

Hodnocení opotřebení fréz pro osteosyntézu dlouhých kostí

Kristýna Kubášová*, Radek Sedláček*, Lukáš Horný*

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky,
Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká republika

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou opotřebení nitrodřeňových fréz na vyvrtávání děr pro hřebky používané pro osteosyntézu dlouhých kostí dolních končetin. Po stížnostech lékařů na zvyšující se odpor a celkovou změnu vlastností, které jsou způsobeny opětovným použitím nástroje, jsme navrhli metodiku, kterou budeme tento problém ověřovat a kvantifikovat. Samostatný experiment probíhal na třech typech fréz, lišících se svým průměrem. Pro porovnání jsme experiment prováděli ve dvou cyklech, před (nové nástroje) a po opotřebení (100 děr do hloubky cca 2 cm). Z průběhu jsme zaznamenávali přítláčnou sílu a kroutící moment, které je nutné překonat při frézování. Poté jsme pomocí statistických metod vyhodnotili statistickou významnost zjištěných odlišností. Ve většině případů bylo prokázáno významné zvýšení kroutícího momentu i přítláčné síly.

Klíčová slova: nitrodřeňové frézy; opotřebení; metodika; experiment

1. Úvod

Při léčbě zlomenin dlouhých kostí, např. kosti holenní, se setkáváme s implantací hřebku, který se stává oporou pro zhojení kostní tkáně. Osteosyntéza kostí probíhá po výztuze hřebkem, který prochází dřeňovou dutinou v délce kosti. Významným faktorem, který ovlivňuje proces hojení, je poranění, které v kosti vzniká z důvodu nutnosti odfrézování kosti tak, aby jí mohl projít hřeb. Významným technologickým aspektem implantace hřebku je odběr třísky tkáně při vrtání (resp. frézování) dutiny. Jedním z problémů, které je třeba řešit, je objektivizace míry opotřebení vyvrtávacího instrumentária.

Tato práce se snaží řešit problematiku hodnocení opotřebení nitrodřeňových fréz na vyvrtávání děr pro hřebky používané pro osteosyntézu dlouhých kostí dolních končetin. Cílem je navrhnout a ověřit metodiku pro hodnocení jejich opotřebení včetně konstrukčního návrhu přípravku pro uchycení nástroje a obrobku.

2. Metodika

K uskutečnění experimentu bylo třeba vytvořit metodiku, která bude kopírovat podmínky při reálné praxi v lékařství. To znamená, že musí respektovat přítláčné síly, otáčky a posuvy, kterých je možné dosáhnout. A v neposlední řadě musíme dosáhnout dostatečného opotřebení, aby se změnila odporové síly a kroutící momenty nástroje.

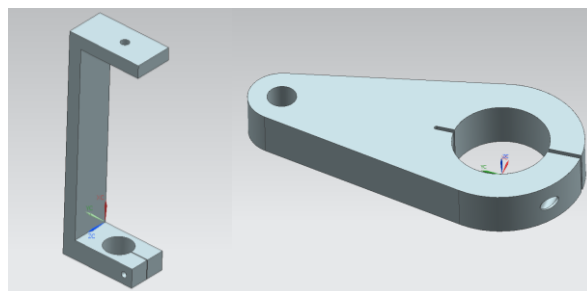
Při tvorbě metodiky jsme postupovali podle následujících bodů:

- Návrh konstrukce přípravků pro uchycení nástroje a obrobku
- MKP analýza přípravku a následná optimalizace
- Návrh řezných podmínek a posuvů
- Opotřebení vrtáním
- Návrh statistických metod pro vyhodnocení

2.1 Návrh konstrukce přípravku

Pro úspěšnou realizaci, bylo nutné nejprve vytvořit přípravek, který bude sloužit k uchycení nástroje i obrobku v zatěžovacím stroji.

Pro obě části (tzn. uchycení vrtačky v horní posuvné části a uchycení obrobku v dolní měřicí části stroje) jsme navrhli dvě varianty, které dobře vyhovovaly našim požadavkům – osové zatěžování a mimoosové (viz Obr. 1).



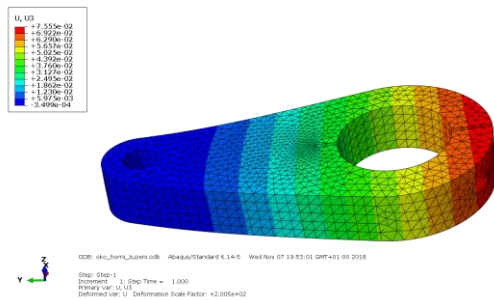
Obr. 1. Ukázka přípravků pro uchycení vrtačky – vlevo osové, vpravo mimoosové

2.2 MKP analýza přípravku a následná optimalizace

Přípravek v horní části stroje (tj. uchycení vrtačky) by měl být dostatečně tuhý, ale ne moc těžký, aby průhyb po upnutí neovlivňoval měřené parametry. Uchycení obrobku musí být pevné a musí dobře přenášet měřenou sílu a kroutící moment do snímače.

Na základě provedených MKP analýz, které simulovaly napětí a deformace dosažené při zatížení (viz Obr. 2), jsme vybrali jako vhodnější variantu mimoosového vrtání.

* Kontakt na autora: Kristyna.Kubasova@fs.cvut.cz; Radek.Sedlacek@fs.cvut.cz; Lukas.Horny@fs.cvut.cz



Obr. 2. MKP – horní přípravek – grafické znázornění posuvu ve vísle ose vlivem deformace

2.3 Návrh řezných podmínek a posuvů

Návrhem řezných podmínek a posuvů jsme se inspirovali z dostupné literatury [1]. Naším cílem bylo dosáhnout stejných obvodových rychlostí pro všechny typy zkoušených fréz, tzn. nastavení různých otáček.

2.4 Opotřebení

Pro splnění cíle této práce, jímž je zjištění, zda se změní podmínky po opotřebení (viz v textu výše), bylo nutné navrhnout vhodný postup pro efektivní a dostatečné opotřebení.

K tomuto účelu jsme zvolili bukové dřevo, které mechanickými vlastnostmi připomíná kortikální kost. Je tedy vhodné jak pro simulaci při měřených vrtacích zkouškách, tak pro neměřené vrtání za účelem opotřebení.

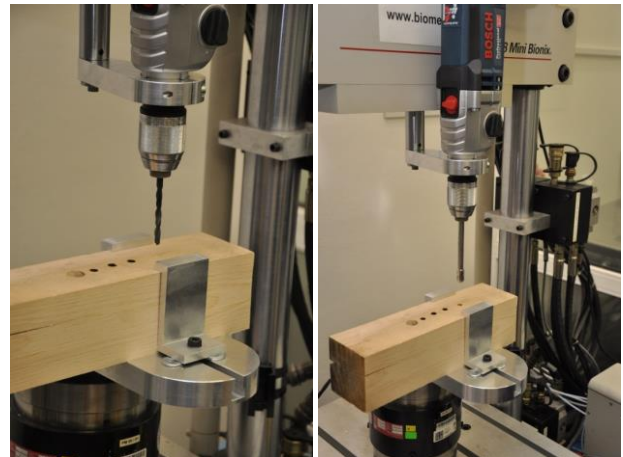
2.5 Návrh statistických metod pro vyhodnocení

Sledovanými parametry jsme zvolili přítlačnou sílu a kroutící moment, které operátor musí překonat při odvrtávání (frézování) kosti pro implantaci hřebu.

K hodnocení, tedy změně těchto parametrů před a po opotřebení, jsme využili tři různých statistických testů. Studentův T – test, Mannův-Whitneyův U – test a Kolmogorův-Smirnovův test.

3. Realizace vrtacích experimentů

K experimentu jsme měli k dispozici 32 kusů fréz o třech různých průměrech – 8, 12 a 16,5 mm (skupiny A, B, C). Po upnutí vrtačky i obrobku (bukový kvádr o velikosti cca 90×90×200 mm) jsme provedli předvrtání vrtákem o velikosti 6 mm. Dále jsme postupně, na stejném místě, prováděli měřené frézování zkoušenými nástroji (podle velikosti od nejmenší po největší) do hloubky 30 mm (viz Obr. 3).

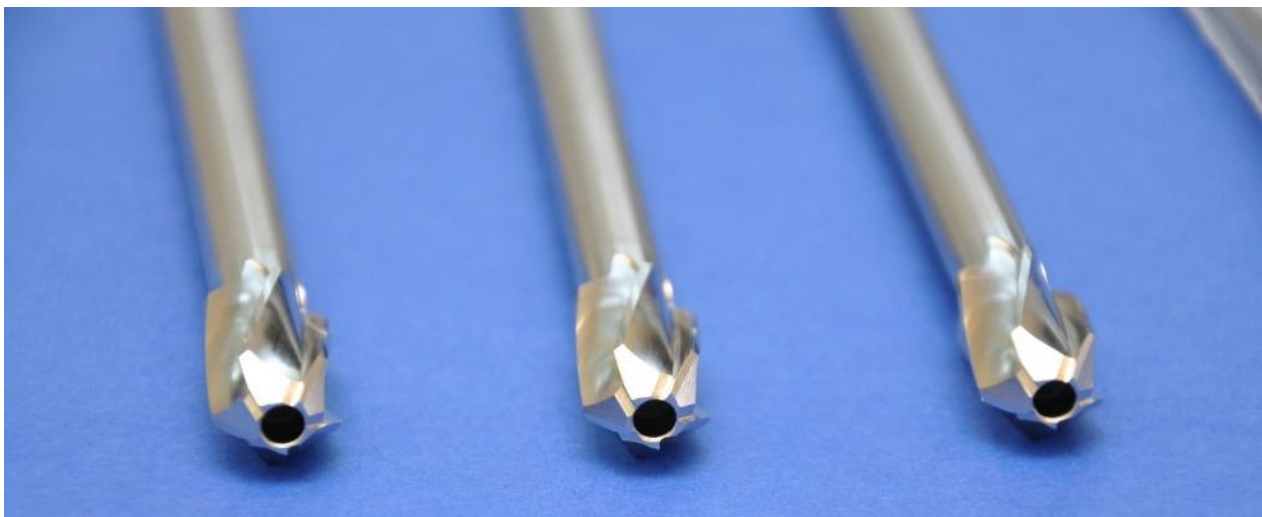


Obr. 3. Náhled postupu – vlevo převrtání, vpravo frézování

Otáčky, kterých jsme chtěli dosáhnout, na základě navržené metodiky, jsme měřili pomocí bezkontaktního laserového otáčkoměru. Použitá vrtačka nám umožnila nastavení následujících hodnot otáček, tj. 890 min^{-1} , 620 min^{-1} a 530 min^{-1} (pro frézy A, B a C).

Po provedení prvního měřeného zatěžování jsme frézy museli cíleně opotřebít. Opotřebení bylo prováděno zavrtáváním do bukových kvádrů, stejným postupem, jako u měření, tj. postupným použitím jednotlivých fréz (opět nejprve menší a poté větší průměr) do stejného otvoru. Na každé fréze jsme provedli vyvrtání 100 děr do hloubky velikosti ostří, tj. cca 20 mm.

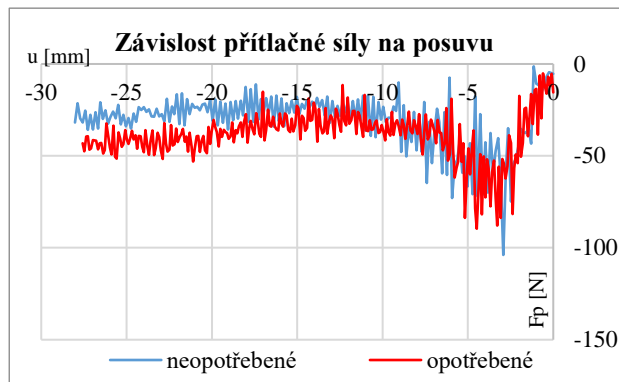
Na takto opotřebovaných frézách jsme měření zjišťovaných parametrů zopakovali a podle navržené metodiky provedli statistické vyhodnocení.



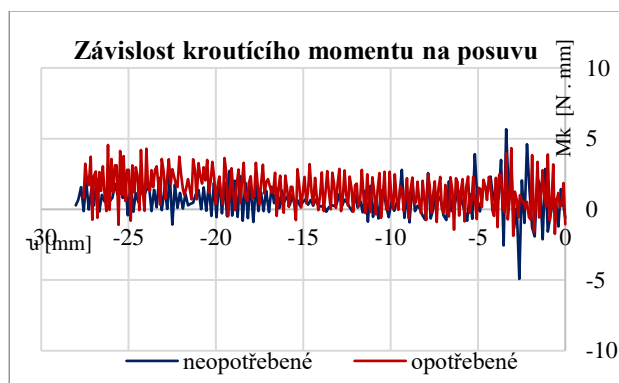
Obr. 4. Zkoušené frézy

4. Zjištěné parametry a hodnocení podmínek

Z obou průběhů měřených zatěžování jsme zaznamenávali čas, posuv, přítláčnou sílu a kroutící moment. Tato data jsme vynesli do grafů – závislost přítláčné síly na posuvu (Obr. 5) a závislost kroutícího momentu na posuvu (Obr. 6).



Obr. 5. Graf závislosti přítláčné síly na posuvu – vzorek B04



Obr. 6. Graf závislosti kroutícího momentu na posuvu – vzorek B04

Ke zjištění konkrétních rozdílů mezi naměřenými daty před a po opotřeбенí jsme použili mediány a střední hodnoty. Vždy pro sílu a moment v každé skupině (A, B a C). Zda jsou rozdíly v naměřených přítláčných silách a kroutících momentech signifikantní, jsme využili výše zmíněných statistických testů (T – test, U – test, K-S test).

Tabulka níže percentuálně znázorňuje, kolik změn přítláčné síly a kroutícího momentu bylo dle použitého testu statisticky signifikantních (viz Tabulka 1).

Tabulka 1. Přehled zastoupení signifikantních změn dle použitých statistických testů

	PŘÍTLAČNÁ SÍLA			KROUTÍCÍ MOMENT		
	A	B	C	A	B	C
T – TEST	82 %	73 %	64 %	82 %	82 %	55 %
U – TEST	64 %	73 %	73 %	82 %	82 %	64 %
K-S TEST	64 %	91 %	73 %	91 %	82 %	55 %

Z takto naměřených a vyhodnocených dat jsme zjistili, že většina fréz zvýšila svůj odpor po opotřeбенí. Což se projevilo jak nárůstem přítláčné síly, tak nárůstem kroutícího momentu. Skupina A, frézy o průměru 8 mm, vlivem opotřeбенí nezměnily odpor v přítláčné síle, ale naopak kroutící moment po opotřeбенí vzrostl o více než 73 %, což je největší zaznamenaný rozdíl napříč skupinami. Frézy skupiny B (průměr 12 mm), po opotřeбенí již zvýšily i přítláčnou sílu, cca o 23 %. Kroutící moment u tohoto typu fréz narostl o více než 53 %. U největších fréz, skupina C, jsme zaznamenali nárůst v přítláčné síle jen okolo 12 %, ale nárůst kroutícího momentu dosáhl až na 28 %.

5. Závěr

Navrženou metodikou a realizovanými experimenty bylo prokázáno významné opotřeбенí použitých vrtacích fréz. Měření přítláčné síly ukázalo největší nárůst odporu u fréz o průměru 12 mm a 16,5 mm, na rozdíl od nejmenších zkoušených fréz o průměru 8 mm, kde nebyl významný nárůst zaznamenan. Oproti tomu byl nárůst kroutícího momentu zaznamenan ve všech skupinách. Z tohoto zjištění lze usuzovat, že u všech fréz došlo po opotřeбенí k měřitelnému nárůstu odporu při zavrtávání. Toto vede k většímu zahřívání nástroje i odvrtávaného materiálu a je tedy zapotřebí věnovat pozornost míře opotřeбенí operátérem používaných nástrojů. Uvedenou metodiku lze využít právě pro nastavení rozhodovacích kritérií pro přebroušení nebo vyřazení používaného vyvrtávacího instrumentária.

Poděkování

Tato studie byla podpořena grantovým projektem Ministerstva průmyslu a obchodu ČR číslo MPO FV30348 s názvem „Vývoj nové generace hřebů pro osteosyntézu dlouhých kostí dolní končetiny“.

Literatura

- [1] STAROVESKI, Tomislav, Danko BREZAK a Toma UDILJAK. *Drill wear monitoring in cortical bone drilling* [online]. 2015, 37(6) [cit. 2019-03-16]. DOI: 10.1016/j.medengphy.2015.03.014. ISSN 13504533. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1350453315000880>