

DETERMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF TENDON SUTURES

Z. Florian*, I. Čížmář**, V. Kotek*, M. Reinisch*

Summary: 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

1. Klinický úvod

Traumatická tetraplegie je zcela zásadní změna v životě vyžadující trvalou adaptaci pacienta i jeho rodiny. 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 samozřejmou 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, rozvázný transfer paralyzovaných svalů k vytvoření balance a aplikaci elektroniky k ovládní paralyzovaných svalů.

2. Obnovení pohybu ruky a zápěstí

Při manipulaci s drobnými předměty je tetraplegický pacient limitován velikostí, tvarem a orientací předmětu. Pacienti s nefunkčním úchopem ruky používají bimanuální úchop event. používají ústa pro korekci postavení drženého předmětu. V zásadě lze rozdělit funkční úchop na dva hlavní typy. První úchop „palec-ukazovák“, kdy se bříško distálního článku palce opírá o laterální stranu mediálního článku ukazováku. Tento úchop je u paralyzovaných pacientů nejvýznamnější stran možnosti rozšíření aktivit denního života. Předpokladem kvality tohoto typu úchopu je i možnost pronace předloktí a tím možnost uchopení předmětu proti podložce. Druhým typem je úchop „do pěsti“, kdy dochází k dotyku špiček minimálně II a III prstu na thenar a je využíván pro úchop větších předmětů.

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. Toto technikou stehu jsme schopni docílit dostatečné pevnosti, která odolá limitovanému aktivnímu pohybu již po

* Ing. Zdeněk Florian, CSc., Ing. Vladimír Kotek, Ing. Michal Reinisch: Ústav mechaniky těles FSI VÚT Brno, Technická 2, 616 69 Brno, tel. +420 541 142 863, e-mail: florian@umt.fme.vutbr.cz

** MUDr. Igor Čížmář: Úrazová nemocnice Brno, Ponávka 2, 600 00 Brno

48 hodinách od operace a tím se zásadně eliminuje vznik adhezi s okolím. Touto problematikou se rovněž zabýváme v experimentální části grantu.

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.

3. Úvod do experimentální části

Cílem experimentální části je prokázat, že vícepramenný steh má vyšší únosnost, než jednoduchý (Kesslerův) steh.

3.1 Zkušební stroj

První problém, který bylo nutné vyřešit se týkal vhodného zkušebního stroje. Hodnoty únosnosti sešité šlachy, dle vyjádření lékařů, by neměly přesahovat 100 N. Zkušební stroj ZWICK Z 020-TND, na kterém provádíme většinu biomechanických experimentů, je mechanický, počítačem řízený stroj, pro zkoušky jak v tlakové, tak v tahové oblasti. Maximální hodnota zatížení je 20 000 N. Stroj je vybaven snímačem prodloužení Multi-sens s přesností 0.1 mikrometru. Počítačové řízení umožňuje volbu zátěžného cyklu. K vybavení stroje patří systém zpětné vazby, která umožňuje nastavit i velmi malé rychlosti zatěžování. Problém spočíval ve velikosti měřicí hlavy, kterou jsme v době plánování experimentu měli k dispozici a jenž odpovídala maximálnímu rozsahu stroje, tedy 20 kN. Provádění experimentů na šlachách s touto hlavou by bylo značně nepřesné. Proto bylo nutné se rozhodnout pro návrh a výrobu speciálního zkušebního zařízení, nebo provést nákup měřicí hlavy s menším rozsahem. Vzhledem k plánovaným experimentům z jiné oblasti, ale s přibližně stejnou hodnotou maximálního zatížení, byla zakoupena měřicí hlava firmy ZWICK s rozsahem do 100 N.

3.2 Vzorky a upínání vzorků

Šlachy pro zkušební vzorky byly odebírány z kadaveru a lékařem byl provedený odpovídající steh. Doposud byl testován nejjednodušší steh Kesslerův s jedním vláknem a Kesslerův se dvěma vlákny.

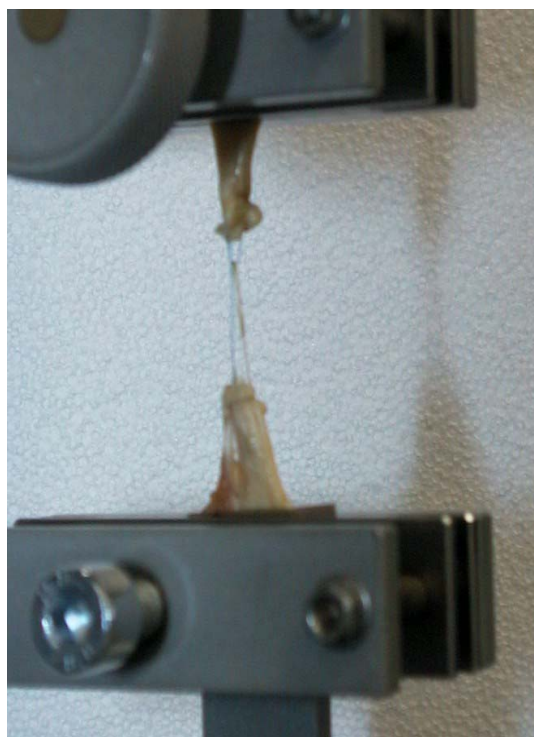
Další problém, se kterým se při biomechanických experimentech setkáváme, souvisí s upínáním biologického vzorku. Většina experimentů z oblasti biomechaniky, které jsme až dosud prováděl, souvisela více-méně s kostní tkání. V těchto případech se nám osvědčil způsob zalévání do DURACYLU. Vzhledem k tomu, že zkušební stroj Zwick je vybaven i mechanickými plochými čelistmi, dříve než jsme přistoupili k pokusům se zaléváním vzorků jsme provedli upnutí pomocí dřívě zmiňovaných plochých čelistí s následujícím výsledkem. Čelisti a upnutí vzorků je patrné z obrázků 1 a 2.

Pokud byla šlacha upínaná přímo do kovové čelisti docházelo k jejímu prokluzu, což bylo v neposlední řadě způsobeno uvolňující se tekutinou při upínání šlachy. Uvedený problém byl lehce vyřešen vložkou ze savého papíru, která odstranila uvolňující se tekutinu.

Mechanické srovnání jednotlivých stehů je velmi obtížné, neboť průřez šlach u jednotlivých vzorků je velmi rozdílný a je velmi obtížné pro šlachy nalézt charakteristickou mechanickou veličinu. Po několika nezdarech jsme přistoupili k vymezení následujícího pravidla. Vzhledem k tomu, že provádíme srovnávací experimenty je nutné, aby dvojice vzorku (vícepramenný a jednopramenný steh), byla odebrána ze stejného kadaveru a pokud možno, aby oba vzorky měly stejnou tloušťku. Při dodržení tohoto pravidla dostáváme uspokojivé výsledky.



Obr.1



Obr. 2

3.3 Zatěžování vzorků

Původním požadavkem lékařů bylo monotoně rostoucí zatížení do porušení vzorku. Tímto způsobem byla většina vzorků. Kromě jednoho vzorku nepřesáhla zátěžná síla způsobující porušení 100 N.

U poslední série byly vytvořeny dvě skupiny po pěti vzorcích. Jedna pro jednoramenný a druhá pro vícepramenný steh. Vzhledem k průběhu zkoušky, kdy hodnoty síly způsobující porušení vycházely blízké, jsme přistoupili k cyklickému zatěžování. Zatěžující cyklus byl pulzující s minimální hodnotou síly 1 N. Maximální hodnotu síly jsme volili $\frac{1}{2}$ průměrné hodnoty maximální síly pro monotonní zatížení a daný typ stehu. Tento cyklus jsme nechali opakovat 50 krát. Protože u obou vzorků po 50-ti cyklech nebyly známky porušení, zvedli jsme hodnotu maximální síly cyklu na $\frac{3}{4}$ průměrné hodnoty maximální síly pro monotonní zatížení a daný typ stehu. Takto jsme nechali vzorek cyklovat opět 50 krát. Protože opět nedocházelo k porušení zvedli jsme maximální hodnotu na hodnotu průměrné maximální síly pro monotonní zatížení. Takto jsme vzorek nechali zatěžovat 25 krát a následně jsme zvýšili zatížení do porušení vzorku. U obou vzorků došlo k porušení až v závěrečné fázi. Nutno je ovšem podotknout, že oba vzorky pro cyklické zatěžování jsme vybrali na základě předchozích zkušeností.

4. Výsledky experimentu

Vzorky s jednoramenným stehem byly označeny BI – X, kde X je pořadové číslo vzorku. Vzorky s vícepramenným stehem mají označení AII – X. Oba vzorky pro cyklické zatěžování mají pořadové číslo 5.

Hodnoty maximální síly pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v tabulce na následující straně.

		F_{\max} [N]			
		1	2	3	4
BI		16.425	17.601	24.502	21.863
All		43.706	34.135	42.232	38.961

Tab. 1

Z tab. 1 je možné dojít k závěru, že vícepramenný steh má téměř dvojnásobnou únosnost než steh jednonásobný.

Vzhledem k tomu, že každý vzorek je jiný, uvádíme také na obr. 3-6 a obr. 10–13 průběhy síly na protažení vzorku pro jedno a více pramenný steh.. Protože vzorky nemají stejnou délku je protažení pouze orientační.

Obdobně jako pro monotonní zatěžování i pro cyklické zatěžování byly vykresleny hysterzní smyčky pro vybrané cykli. Viz obr. 7-9 a obr. 14–16.

4. Závěr

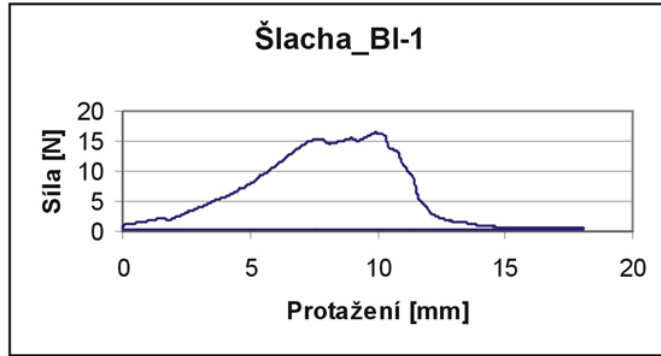
Poslední experimenty jednoznačně prokázaly přibližně dvojnásobnou únosnost vícepramenného stehu vzhledem k jednoduchému stehu při monotně rostoucím zatěžování.

Při míjivém cyklickém zatěžování s počtem cyklů 100, nedochází ke snížení únosnosti stehů. Tento poznatek opravňuje lékaře k rehabilitačním cvičením.

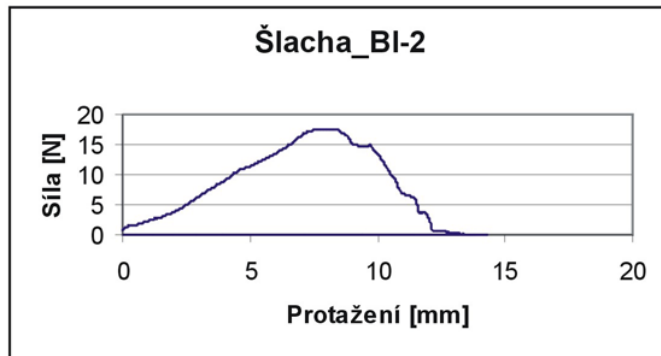
Experimenty jsou prováděny na vzorcích z kadaveru, u kterých nelze popsat jejich mechanické vlastnosti. Stejně vlastnosti se snažíme docílit dříve uvedeným výběrem. Aby bylo možné se k provedené experimentu vrátit, provádíme synchronizovaný video záznam s průběhem závislosti síly na protažení vzorku.

5. Poděkování

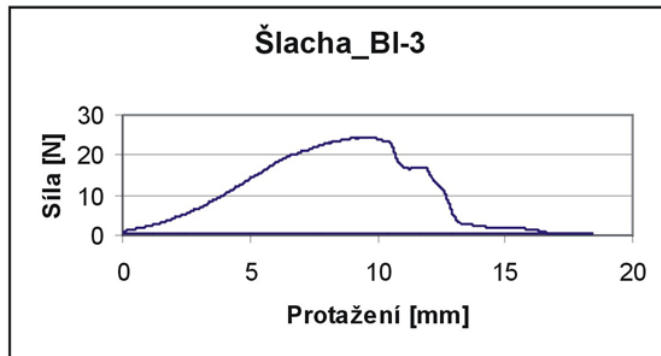
Uvedená studie byla realizována v rámci grantového projektu IGA ministerstva zdravotnictví ČR, evidovaného pod číslem ND 66 22 - 3



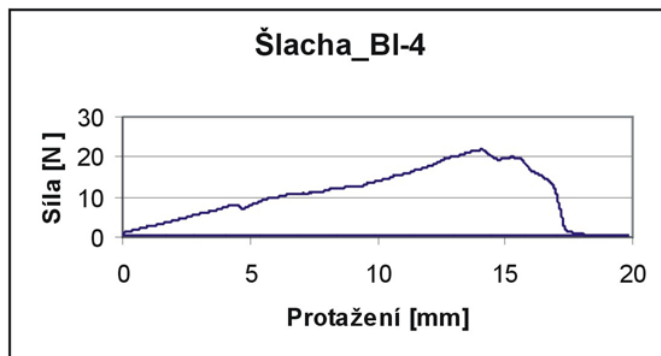
Obr.3



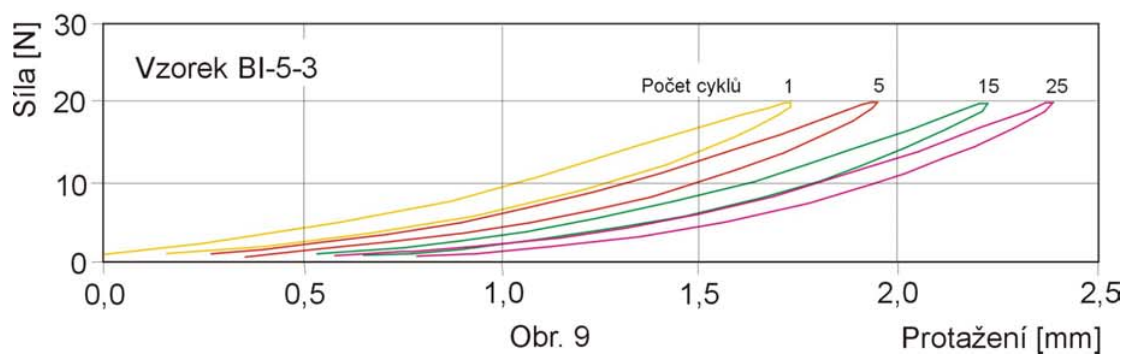
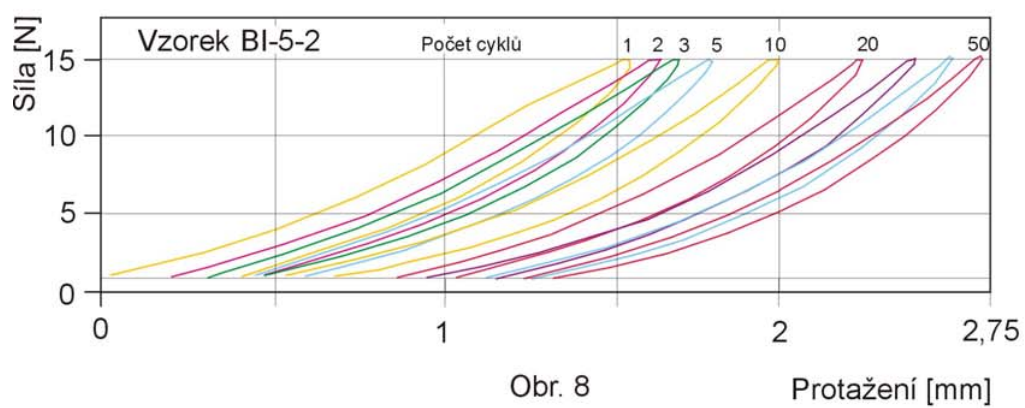
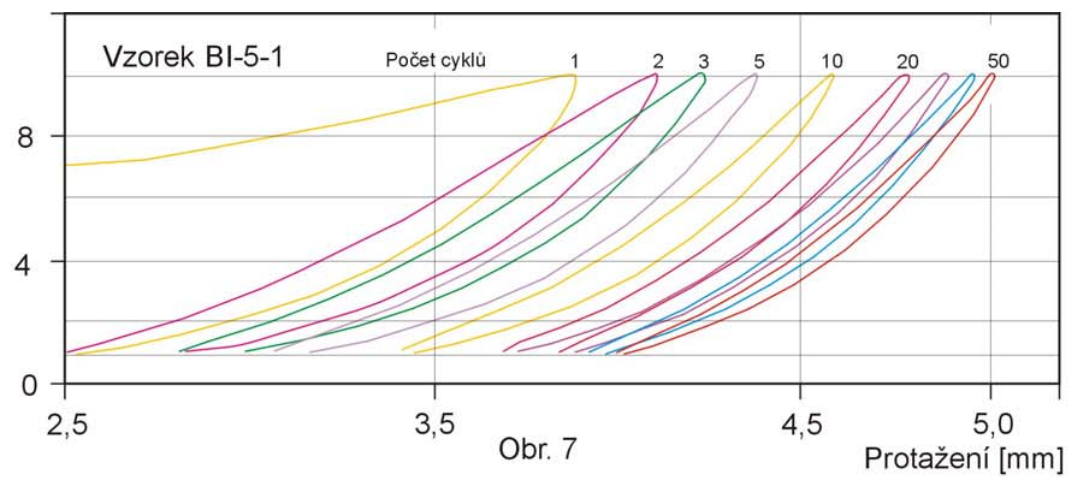
Obr. 4

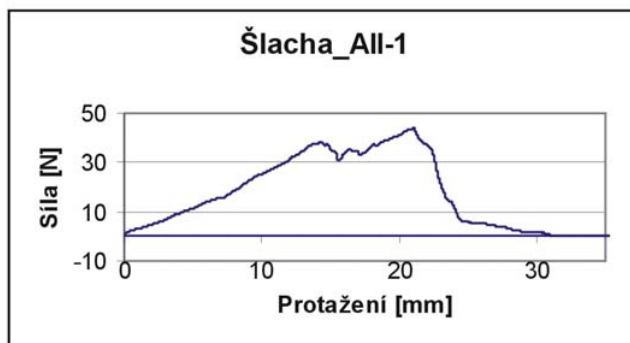


Obr.5

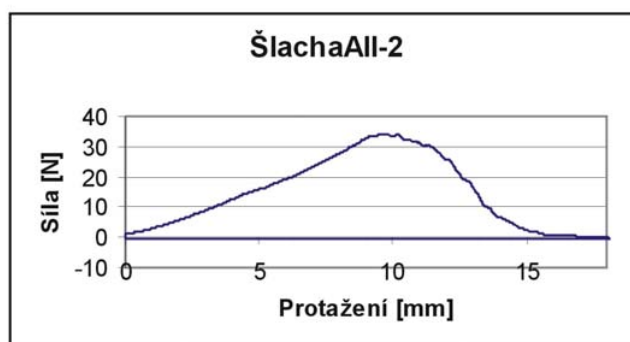


Obr. 6





Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12



Obr. 13

