



Národní konference s mezinárodní účastí  
**INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002**

13. – 16. 5. 2002, Svratka, Česká republika

**STANOVENÍ PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY KRYSÍHO  
FEMURU**

Jana Rosenkrancová<sup>1</sup>, Pavel Růžička<sup>2</sup>, Radek Sedláček<sup>3</sup>

***Abstrakt:** Tento příspěvek popisuje metodiku testování mechanických vlastností krysích femurů, která je vytvářena na ČVUT v Praze, fakultě strojní, v Laboratoři Biomechaniky Člověka (LBČ). Pro tyto zkoušky použit třibodový ohyb vzorku na testovacím stroji MTS 858.02 Mini Bionix. Hlavními faktory z hlediska výpočtu ohybového napětí  $\sigma_o$  jsou maximální síla  $F_{max}$ , při které dochází k porušení kosti, a průřezová charakteristika kosti  $W_o$ . Maximální síla je zaznamenána ve výpisu nashromážděných dat z testovacího systému MTS. Pro získávání hodnot  $W_o$  byly vytvořeny postupy, jejichž výsledky byly následně porovnány. Popisy a výsledky současných metod spolu s plány do budoucna jsou rozvedeny v příspěvku.*

**Klíčová slova:** mechanické vlastnosti, krysí femur, třibodový ohyb, průřezová charakteristika, MTS Mini Bionix

**Úvod:** Vytváření metodiky mechanického testování krysích femurů vzniklo jako výzkumný projekt, na kterém spolupracují ČVUT v Praze, fak. strojní, Laboratoř biomechaniky člověka (LBČ) a 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze, jmenovitě Prof. MUDr. Broulík, CSc. a MUDr. Žák. Oba lékaři požadují vyhodnocení mechanických vlastností krysích kostí, ale každý v závislosti na jiných parametrech.

Existuje několik metod určujících vlastnosti kosti, jako například "Ultrasound transmission velocity" (UTV) a "Bone mineral density" (BMD). Tyto metody jsou široce užívané jako možná předurčení pevnosti dlouhých kostí. Krysy, kterým jsou vyoperovány vaječníky a podávána strava ochuzená o vápník, můžou simulovat model ženské postmenopausální osteoporózy, jež se stává celosvětovým problémem na poli medicíny. Pro vyhodnocení mechanických vlastností kostí malých zvířat se používá tří- nebo čtyřbodový ohyb.

**Materiály a metody:** Pro testování mechanických vlastností krysích femurů je v LBČ použit třibodový ohyb prováděný na testovacím stroji MTS 858.02 Mini Bionix (Obr.1), který je umístěn v Laboratoři mechanických zkoušek. Tento špičkový testovací systém má dva zatěžovací kanály a umožňuje tak provádět souběžné zatěžování osovou silou a momentem síly. V oblasti osové síly je rozsah systému 0÷25 kN nebo 0÷500 N (Obr.2).

<sup>1</sup> Ing., ČVUT v Praze, fak. strojní, Ústav mechaniky, Laboratoř biomechaniky člověka, Technická 4, 166 07 Praha 6, e-mail: rosenkra@biomed.fsid.cvut.cz

<sup>2</sup> Ing., ČVUT v Praze, fak. strojní, Ústav mechaniky, Laboratoř biomechaniky člověka, Technická 4, 166 07 Praha 6, e-mail: ruzicka@biomed.fsid.cvut.cz

<sup>3</sup> Ing., ČVUT v Praze, fak. strojní, Ústav mechaniky, Laboratoř biomechaniky člověka, Technická 4, 166 07 Praha 6, e-mail: sedlacek@biomed.fsid.cvut.cz

Moment síly se může pohybovat v rozsahu 0÷100 Nm.

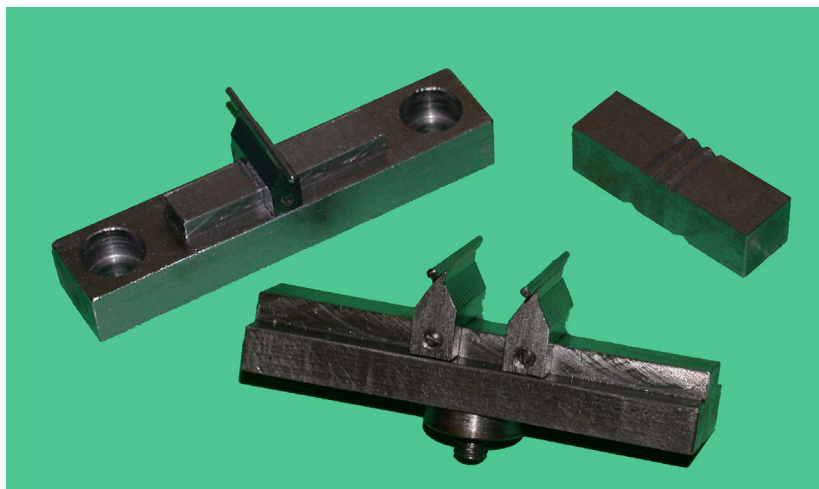


Obr.1 Systém MTS Mini Bionix

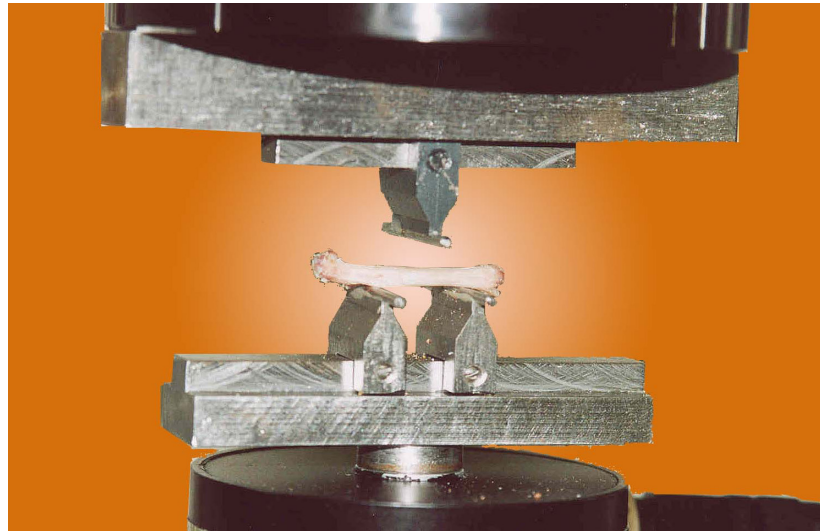


Obr.2 Silový snímač do 500 N

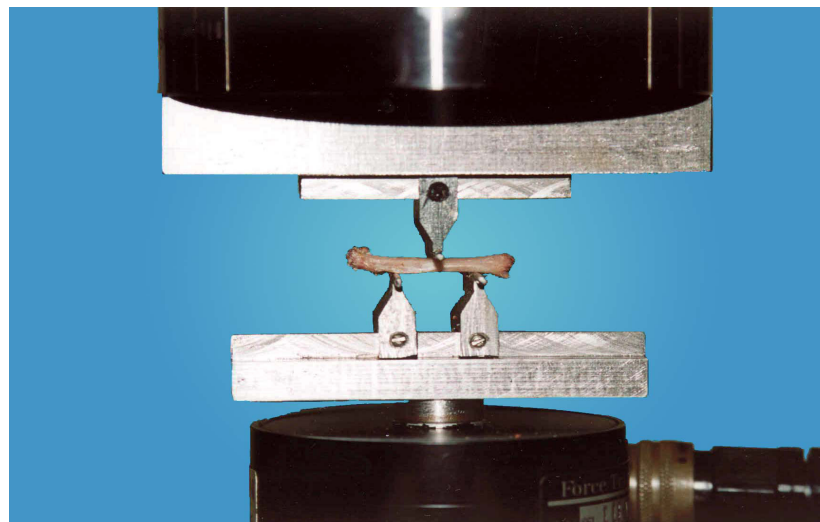
Test probíhal na 32 vzorcích rozdělených do čtyř skupin podle způsobu léčby, což nebylo důležité pro tento experiment. Vzorky byly po vyjmutí z těla zvířete zmrazeny a před testem byly na 24 hodin naloženy v destilované vodě při pokojové teplotě. Po vložení kosti do přípravku (Obr.3) a spuštění vytvořeného programu pro třibodový ohyb nastává načítání dat z testovacího systému MTS, mezi nimiž je i síla  $F_{max}$ , při které dochází k lomu kosti (Obr.4, Obr.5, Obr.6). Ohybového napětí kosti  $\sigma_{max}$  se vypočítá ze vztahu:  $\sigma_{max} = F_{max} \cdot L / W_{omin}$ , kde  $L$  je vzdálenost podpor a  $W_{omin}$  je průřezová charakteristika kosti.



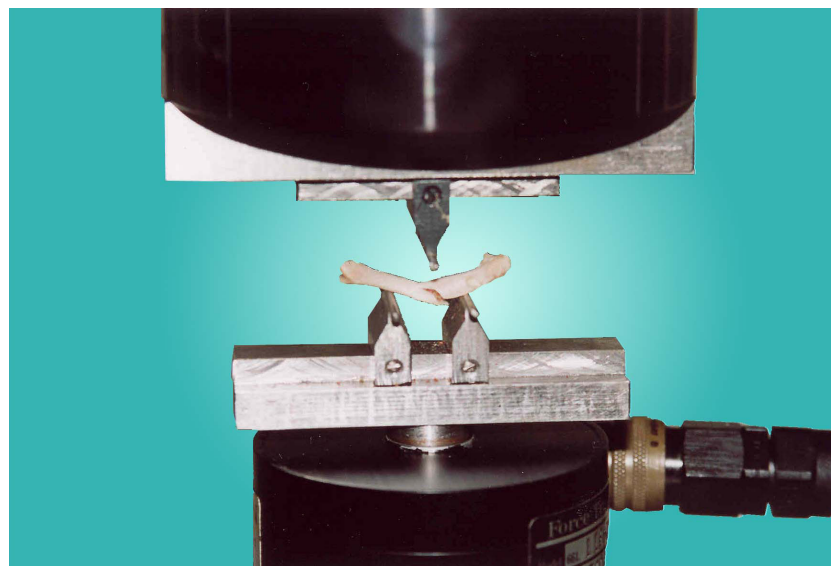
Obr.3 Přípravek na třibodový ohyb kostí



Obr.4 Uložení kosti do přípravku



Obr.5 Zatížení kosti



Obr.6 Zlomená kost v přípravku

Pro stanovení  $W_{\text{omin}}$  byly vytvořeny dvě metody. Metoda A spočívá ve stanovení  $W_{\text{omin}}$  pomocí vztahu pro průřez elipsy, kterou jsme připodobnili průřezu kosti. Průřez elipsy je dán rozměry  $A$ ,  $B$ ,  $a$ ,  $b$ , které stanovují vnější a vnitřní rozměry hlavních a vedlejších os elipsy. Metoda B spočívá ve zjišťování  $W_{\text{omin}}$  z digitálního obrazu. Místo lomu je zarovnáno ruční bruskou a řez zvýrazněn červenou barvou. Přímým naskenováním na skeneru s rozlišením 1200x1200 dpi obdržíme digitální obraz ve formátu BMP (Obr.7). Prvním krokem je vyhledání pixelů, které tvoří plochu řezu. Použitým kritériem je hladina červené barvy. Produktem vyhodnocení je binární obraz (Obr.8). Po výpočtech nad množinou pixelů, které tvoří plochy řezu, obdržíme výsledné požadované hodnoty  $A$ ,  $B$ ,  $W_{\text{omin}}$ .



Obr.7 Digitální snímek řezu krysím femurem



Obr.8 Binární mapa zobrazuje oblast plochy řezu a okolí

**Výsledky:** Porovnáním obou metod byly zjištěny rozdíly mezi vypočítanými hodnotami  $A$ ,  $B$ ,  $W_{\text{omin}}$ . Tabulka 1 znázorňuje průměrné hodnoty a jejich procentuální vyjádření. Porovnání vypočtených ohybových napětí je znázorněno v tabulce 2.

**Tabulka 1** Průměrné hodnoty rozdílů geometrických charakteristik průřezu kosti

Rozdíl $W_0$		Rozdíl A		Rozdíl B	
[mm <sup>3</sup> ]	%	[mm]	%	[mm]	%
0,11	4,26	0,10	2,86	0,09	3,36

**Tabulka 2** Srovnání hodnot ohybových napětí vypočtených metodami A a B

$\sigma_{\max}$ [Nmm <sup>-2</sup> ]	Metoda A	158,00	147,85	169,46	159,11
	Metoda B	152,89	148,01	175,51	159,12
<b>Rozdíl</b>	[Nmm <sup>-2</sup> ]	5,11	0,16	6,04	0,01
$\sigma_{\max}$	%	3,24	0,11	3,57	0,00

**Závěr:** V současné době se v Laboratoři biomechaniky člověka praktikuje metoda B, při které se průřezová charakteristika kosti  $W_0$  zjišťuje z digitálního obrazu neboť byla sledována precizněji. Do budoucna je naplánováno zdokonalení metodiky testování mechanických vlastností kostí a konfrontace výsledků průřezových charakteristik kostí  $W_0$  se snímky z CT (Computer Tomography). Velké rozlišení mikro CT může být použito také na analýzu struktury kostní hmoty. Tím bude možné stanovit závislost mezi mechanickými vlastnostmi a strukturou kosti.

*Tato práce byla podpořena projektem Ministerstva školství č. MSM 210000012.*

#### **Literatura:**

- Rosenkrancová J., Sedláček R., Žák J.: *Bifosfonát pamidronát ovlivňuje krevní průtok kostí a mechanickou odolnost v ohybu*. Endokrinologická konference 2001, Hradec Králové, ČR, Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa 4/2001 č. vydání 3
- Rosenkrancová J., Broulík P.: *Vliv estrogenů na mechanickou odolnost femuru krys experimentální hypertyreózou*. Osteologická konference 2001, Olomouc, ČR, Osteologický bulletin 6/2001 č. vydání 3