

Experimentální **A**nalýza **N**apětí **2003**

EXPERIMENTAL DETECTION OF MECHANICAL PROPERTIES OF MACS^{TL} – TWIN SCREW IMPLANT

EXPERIMENTÁLNÍ ZJIŠŤOVÁNÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ FIXÁTORU MACS^{TL} – TWIN SCREW

Jiří Tošovský, Zdeněk Florian¹, Radek Veselý²

This work uses experimental modelling, which is very suitable and very often used for investigate mechanical properties of implants. The main subject of the experimental modelling is MACS^{TL} – TWIN SCREW implant, which is implanted on the vertebra system. This vertebra system was put in an experimental preparation, where right position of the vertebra system was fixed. For the right fixation was used a special mass(dentakryl).

Experimental measurement is performed on the materials testing machine Zwick Z 020-TND, where an experimental specimen was loaded by tension + torsion and compression + torsion.

The aim of this work is determination of mechanical properties of backbone element with applied fixator.

Keywords

Experimental modelling, implant, MACS^{TL}-TWIN SCREW, vertebra, testing machine

1. Úvod

Jeden z velmi nepříjemných problémů v současnosti, který se může v životě člověka vyskytnout, je zdravotní problém týkající se oblasti páteře. Tento problém může být vyvolán nezdravým životním stylem, úrazem (autonehoda apod.) ale i vlivem těžké nemoci (zhoubný nádor apod.). Z tohoto důvodu je tomuto tématu v posledních letech věnována velká pozornost a společnost vynakládá nemalé prostředky nejen pro léčbu a prevenci ale i na výzkum v této oblasti.

Poranění hrudní a bederní páteře se vyskytují převážně jako monotraumata nebo jako sdružená poranění, která nebývají často poznána při prvním vyšetření. Jeho odhalení vyžaduje speciální vyšetřovací metody a léčba patří s výjimkou léčení „stabilních“ typů poranění na specializovaná pracoviště. Pro zjišťování rozsahu poranění se v současnosti využívá diagnostických zařízení jako jsou např. konvenční RTG, počítačový tomograf (CT) a magnetická rezonance (MRI) [5].

¹ Ing. Jiří Tošovský, Ing. Zdeněk Florian, CSc. : Ústav mechaniky těles, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, Česká republika; tel.: +420 5 4114 2869, fax.: +420 5 4114 2870, tosa@centrum.cz, florian@umt.fme.vutbr.cz

² MUDr. Radek Veselý: Úrazová nemocnice v Brně; Ponávka 2-10, 662 50 Brno, r.vesely@unbr.cz

Léčebná metodika těchto poranění se dá rozdělit na dvě základní skupiny a to konzervativní léčba a operace. Fixátory páteřních obratlů (dále jen fixátory) se aplikují jen při operativním způsobu léčby instabilních poranění. Provedení operace může být uskutečněno předním (20-25%) nebo zadním (75-80%) přístupem [5,2]. Rozhodnutí o provedení operace závisí převážně na typu poranění.

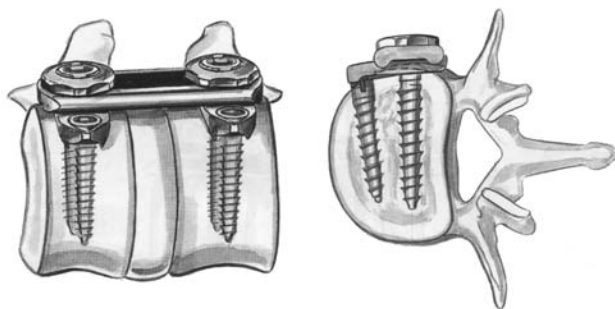
Pro zjišťování mechanických vlastností fixátorů páteře se obvykle využívá výpočtové a experimentální modelování. V dnešní době zaznamenávají oba způsoby modelování velkého rozvoje díky rychlému vývoji výpočetní a měřicí techniky. Pro komplexní hodnocení mechanických vlastností fixátorů je nejen nutné analyzovat výsledky z výše uvedených způsobů modelování, ale i zohledňovat výsledky dosažené v klinické praxi.

Tato studie vznikla na podkladě spolupráce Ústavu mechaniky těles při VUT FSI v Brně a Úrazové nemocnice v Brně. Pro další výzkum a vývoj v této oblasti je právě velmi důležitá spolupráce strojních inženýrů a odborníků z lékařské praxe.

2. Použití a popis MACS^{TL} – TWIN SCREW

MACS^{TL} – TWIN SCREW (dále jen MACS^{TL}) je jeden z nejmodernějších fixátorů určený pro oblast hrudní a bederní páteře (Th₄ - L₅), který je endoskopicky implantovaný předním přístupem na boční stranu obratle (*Obr.1*). Hlavní předností by měla být jeho vynikající úhlová stabilita a velmi nízký profil bez nebezpečných hran, které jsou předpokladem pro minimální riziko traumatizace měkkých tkání v okolí fixace. Podle velikosti obratlů a rozsahu poranění jsou voleny velikosti jednotlivých částí fixátoru. Z toho důvodu dodává výrobce některé části v různých délkových variantách [3,4].

Fixátor (*Obr.2*) se skládá z těchto částí : polyaxiální šroub (1), stabilizační šroub (2), polyaxiální svorka (3), stabilizační deska (4), pojistný šroub (5), matice (6). Pro potřebu zafixování správné polohy biologického (kostního) štěpu se může použít šroub kostního štěpu (7) a svorka kostního štěpu (8).



Obr.1 - Poloha MACS^{TL} na obratli



Obr. 2 – Základní části MACS^{TL}

3. Formulace problému a cílů řešení

Jak bylo uvedeno v úvodu, pro zjišťování mechanických vlastností fixátorů páteře se obvykle využívá výpočtové a experimentální modelování. V této práci je využito druhého způsobu modelování a tím je experimentální modelování.

Experimentální modelování je jednou z nezbytných částí pro komplexní hodnocení mechanických vlastností fixátorů. Velká pozornost se klade na přípravu zkušebního vzorku, který musí splňovat požadavky pro danou zatěžovací zkoušku. Příprava vzorku je velmi náročná a vyžaduje nejen manuální schopnosti ale i odborné znalosti a zkušenosti. Dále je nutné dbát zvýšené pozornosti při manipulaci se zkušebním vzorkem zejména pak při

zavedení fixátoru do těla obratle. Při tomto úkonu může dojít k poškození celého zkušební vzorku a tedy i k ovlivnění výsledků měření. Dalším problémem při experimentálním modelování je v některých případech počet zkušebních vzorků neboť pro objektivní statistické zpracování výsledků je právě větší počet vzorků potřebný (alespoň 30). V našem případě jsou použity pro měření 4 zkušební vzorky.

Cílem této práce je experimentální zjišťování mechanických vlastností fixátoru typu MACS^{TL}- TWIN SCREW. Měření bude provedeno za stavu neporušeného páteřního prvku, porušeného páteřního prvku a porušeného páteřního prvku s implantovaným fixátorem. Pod pojmem páteřní prvek rozumíme obratle+ploténka.

4. Experimentální modelování

Experimentální část pro zjišťování mechanických vlastností MACS^{TL} je prováděna ve spolupráci s Úrazovou nemocnicí v Brně. Tato nemocnice poskytuje pro experiment implantát, Ústav mechaniky těles při VUT FSI v Brně poskytuje experimentální zařízení a zajišťuje přípravu vzorku pro experiment.

4.1. Experimentální zařízení

Experiment byl prováděn na experimentálním stroji Zwick Z 020-TND (Obr. 4) od firmy Zwick GmbH & Co, na kterém lze provádět statické a cyklické zkoušky [6]. Je to mechanický, počítačem řízený stroj, pro zkoušky jak v tlakové, tak tahové oblasti. Maximální hodnota zatížení je 20kN. Stroj je dále vybaven snímačem prodloužení Multi-sens s přesností 0.1 μ m, torzní hlavou 20 Nm atd. Počítačové řízení umožňuje volbu zatěžovacího cyklu. K vybavení stroje patří systém zpětné vazby, která umožňuje nastavit i velmi malé rychlosti zatěžování.

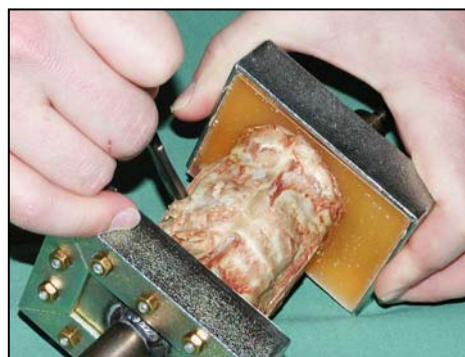


Obr. 4 – Zwick Z 020 -TND

4.2. Příprava zkušební vzorku

Pro experiment jsou použity obratle z vepře domácího, které se velmi často používají neboť jsou snadněji dostupné a svou velikostí podobné lidským obratlům. Před samotným usazením do přípravku musí být obratle očištěny od okolní tkáně. Při tomto úkonu nesmí dojít k porušení funkčnosti obratle a ploténky vzhledem k prováděné zkoušce.

Takto očištěné obratle jsou připraveny pro další úkon a tím je umístění a zafixování polohy v přípravku. Upevnění obratlů je provedeno zalitím speciální hmotou (dentakryl), která umožňuje jejich zafixování v požadované poloze (Obr. 5). Pokud je vše takto provedeno, zkušební vzorek je připraven pro zatěžovací zkoušku.



Obr. 5 – Zkušební vzorek

Uskladnění samotného obratle či již připraveného zkušební vzorku je provedeno v chladícím boxu neboť se jedná o bio-materiál, u kterého může dojít už při působení pokojové teploty k jeho znehodnocení. Pro samotné měření musí být teplota vzorku opět uvedena na teplotu pokojovou tj. asi 20°C.

4.3. Experimentální plán měření

Měření bylo provedeno na 4 zkušebních vzorcích (ZV). Vzorky č.1-3 byly zatíženy kombinovaným namáháním s těmito parametry :

$$\text{Tah} - F = 200\text{N}, \text{krut} - \varphi = 10^\circ$$

Vzorek č.4 byl zatížen kombinovaným namáháním s těmito parametry:

$$\text{Tah} - F = 200\text{N}, \text{krut} - \varphi = 10^\circ$$

$$\text{Tlak} - F = 200\text{N}, \text{krut} - \varphi = 10^\circ$$

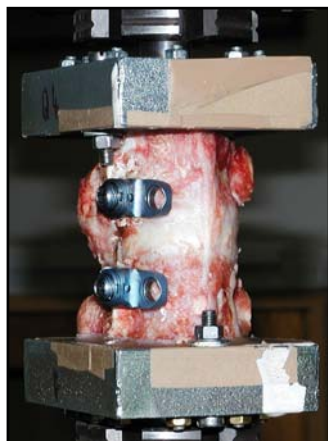


Obr.6 – Umístění zkušebního vzorku

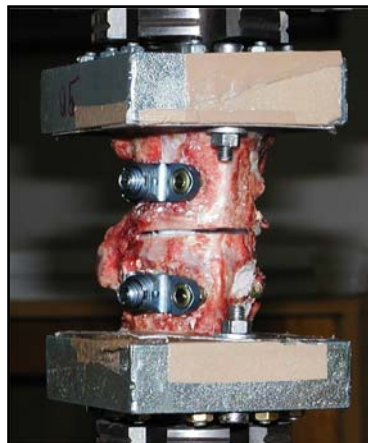
Pro tento vzorek byla použita jiná délka stabilizační desky a to z důvodu rozdílné velikosti obratlů. Ostatní použité části fixátoru byly rozměrově shodné s částmi použité u vzorků předchozích.

Měření bylo provedeno tak, že zkušební vzorek byl ustaven do univerzálních sklíčidel zkušebního stroje (*Obr. 6*) a měření probíhalo v této posloupnosti :

1. Zatížení zkušebního vzorku bez fixátoru (*Obr. 7*).
2. Zatížení zkušebního vzorku s porušenou meziobratlovou ploténkou (*Obr. 8*).
3. Zatížení zkušebního vzorku s porušenou meziobratlovou ploténkou a s implantovaným fixátorem (*Obr. 9*).



Obr.7 – ZV bez fixátoru



Obr.8 – ZV s poruš. meziobratlovou ploténkou



Obr.9 – ZV s fixátorem a porušenou meziobratlovou ploténkou

6. Výsledky měření

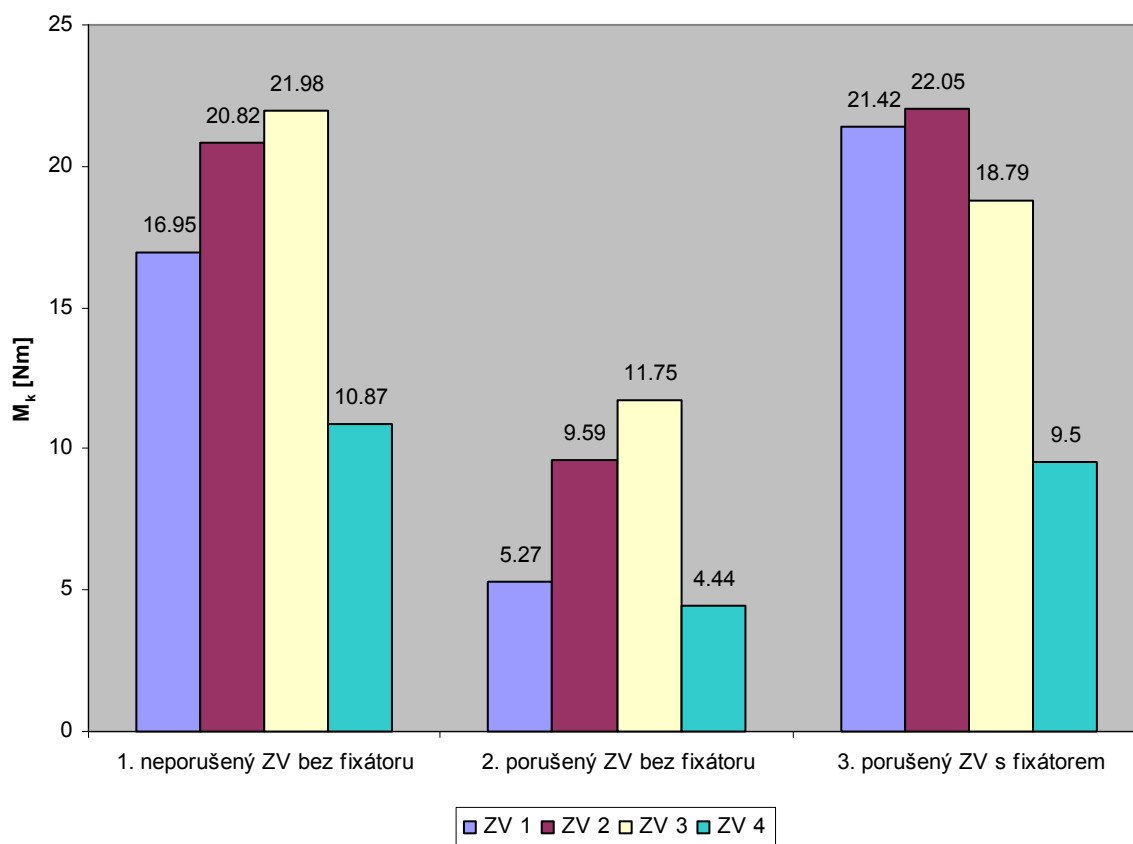
Dosažené výsledky měření M_k na jednotlivých ZV jsou uvedeny v Tab.1, 2 a graficky znázorněny na Obr.10 a 11.

Tab.1 - Naměřené hodnoty M_k pro Tah – $F = 200\text{N}$, $\text{krut} - \varphi = 10^\circ$

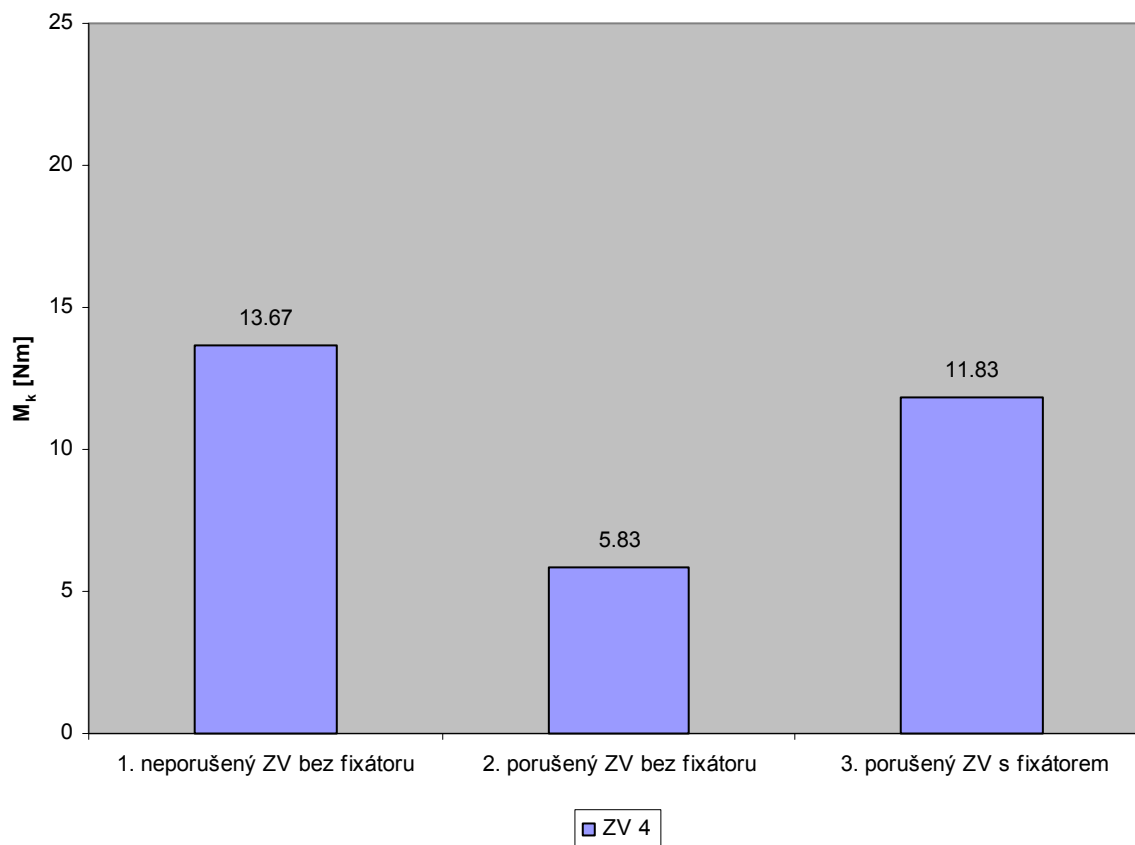
Číslo vzorku	M_k [Nm]			
	ZV bez fixátoru		ZV s poruš. meziobrat.ploténkou	ZV s fixátorem a poruš. meziobrat.ploténkou
1	16.25	$\varnothing 16.95$	5.27	21.42
	16.96			
	17.65			
2	19.58	$\varnothing 20.82$	9.59	22.05
	22.05			
3	21.87	$\varnothing 21.98$	11.75	18.79
	22.08			
4	10.19	$\varnothing 10.87$	4.44	9.5
	11.55			

Tab.2 - Naměřené hodnoty M_k pro Tlak – $F = 200\text{N}$, $\text{krut} - \varphi = 10^\circ$

Číslo vzorku	M_k [Nm]			
	ZV bez fixátoru		ZV s poruš. meziobrat.ploténkou	ZV s fixátorem a poruš. meziobrat.ploténkou
4	13.57	$\varnothing 13.67$	5.83	11.83
	12.89			
	14.55			



Obr. 10 – Naměřené hodnoty M_k pro Tah – $F = 200\text{N}$, $\text{krut} - \varphi = 10^\circ$



Obr. 11 – Naměřené hodnoty M_k pro Tlak – $F = 200\text{N}$, krut – $\varphi = 10^\circ$

6.1. Popis výsledků pro kombinované namáhání tah + krut

Na neporušených zkušebních vzorcích byly naměřeny určité hodnoty M_k , které lze pro každý vzorek považovat jako hodnoty naměřené na zdravém páteřním prvku a můžeme je označit za hodnoty referenční. Na jednotlivých vzorcích jsou tyto hodnoty různé neboť použité páteřní prvky se do určité míry odlišovaly svou velikostí.

Měření na porušených zkušebních vzorcích lze považovat za měření na poraněném páteřním prvku. Při sledování naměřených hodnot M_k je patrné, že při porušení meziobratlové ploténky dochází u všech ZV k výraznému poklesu této hodnoty. Průměrně se tento pokles pohybuje kolem 42.5%.

Měření na porušených zkušebních vzorcích s fixátorem lze považovat za měření na poraněném páteřním prvku, který je fixován implantovaným fixátorem. Jedná se tedy o stav po lékařském zákroku. Z porovnání těchto hodnot vůči hodnotám referenčním je patrné, že dosažené hodnoty M_k u ZV 1 a 2 jsou vyšší a to průměrně o 16%. U ZV 3 a 4 je tomu naopak, hodnoty jsou nižší a to průměrně o 13%.

6.2. Popis výsledků pro kombinované namáhání tlak + krut

Trend poklesu či vzrůstu naměřených hodnot M_k je obdobný jako u výše popsaného namáhání. Referenční hodnotou M_k opět rozumíme naměřenou hodnotu na neporušeném ZV.

Pokles kroutícího momentu M_k na porušeném ZV se průměrně pohybuje rovněž kolem 42.6%.

Naměřená hodnota M_k na porušeném ZV je nižší než hodnota referenční a to o 13.5%.

Při porovnání hodnot u ZV 4 pro obě kombinované namáhání je patrné, že u kombinovaného namáhání tlak + krut jsou dosažené hodnoty vyšší což je způsobeno právě zatížením tlakem. Obratle jsou na sebe tlačeny což je příčinou zvýšení tuhosti v krutu celé soustavy.

7. Závěr

V této práci bylo využito experimentální modelování, které je jednou z nezbytných částí, pro zjišťování mechanických vlastností fixátorů.

Zkoumaným fixátorem byl MACS^{TL} – TWIN SCREW, který byl implantován na páteřním prvku. Páteřní prvek byl usazen do zkušebního přípravku a jeho poloha zajištěna zalitím speciální hmotou (dentakryl). Pro měření byly tímto způsobem připraveny celkem 4 zkušební vzorky (ZV).

K experimentální měření bylo využito zkušební stroje Zwick Z 020-TND, na kterém byly ZV 1-4 zatíženy kombinovaným namáháním: tah + krut. Dále bylo provedeno měření na ZV 4 pro kombinované namáhání tlak + krut. Tyto kombinované namáhání byly provedeny za daných podmínek dle experimentálního plánu měření.

Cílem této práce je experimentální zjišťování mechanických vlastností fixátoru typu MACS^{TL} – TWIN SCREW. Měření bylo provedeno za stavu neporušeného páteřního prvku, porušeného páteřního prvku a porušeného páteřního prvku s implantovaným fixátorem. Pod pojmem páteřní prvek rozumíme obratle + ploténka.

Z výsledků měření lze usoudit, že fixátor MACS^{TL} – TWIN SCREW dostatečně fixuje polohu sousedních obratlů za stavu poškozeného páteřního prvku za předpokladu výše popsaného zatížení. Dosažené hodnoty M_k na porušených ZV s fixátorem se pohybují přibližně v rozmezí $\pm 15\%$ od dosažených hodnot na neporušených ZV.

7. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory GA ČR 101/01/0974 a MŠMT MSM262100024.

Autoři toho článku rovněž děkují Ing. Tomáši Návratovi za obsluhu měřicího stroje Zwick Z 020-TND.

8. Literatura

- [1] J. Tošovský (2001) *Napjatostně deformační analýza hrudního a bederního fixátoru páteře typu MACS TL – Twin Screw*, diplomová práce, VUT FSI UMT Brno
- [2] Olinger, A.; Hildebrandt U (2000) *Endoscopic spine surgery – Thoracoscopic, laparoscopic, Retroperitoneoscopic*, Endo-press Tuttlingen
- [3] Aesculap : MACS^{TL}, prospekt č. 0 172 02, Tuttlingen, 2000
- [4] www.aesculap.de, únor 2003
- [5] www.unbr.cz/spinunit/hrud.htm, únor 2003
- [6] <http://www.zwick-roell.cz/>, únor 2003