

Elektrotenzométeres próbapad a törött, hosszú csontok viszonylag nagy elmozdulásának mérésére

Száva János¹ – Őamotă Iosif² – Dani Péter³ – Necula Radu⁴ – Barna Andrei⁵

Előszó

A hosszú emberi csont, mint például a lábszárcsont, törés utáni rögzítésekor fiziológiai szempontból alapkövetelmény

- a csont eredeti hosszának biztosítása,
- az apró elmozdulások engedélyezése és az, hogy
- a csont eredeti hosszúságára visszatérhessen a külső terhelés megszűnte után.

A korszerű klinikai praxis bizonyítja, hogy ha ezek az alapkövetelmények teljesülnek, akkor a felgyógyulási időszak tetemesen lerövidül.

A mikron nagyságrendű elmozdulások mérésének tanulmányozására, melyek a törött részek összeforradásának kezdeti állapotában észlelhetők, a szerzők már előzőleg kidolgoztak egy eredeti eljárást, mely a holografikus interferometriát használja fel mint nagy pontosságú módszert. Erre a célra egy eredeti próbapadot szerkesztettek [1], amelynek segítségével tanulmányozták a törés közvetlen közelében az elmozdulásmérő és ennek hatására fellépő feszültségterjedést, abban az esetben, amikor a gyógyulás már 20% ép csontot tételezett fel [2, 3]. A feszültségterjedésnek azért nagy a szerepe a gyógyulási időtartam lecsökkenésében, mivel hatására – a Perren-féle elmélet alapján, figyelembe véve a csontnak piezoelektromos tulajdonságait – a gyógyulás kezdeti időszakában a törött csontrészek viszonylag kis elmozdulásai hasznosnak bizonyultak [3]. Ezt dr. Őamotă klinikai praxisa is alátámasztja [3, 4].

A viszonylag nagy (mm nagyságrendű) elmozdulások esetében a fent említett módszer nem alkalmazható, mivel a holografikus interferometria feltétele a $\lambda/4$ -nél kisebb elmozdulások, ahol $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, a jelen esetben használt HeNe lézer által kibocsátott monokromatikus fény (itt: piros) hullámhossza. E módszert csak úgy lehetne alkalmazni, ha a terhelést sok, viszonylag kis terhelésnövekedéssel valósítanánk meg, de ez viszont nagyon munkai igényessé tenné az eljárást.

Ez készítette szerzőket arra, hogy kifejlesszenek egy saját elektrotenzométeres próbapadot, amellyel a mm nagyságrendű elmozdulások (0,01...4 mm) folyamatosan követhetők.

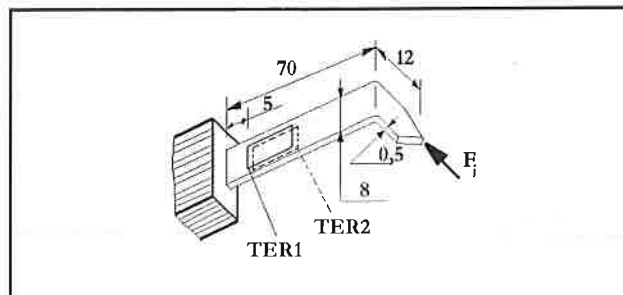
A próbapad leírása

A próbapad érzékelőeleme egy 0,5 mm vastag rugóacéllap, amelyre félhidas kötésben két, 6 mm aktív hosszúságú, TER1 és TER2 mérőbolyeget ragasztottak, s amely az F_j erő hatására deformálódik (1. ábra). A 2. ábra az egyik ilyen érzékelőelem kalibrálási görbéjét mutatja be, ahol az U elektromos feszültség (a mérőhíd jele) a δ elmozdulás függvényében van kifejezve.

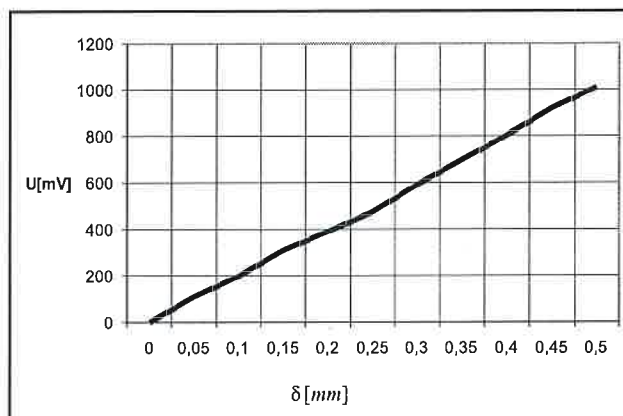
A tényleges próbapad alsó, illetve felső csont-befogó részből, terhelő szerkezetből (mely az F erőt eredményezi), két, igen merev, a törött csont részeire erősített, G_1 és G_2 gyűrűből, valamint 8 db érzékelőelemből ($A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2, D_1$ és D_2) áll (3a. ábra).

Minden gyűrűre négy-négy előfeszített érzékelőelem támaszkodik úgy, hogy mindenképpen követni tudják a gyűrű felfele, illetve lefele történő elmozdulását.

A tanulmányozott törött, illetve ép csontot (jelen esetben júlhlábszár-



1. ábra. A próbapad érzékelőeleme



2. ábra. Az egyik érzékelőelem kalibrálási görbéje

csont), mindkét végén gipsztestbe ágyazták, és egy gépjárműmotor öntőformának használt, előzetesen megfelelően kialakított, dugattyúit, gyűrűkkel együtt, a saját hengerköpenyükbe helyezték vissza. Ezeket pedig a próbapad tartószerkezetére, csavarok segítségével, mereven rögzítették.

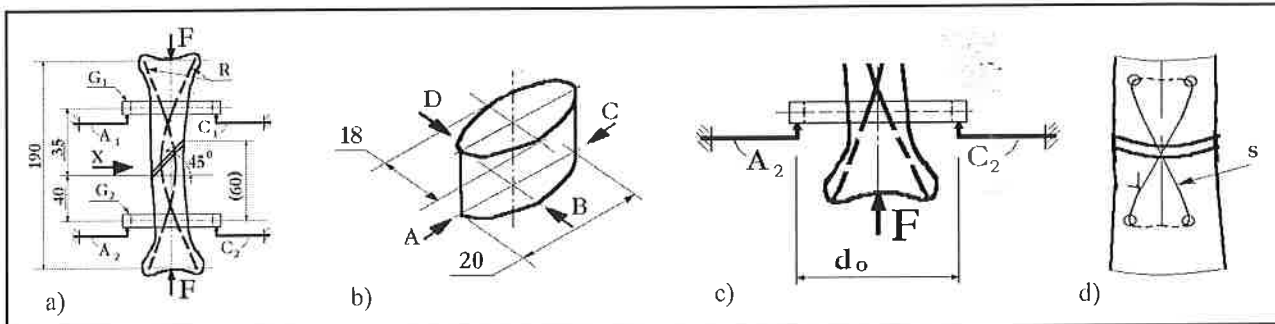
Az alsó merev G_2 gyűrű azért szükséges, hogy a gipsztest véges merevségét is ki lehessen küszöbölni a mérési eredményekből. Ugyanakkor, mivel a törött részek egymáshoz viszonyítva térben mozognak el (elvéleg elfordulnak és ugyanakkor el is mozognak függőleges irányban), a 4-4 érzékelőelem párosával, két merőleges átmérő irányában, lett rögzítve (3b. ábra). Ezek az érzékelőelemek függőleges irányban elmozdíthatók és rögzíthetők a gyűrűk szintjén.

Így lehetőség nyílt arra, hogy nemcsak ugyanabban a függőleges síkban lehessen a viszonylagos lineáris elmozdulásokat kimutatni, mint a két érzékelőelem által nyújtott jelek $\Delta_{1,2}$ különbségét (például A_1-A_2 vagy C_1-C_2), hanem a törött részek szögelfordulását is. Ez a φ szögelfordulás a megfelelő párok (A_1-A_2 és C_1-C_2 illetve az ezekre merőleges síkban levő B_1-B_2 D_1-D_2 elempárok) viszonylagos $\Delta_{1,2}$ lineáris elmozdulásából és az érzékelő elemek egymástól való d_0 távolságából (3c. ábra) kiszámítható:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\Delta_{1,2}}{d_0}\right)$$

Tehát a módszer két, egymásra merőleges függőleges síkban, lehetővé teszi mind a lineáris, mind pedig a szögelfordulások megfelelő pontossággal való feltérképezését. Ugyanakkor lehetővé válik különböző típusú rögzítések minőségi és mennyiségi összehasonlítása is,

1) dr., egyetemi tanár; 2) dr., egyetemi docens, ortopéd orvos; 3) tudományos kutató; 4) tanársegéd; 5) dr., ortopéd orvos, egyetemi adjunktus; mindannyian a Brassói Transzilvánia Egyetem munkatársai



3. ábra. a) A próbapadba befogott csont b) Az érzékelőelemek rögzítési helyzei c) A d_0 távolság értelmezése d) A törött csont egymáshoz rögzítése fémszállal

annak érdekében, hogy a gyógyulás minél eredményesebb és ugyanakkor időtartama rövidebb is legyen.

Mérési eredmények

A 4. ábra a javasolt módszer előnyeit szemlélteti a különböző rögzítési típusok összehasonlításában.

Szerzők négy különböző esetet tanulmányoztak:

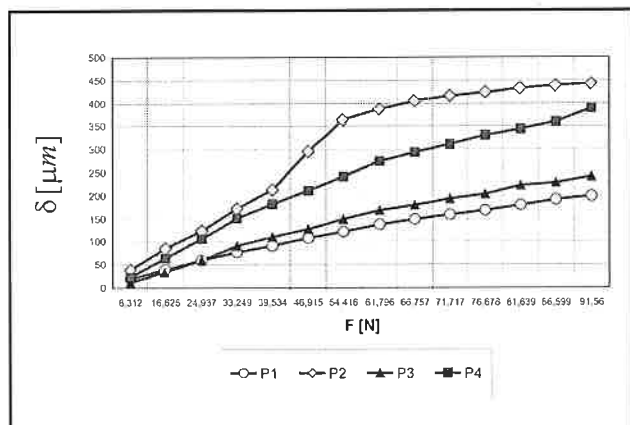
- a csontrészek belsejében két rugalmas R fémpálcával (P_2 eset) megvalósított rögzítést;
- két rugalmas R fémpálcát és egy egyoldali külső – a C_1 - C_2 függőleges síkban elhelyezett – rögzítő használatát (P_3 eset);
- két rugalmas R fémpálcát és egy sajátos, nyolcas alakú (a törésnek az A_1 - A_2 függőleges síkjában elhelyezett), 0,5 mm átmérőjű s fémszállal álló, az A_1 - A_2 függőleges síkban való rögzítést (P_4 eset), melyet a 3d. ábra mutat be (a 3a. ábrán mutatott X irányból figyelve a törött csontot) [4];
- az ép csontot (P_1 eset), mint összehasonlításra alkalmas elemet.

Összefoglalás

A 4. ábrán bemutatott eredmények a felső remeg gyűrű szintjéről származnak (D_1 érzékelő), és a legfeljebb pár száz mikrométer nagyságú lineáris elmozdulások jól illusztrálják a módszer érzékenységét.

A bemutatott elektromechanikus próbapad előnyei között megemlíthetők a következők is:

- a próbapad egyaránt alkalmas kis-, illetve nagyméretű csontok tanulmányozására; és
- mivel az érzékelőelemek deformációja csak nagyon kis erőt igényel, ezért segítségével gyakorlatilag a valós jelenségeket lehet feltérképezni (tanulmányozni).



4. ábra. A különböző módon rögzített törött csont (P_2 , P_3 és P_4) és az ép csont (P_1) elmozdulás-erő diagramjai

A szerzők remélik, hogy a közeljövőben folytatandó kísérleteik hasznos információkat fognak nyújtani a sebészeknek a hosszú csontok rögzítési módszerének optimális megválasztásához.

Irodalom

- 1) I.Száva, I.Şamotă, V.Ciofoaia, Lucia Georgescu, V.Chalapco, G.Muntean: The Holographic Investigation of the Intact and Oblique Fractured Bones; the Effect of the Excentrical Fixation. The 15th "Danubia-Adria" Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics, 30. 09. – 03. 10. 1998, Bertinoro, Italy. Proceedings of the Symposium, Cod ISBN : 953-96243-1-2, p.159-160.
- 2) I.Száva, V. Ciofoaia, I. Şamotă: Analysis of the tension/strain – stress state of the human femur during the healing process. The 4th Polish Scientific Conference "Biomechanics'99", Wrocław – Polanica Zdroj, Polonia, 08–11. 09. 1999. Proceedings of the Conference, Cod ISBN : 83-7085-433–8, p. 473-476.
- 3) I.Şamotă, I.Száva, L.Georgescu: Investigarea prin metoda Interferometrică Holografică a stării de solicitare a tibiei umane Conservate (A tartósított láb-szárcsont igénybevételének tanulmányozása holografikus interferometria segítségével), Revista de Ortopedie și traumatologie, Romania, 2000, Vol.10.,nr.1-2, pag.61-66.
- 4) I.Şamotă: Fixarea endomedulară elastică în fractura deschisă de gambă (kb.: A lábszárcsont nyílt törésének rugalmas rögzítése), (könyv) ; Editura C2 Design, Braşov, 1999, Cod ISBN 973-994 43-0-2

(Folytatás a 86. oldalról)

Új CEN-szabványok: A Szabványügyi Közlöny 2002/7. száma alapján közöljük a hegesztések roncsolásmentes vizsgálatára (Non-destructive examination of welds) vonatkozó európai szabványok szerkesztőségünk szerinti címfordításait.

- EN 1289:1998/A1:2002; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztések folyadék-behatolásos vizsgálata. Elfogadási szintek.
- EN 1290:1998/A1:2002; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztések mágnesezhető poros vizsgálata.
- EN 1291:1998/A1:2002; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztések mágnesezhető poros vizsgálata. Elfogadási szintek.
- EN 1435:1997/A1:2002; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett kötések radiográfiai vizsgálata.
- EN 1712:1997/A1:2002; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett kötések ultrahangos vizsgálata. Elfogadási szintek.
- EN 1713:1998/A1:2002; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett kötések ultrahangos vizsgálata. Az indikációk jellemzése.
- EN 1714:1997/A1:2002; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett kötések ultrahangos vizsgálata.
- EN 12062:1997/A1:2002; EN 1713:1998/A1:2002; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. A fémekre vonatkozó általános szabályok.