

E xperimentální A nalýza N apětí

2004

ANALYSIS OF ABRASION OF COTYLES ANALÝZA ÚBYTKU HMOTY KLOUBNÍCH JAMEK KYČELNÍCH KLOUBŮ

Dušan Mandát¹, Libor Nožka², Miroslav Hrabovský³

This article treats of using the 3D optical scanning topography as one of possible methods of an analysis of the cotyle deformation. The object of this experiment is to quantify the decrease of cotyle material. The scanning object is polyethylene coxa cotyle ABG I. The cotyle is a plastic fossette surrounded with metal cage. The metal cage is connected with a coxa of the patient. Due to use the cotyles the deformation of the surface arise

Keywords cotyle, 3D optical topography, coxa, surface, mass deformation, juncture.

Klíčová slova kloubní jamka, kyčelní kloub, úbytek hmoty, 3D optická topografie.

Kloubní jamky

Jednou z aplikací využívající možnosti 3D skenovací topografie [1] je měření deformací kloubních jamek. Předmětem skenování je polyetylenová kloubní jamka umělého kyčelního kloubu. Kloubní jamka je umístěna v kovovém koši, který je přichycen ke kyčli (Obr. 1). Vlivem tlaku kovové hlavice kloubu dochází k úbytku jejího materiálu a deformacím celého pouzdra. Ve valné většině případů dochází k výtlaku nového vrchlíku, jehož střed je posunut od středu původního kulového profilu. V extrémních případech dochází k lokální destrukci jamky – kloubní hlavice se poté opírá o kovový skelet. Míra opotřebení je závislá na hmotnosti a věku nositele, a na intenzitě namáhání kloubního implantátu. Výzkum je prováděn na množství přesahujícím sto kusů, s cílem určit míru opotřebení vzhledem k některých parametrům pacienta. Měření bylo provedeno též pomocí univerzálního mikroskopu [3] a moiré [4].



Obr. 1 Kyčelní endoprotéza

¹ Mgr. Dušan Mandát,.: Společné laboratoře optiky UP a FZÚ AV ČR; třída 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, ČR, tel.: +420585631573, e-mail: mandat@optnw.upol.cz

² Mgr. Libor Nožka,.: Společné laboratoře optiky UP a FZÚ AV ČR; třída 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, ČR, tel.: +420585631573, e-mail: mandat@optnw.upol.cz

³ prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc.,.: Společné laboratoře optiky UP a FZÚ AV ČR; třída 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, ČR, tel.: +420585631501, e-mail: hrabovsky@optnw.upol.cz

Optická skenovací topografie

Teoretický popis

Princip měření je založen na přepočtu změny posunu Δu polohy proužku vlivem změny polohy Δr testovaného povrchu vzhledem k uživatelsky definované referenční rovině určené kalibrací. Tato závislost je popsána mapovacím algoritmem [2]:

$$\frac{1}{\Delta r} = a + \frac{b}{\Delta u}, \quad (1)$$

kde parametry a a b jsou jednoznačně určeny polohou referenční roviny. Citlivost c sestavy je dána vztahem:

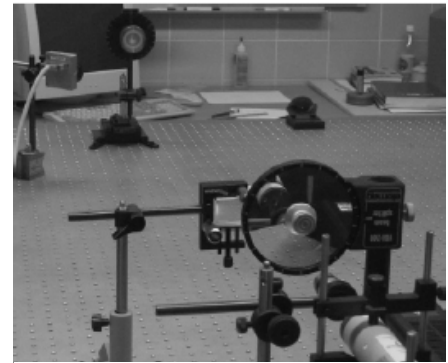
$$c = \frac{1}{a+b} = c_1 - c_2, \quad (2)$$

kde $c_1 = b^{-1}$, $c_2 = a \cdot b^{-1}$ a je závislá na geometrii měřicí sestavy, zejména na úhlu mezi směrem promítání laserové stopy a směrem pozorování. Parametry c_1 a c_2 jsou počítány regresní analýzou z dat získaných při kalibraci měřicí sestavy.

Měření deformace

Uspořádání sestavy

Zobrazovací část měřicí sestavy, (Obr. 2), je složena z He-Ne laserového zdroje odkud vychází laserový svazek, který dále prochází mikroskopovým objektivem o ohniskové vzdálenosti $f = 40\text{mm}$. Intenzita svazku je poté regulována proměnným intenzitním filtrem k nastavení vhodné intenzity proužku na povrchu kloubní jamky. Válcová čočka na výstupu zobrazovací soustavy transformuje laserový svazek na stopu ve tvaru úzkého proužku ve vertikálním směru, který dopadá na měřený povrch. Promítnutá stopa je poté snímána digitální CMOS kamerou systému EPIX.



Obr. 2 Měřicí sestava

Kloubní jamka je upevněna přes speciálně vyrobenou přírubu (objímku) na otočnou konstrukci, s dělením stupnice po 15° . Celá konstrukce je upevněna na posuvný stůl, pohybující se ve směru promítání svazku, pro účely kalibrace měřicí sestavy. Vzhledem k poměrně velké hloubce profilu kloubní jamky, která činí 20 mm, bylo nutné nalézt optimální polohu pozorovací soustavy (CMOS digitální kamery) tak, aby nedošlo k zastínění projektované stopy okraji kloubní jamky vzhledem k pozorovací soustavě. Tento faktor do značné míry limituje citlivost a přesnost měření. Vedle toho bylo potřeba vyřešit problém odraznosti hmoty kloubní jamky, neboť její umělohmotný materiál se chová jako difúzní materiál způsobující dodatečné odrazy v jeho vnitřních vrstvách. Tyto parazitní odrazy významným

způsobem ovlivňují tvar proužku při snímání kamerou a prakticky znemožňují analýzu proužku. Z tohoto důvodu byl nanesen na měřený povrch jemný film prášku ARGENTUM, používaný v daktyloskopii, který dodatečně odrazy eliminuje.

Kalibrace

Ke zjednodušení celého procesu jsme ke kalibraci použili samotnou kloubní jamku. Kalibrace byla provedena tak, že posuvným stolkem jsme definovali 20 poloh kloubní jamky a ze srovnání posunu obrazu proužku a polohy posuvného stolku jsme určili kalibrační parametry měřicí sestavy. Přitom bylo použito pouze aproximace polohy obrazu proužku na přírubě. Kalibrační parametry c_1, c_2 byly počítány ve všech bodech rozmístěných na aproximační přímce obrazu proužku na přírubě a poté regresní analýzou byla spočítána jejich závislost na vertikální poloze

Měření jednotlivých profilů

Měření bylo provedeno tak, že jsme rotovali s jamkou o 180° s krokem 15° , resp. $7,5^\circ$. V každé poloze byl nasnímán obraz proužku. Obraz byl analyzován stejným algoritmem jako v případě kalibrace, ale pro další vyhodnocování byl dále použit pouze obraz stopy na vlastní kloubní jamce. Referenční rovina byla definována polohou referenčního proužku s indexem 0.

Vyhodnocení snímků

Na obr. 3 je vykreslen inverzní obraz laserové stopy na měřené kloubní jamce. Obraz lze rozložit do dvou částí – obraz proužku na přírubě a na obraz proužku na samotné kloubní jamce. Protože první část lze aproximovat polynomem 1. stupně, lze jej s výhodou použít pro účely kalibrace. Analýzu obrazu lze rozdělit do následujících kroků:

- prahování a morfologické odstranění parazitních světlých zrn,
- stanovení středu váženým průměrováním,
- analýza polohy obrazu stopy na přírubě a její aproximace,
- zjištění středu obrazu jamky a měřítka obrazu ze znalosti geometrie příruby,
- doplnění chybějících bodů v obrazu jamky v případě stínění.

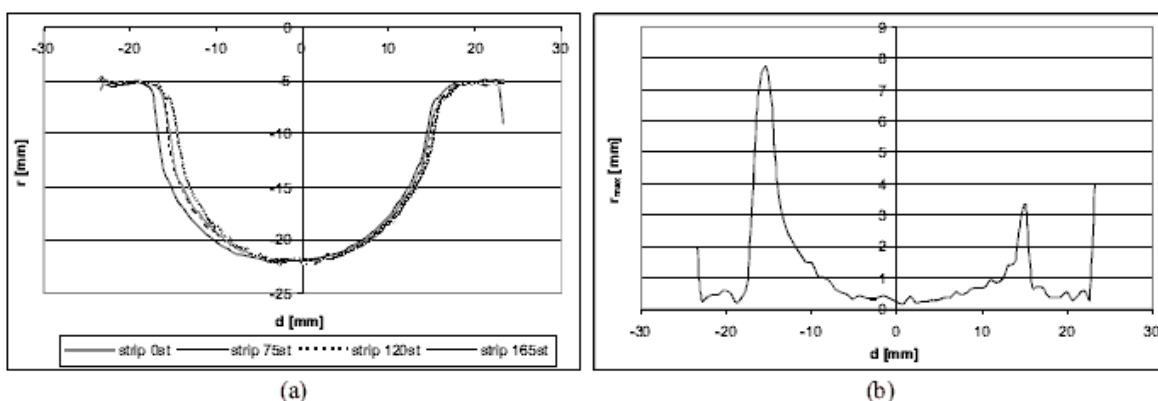
Pro účely analýzy obrazu a vyhodnocování měření, byl vytvořen program v C++ s objektovým návrhem popisu obrazu kloubní jamky. Pro statistické zpracování rozdělení chyb stanovení středu proužku je použit softwarový systém ROOT. Výstupem programu je soubor dat s výsledky analýzy jednotlivých proužků, popis kalibračních parametrů a rozdělení chyb stanovení středu proužku. V případě samotného měření je též vyhodnoceno rozložení maximálních naměřených odchylek mezi jednotlivými měřeními částmi kloubní jamky a 3D rekonstrukce naměřené kloubní jamky ve formátu WRML [5].



Obr. 3 Profil jamky

Naměřené profily ve vybraných úhlech $0^\circ, 75^\circ, 120^\circ$ jsou uvedeny na Obr.4. Vzhledem k tomu, že se otáčelo s kloubní jamkou o 180° rozeznáváme dva směry od středu jamky. V případě profilu v úhlu 75° lze na pravém kraji grafu vidět odchylku způsobenou neodfiltrovaným zrnem

nacházejícím se na přechodu povrchu kloubní jamky a příruby. Na Obr. 4 b je znázorněn graf maximálních odchylek mezi všemi naměřenými směry v závislosti na vzdálenosti od naměřeného středu kloubní jamky. Z obrázku je zřejmý naměřený úbytek až o 7,75 mm ve směru od základny.



Obr. 4 (a) příklad vybraných profilů, (b) maximální odchylky

Závěr

Z naměřených dat je patrný předpoklad posunu hlavy kloubu ve směru působení zátěže (Obr.4). Ukázalo se, že tato bezkontaktní metoda umožňuje věrohodně rekonstruovat profil kloubní jamky a tak zjistit úbytek hmoty. V dalším se počítá s použitím dvou doplňujících se digitálních kamer, které budou snímat část pozorované stopy v příznivých pozicích pro zvýšení citlivosti měřicí sestavy.

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního příspěví Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci podpory projektu výzkumu a vývoje LN00A015.

Literatura

- [1] Mandát D., Nožka L., Hrabovský M.: *Image Data Analysis of 3D Topography*. Experimental stress analysis 2003, 71-72
- [2] Nožka L., Mandát D., Hrabovský M.: *3D optical Scanning Topography*. Experimental stress analysis 2003, 2003, 71-72
- [3] Gallo J., Havránek V., Hrabovský M.: *Měření opotřebení extrahovaných polyetylenových jamek TEP kyčelního kloubu za pomoci universálního mikroskopu*. Jemná mechanika a optika 11-12, 2003
- [4] Rössler T., Hrabovský M.: *Quantitative evaluation of projection moiré topography*. Jemná mechanika a optika 3, 2003, 73-77
- [5] Žára J.: *WRML 97 Laskavý průvodce virtuálními světy*., Computer Press, 1999