

# E xperimentální A nalýza N apětí

## 2004

### EXPERIMENTAL MODELLING OF TENDON SUTURES EXPERIMENTÁLNÍ MODELOVÁNÍ ŠLACHOVÝCH STEHŮ

Zdeněk Florian<sup>1</sup>, Igor Čižmář<sup>2</sup>, Tomáš Návrat<sup>1</sup>

*Backbone injuries often cause essential changes in life of the patient and his/her family. Significant improvement of patient life is connected to the reconstruction of upper limb function. One of the problems during the reconstruction is the strength of tendon bonds. The contribution is focused on testing the single-stranded and multi-stranded suture in tendon inosculation*

**Keywords** *Tendon, Sutura, Patient, Limb Function, Paraplegic*

#### Úvod

Uvedený příspěvek navazuje na pojednání *Mechanical Properties of Tendon Sutures* přednesené na konferenci EAN 2003 a publikované ve sborníku z téže konference na straně

Traumatická tetraplegie je zcela zásadní změnou v životě člověka a celé jeho rodiny. Vyžaduje trvalou adaptaci nejen pacienta, ale celého jeho okolí. V civilizovaném světě se zprostředkovaně dotýká celé společnosti. Také naše společnost začíná takto postiženým spoluobčanům věnovat větší pozornost. I když společnost bude sebevíce bohatá a bude schopna zabezpečit tyto občany veškerou dostupnou technikou, přesto největším přínosem jsou pro tyto spoluobčany zákroky, které jim navracejí některé přirozené funkce.

Významný potenciál ve zlepšení kvality života poraněného se stále skrývá v rekonstrukci funkce horní končetiny. Rekonstrukce úchopu ruky z funkčního hlediska posouvá etáž poranění páteře o několik segmentů níže. Chirurgické rekonstrukce musí být samozřejmě součástí arzenálu komplexní péče o tetraplegické pacienty. Na základě dlouholetého klinického i experimentálního vývoje se šlachové transfery trvale uplatnily jako zásadní u chirurgické rehabilitace tetraplegické ruky. Zkušenosti a technické dopracování operačních technik poskytují dnes velký optimismus v částečný návratu pohybu, zlepšení kvality života a pracovní kapacity těžce paralyzovaných pacientů. Současný vývoj se jednoznačně ubírá v navýšení počtu aktivních svalových transferů, rozvázným transferům paralyzovaných svalů k vytvoření rovnováhy a aplikaci elektroniky k ovládnání paralyzovaných svalů.

---

<sup>1</sup> Ing. Zdeněk Florian, CSc., Ing. Tomáš Návrat : Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, FSI VÚT Brno, Technická 2, 616 69 Brno, tel. +420 541 142 863, e-mail: florian@umt.fme.vutbr.cz

<sup>2</sup> MUDr. Igor Čižmář: Fakultní nemocnice Brno, Jihlavská 20, 625 00 Brno

## **Obnovení pohybu ruky a zápěstí**

Jedním z úskalí těchto výkonů je vznik adhezí v okolí šlachových transferů. Adheze vznikají imobilizací končetiny v sádrové fixaci. Pevnost šlachového stehu (jednoduchého Keslerova stehu), který odolá zátěži aktivního pohybu je dosaženo po 4-5 týdnech. Použití vícepramenného stehu mění nutnost imobilizace v pooperačním období. Touto technikou stehu jsme schopni docílit dostatečné pevnosti, která odolá limitovanému aktivnímu pohybu již po 48 hodinách od operace a tím se zásadně eliminuje vznik adhezí s okolím.

Smysl celé problematiky rekonstrukce tetraplegické ruky nejlépe vystihuje výrok, jak uvedl Sterling Bunnell: "If you have nothing, a little is a lot". Z velkých souborů vyplývá, že až 70% tetraplegických pacientů jsou vhodní kandidáti k transferům a lze tak zlepšit funkci horní končetiny. Rozšířené spektrum aktivit denní činnosti zlepšuje významně kvalitu života pacienta. První výsledky naše i zahraniční zkušenosti nás opravňují k daleko aktivnějšímu přístupu k rekonstrukcím tetraplegické ruky a začlenění této problematiky do běžného standardu péče o tetraplegické pacienty.

## **Úvod do experimentální části**

V úvodu jsme se již zmínili, že předložená práce navazuje na počáteční experimenty prováděné v předešlém roce, kdy po prvotních nezdarech, jejich analýze a úpravě postupu bylo u jedné skupiny vzorků dosaženo velmi dobrých výsledků. Zaměření experimentální části bylo orientováno na prokázání, že obdržené výsledky nejsou náhodné a vícepramenný steh má vyšší únosnost, než jednoduchý (Keslerův) steh.

## **Zkušební stroj**

Zkušební stroj ZWICK Z 020-TND, na kterém byly experimenty prováděné byl podrobně popsán včetně jeho vybavení v dříve uvedeném příspěvku.

## **Vzorky a upínání vzorků**

Šlachy pro zkušební vzorky byly odebírány z kadaveru a lékařem byl provedený odpovídající steh. Vzhledem k tomu, že provádíme srovnávací experimenty je nutné, aby dvojice vzorků (vícepramenný a jednopramenný steh), byla odebrána ze stejného kadaveru a pokud možno, aby oba vzorky měly stejnou tloušťku. Dále popsané výsledky byly docíleny při maximální snaze o dodržení tohoto pravidla.

## **Výsledky experimentu**

### Popis vzorků

Ve výsledcích budou prezentovány dva soubory po čtyřech vzorcích a jeden soubor se třemi vzorky. Vzorky s jednoduchým stehem jsou značeny I, s vícenásobným II. Pořadí vzorků ve skupině je značeno 1, 2..atd. Dále uvedeme přehled značení vzorků a charakter jejich zatěžování.

První soubor: AII-1, AII-2, AII-3, AII-4 vzorky zatěžované monotónně rostoucí silou  
BI -1, BI -2, BI -3, BI -4

Druhý soubor: CII-1, CII-2, CII-3, CII-4 vzorky zatěžované monotónně rostoucí silou  
DI -1, DI -2, DI -3, DI -4

Třetí soubor: FII-1, FII-2, FII-3  
EI -1, EI -2, EI -3

vzorky zatěžované monotónně rostoucí silou

### ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ A HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH SOUBORŮ

Zpracování výsledků každého souboru bylo provedeno graficky a tabelárně. Při tvorbě tabulek za výchozí byl považován jednonásobný steh, jehož hodnoty jsou uvedeny v první řádce. Druhý řádek je věnován vícenásobnému stehu. Ve třetím řádku je rozdíl (nárůst) hodnot vícenásobného a jednonásobného stehu a ve čtvrtém řádku je procentuální vyjádření tohoto nárůstu. I když zkoumaný soubor nemá homogenní charakter a proto není vhodný pro statistické zpracování, jsou v posledním sloupci tabulek uvedeny průměrné hodnoty naměřených veličin. V tabulkách 1, 2 a tři jsou uvedeny výsledky prvního až třetího souboru. Vzhledem k omezení příspěvku není zařazeno grafické zpracování výsledků.

		$F_{\max}$ [N]				
		1	2	3	4	Průměr.
BI		16.425	17.601	24.502	21.863	20.098
AII		43.706	34.135	42.232	38.961	39.758
$\Delta = AII - BI$		27.281	16.534	17.730	17.098	19.661
$\Delta$ [%]		166.09	93.94	72.36	78.21	97.82

Tab. 1

Z uvedené tabulky je zřejmé, že u všech vzorků s vícenásobným stehem došlo **k podstatnému zvýšení maximální síly**. V procentuálním vyjádření průměrně o 97.8 %.

		$F_{\max}$ [N]				
		1	2	3	4	Průměr.
DI		35.616	23.966	31.894	19.675	27,788
CII		63.250	53.804	40.600	47.523	51,294
$\Delta = CII - DI$		27.634	29.838	8.706	27.848	23,506
$\Delta$ [%]		77.59	124.50	27.30	141.54	84,59

Tab. 2

Z uvedené tabulky je zřejmé, že u všech vzorků s vícenásobným stehem došlo **k zvýšení maximální síly**. U třetího vzorku sice pouze o 27.30 %, přesto u celého souboru průměrné zvýšení v procentuálním vyjádření činí 84.6 %.


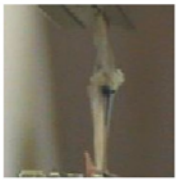


	F <sub>max</sub> [N]			
	1	2	3	Průměr.
EI	31.789	17.638	34.001	27.809
FII	57.503	20.754	47.007	41.755
Δ = FII - EI	25.714	3.116	13.006	13.946
Δ [%]	80.89	17.67	38.25	50.15

Tab. 3

Z uvedené tabulky je zřejmé, že u všech vzorků s vícenásobným stehem došlo **k zvýšení maximální síly**. U druhého a třetího vzorku pouze o 17.67% resp. o 38.2%, což u celého souboru způsobilo průměrné zvýšení v procentuálním vyjádření pouze 50.15 %.

### Oddálení částí šlachového spoje

Jedním z problémů, kterými jsme se také zabývali, je oddálení částí šlachového spoje. Museli jsme posoudit, zda podstatně dříve než dojde k maximálnímu zatížení nenastane oddálení konců šlach a tím i k znemožnění hojení. Proto jsme detailně prozkoumali videozáznam prvního souboru. Příklad výsledků je v následující tabulce.

AII	1	2	3	4
F <sub>max</sub> [N]	43.8	34.1	42.2	21.9
Δ l [mm]	21.0	9.8	15.3	14.1
				
Rozestoupení stehu	ANO	NE	NE	NE

Tab. 4

### Závěr

- 1) Maximální síla (únosnost spoje) je u vícepramenného stehu o 75 % vyšší než u jednoduchého stehu
- 2) U vícepramenného stehu dochází k oddálení částí spoje při podstatně vyšší zátěžné síle než u jednoduchého spoje.

### Poděkování

Zpracování uvedené studie bylo realizováno v rámci výzkumného záměru MSM 262 100024