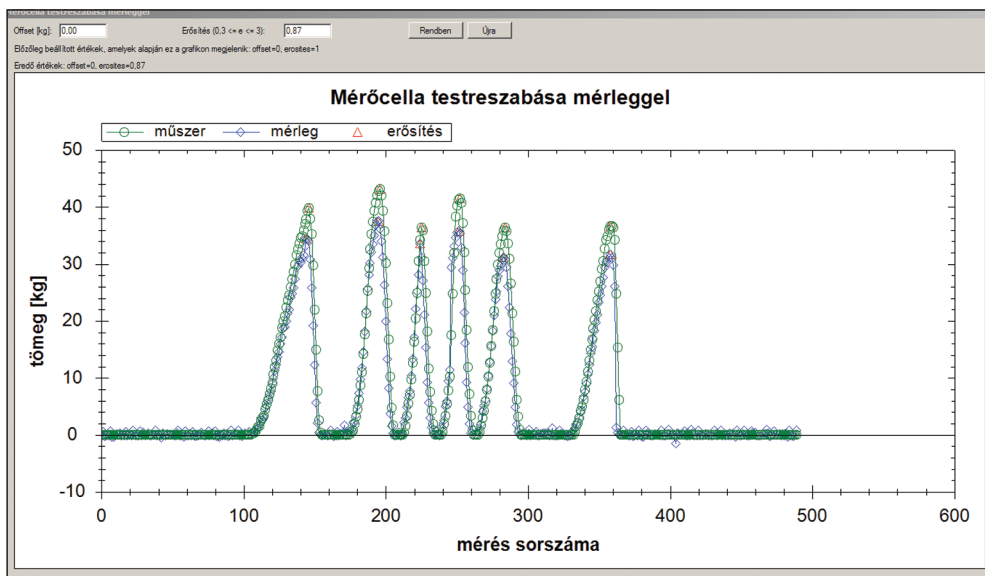
A gyógytornász/orvos egy, az Angel Heel rendszerhez tartozó speciális kontrollmérleg segítségével állítja be a pontos terhelés értékeket. A beállítás során a kontrollmérleg mérési eredményei USB-kapcsolaton, a Angel Heel Logger erőmérő cella mérési eredményei pedig vezeték nélküli rádiófrekvenciás kapcsolaton keresztül online jutnak a PC-be. A kontroll-

A mért terhelésnek megfelelően képes visszajelzést adni a beteg számára, így könnyítve az orvos vagy gyógytornász által beállított optimális érték betartását.

A gyógytornász/orvos a kezelés alatt keletkezett adatok lementésével tájékozódhat a végtagot ért terhelésmaximumok értékéről és számáról, amelyeket figyelembe vehet a további kezelések során.

A mért adatokat a műszer az elem (vagy akkumulátor) teljes lemerülése esetén is korlátlan ideig megőrzi.

A visszajelző eszköz nem tárol terápiához kapcsolódó adatokat. A visszajelző eszközt a gyógytornász tudja beállítani, hogy a megfelelő beteghez tartozó erőmérő cellát keresse a kapcsolat létrehozásakor. Így több intelligens



4. ábra. Mérőcella testreszabása a mérleggel

Angel Heel Logger erőmérő cella is működhet a hozzárendelt visszajelző eszközzel azonos helyen.

A visszajelző eszköz egy karóra kivitelű készülék, amely a mérési eredményeket megjeleníti és képes figyelmeztető hangjelzést adni az előírt terhelésértéken kívüli értékek esetén. A visszajelző eszközt a betegnek nem szükséges a kezén tartania, rögzíthető a járókeretre vagy felcsatolhatja a táskájára.

Az informatikai rendszer „lelke” egy webszerveren futó program. A programhoz böngésző-programokkal (Internet Explorer, Firefox, Google Chrome) lehet hozzáférni.

A mérőműszerből a mért adatokat egy letöltő-program olvassa ki, amely a kiolvasott adatokat a műszer azonosítójával együtt az interneten titkosított csatornán keresztül küldi el a szerverprogramnak.

A betegként tárolt információk e-mail cím és titkos jelszó megadásával bármikor, bár-

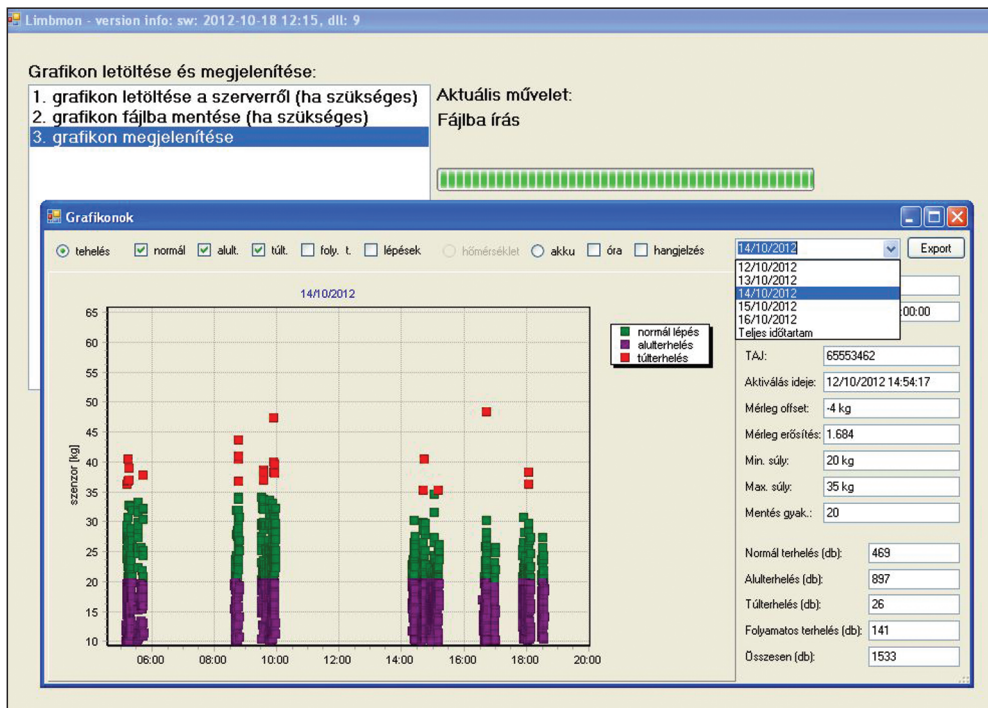
honnan hozzáférhetőek a megfelelő jogosultság esetén. A tárolt információk grafikusán is megjeleníthetők (5. ábra).

A program az általa kezelt adatokon végzett minden hozzáférést és módosítást naplóz.

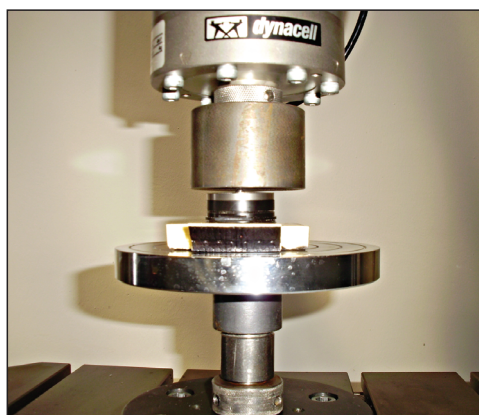
Az eltárolt információk alapján ellenőrizhető, volt-e kellő számú részleges tehermentesítés, valamint túlterhelte-e a beteg a sérült végtagját, és ha igen, milyen mértékben és hányszor.

Az Angel Heel Logger erőmérő cella dinamikus vizsgálatait a Budapesti Műszaki Egyetem Biomechanikai Kooperációs Kutatóközpontja végezte el egy INSTRON 8872 szervo-hidraulikus vizsgálógéppel. A mérőcella tesztelése során olyan mérések is történtek, ahol a valós beépítésnél használt közvetítő anyagok (pl. gumitalp) is részt vettek a dinamikus vizsgálatban.

A tesztelések eredményei azt mutatták, hogy a mérőrendszer felbontása megfelelő, és a statikus terheléstartományon jól működő erőmérő



5. ábra. A mérési eredmények megjelenítése grafikus formában



6. ábra. A mérőcella dinamikus tesztelése szervo-hidraulikus vizsgálógéppel



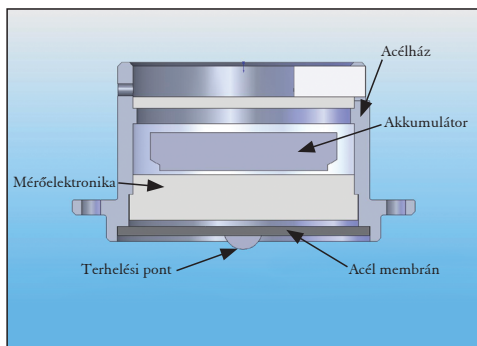
7. ábra. Az intelligens erőmérő cella

cella a gyors terhelésimpulzusok esetén is kiváló eredményt szolgáltat.

Az erőmérő cella első változata (L3V4) már ismertetésre került a 2012-es DAS konferen-

cián „Intelligent load cell as a new medical aid” címmel.<sup>2</sup>

A továbbfejlesztett cella (L3V5) akkumulátort tartalmaz, amely rendszeres töltéssel korlátlan



8. ábra. Az intelligens erőmérő cella felépítése

használatot tesz lehetővé, míg az L3V4 cserélhető elemes változatnál maximum két hétig maradhat távol a beteg a következő kontrollig,

viszont a betegnek nem kell az erőmérő cella töltésével foglalkoznia.

Az L3V5 intelligens erőmérő cella képes maga is hangjelzésekkel segíteni a beteget, alkalmazása esetén a visszajelző eszköz használata nem szükséges, csak javasolt.

A klinikai tesztek a DE OEC Ortopédiai Klinikának átadott tíz pár Angel Heel Logger erőmérő cellával ellátott gyógyászati papucs-csal kezdődtek meg és csak ezen cikk megjelenése után fejlődnek be.

A klinikai tesztek eredményeiről későbbi lapszámban számolunk be.

## IRODALOM

1. Pálinkás J, Daróczy L, Pék G, Manó S, Csernátony Z. Elektronikus járósarok az alsóvégtagi tehermentesítés betanítására és kontrolljára. First Hungarian Conference on Biomechanics. Budapest 2004;342–7.
2. Molnár P, Németh I, Farfás L, Juhász T. Intelligent load cell as a new medical aid. Danubia-Adria Symposium. Belgrad 2012;70–1.

*A készülék fejlesztése az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. Azonosító: GOP-1.1.1-09/1-2010-0183*

**Dr. Molnár Péter**

Metalelektro Méréstechnika Kft.

H-1119 Budapest, Borszék köz 13.

Tel.: (+36) 1 203-0387