

THERMAL ASPECTS OF FRICTION IN JOINT REPLACEMENTS

R. Němeček*, J. Pražák*

Summary: *Thermal effects during friction of femoral (vitalium) and tibial (UHMWPE) components of the knee joint replacement with the physiological solution, HA, bovine serum lubrication depending on the load, frequency and damage of UHMWPE are studied. There is the possibility of monitoring the state of joint replacements in vivo.*

1. Úvod

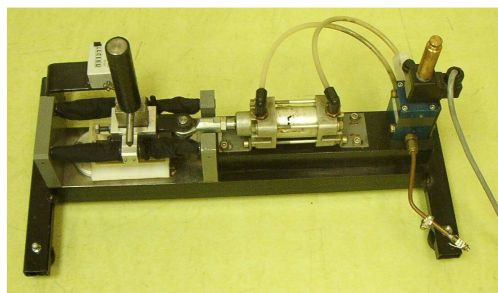
V normálním lidském kloubu stoupá teplota o 2,5 °C během chůze a pravděpodobně ještě více při běhu [6]. Z důvodu zhoršené lubrikace mají kloubní náhrady mnohem větší tření a ohřívají se rychleji než klouby přirozené. Teplotní nárůst v totálních kyčelních náhradách jako výsledek třecí energie disipované v místě kontaktu kloubních komponent byl měřen *in vivo* a dosahuje hodnoty 3,5 °C během chůze [2]. Takto zvýšené teploty mohou způsobit zvětšení otěru, creepu a degradaci UHMWPE nebo dokonce poškodit okolní tkáň [3]. Jiným problémem jsou laboratorní simulace tření kloubních náhrad, jejichž cílem je testovat kloubní komponenty a dosáhnout tak výsledků, které odpovídají skutečnosti. Tyto laboratorní testy většinou užívají jako lubrikant zředěné hovězí sérum a tak simulují synoviální tekutinu v kloubech. Při těchto experimentech může dojít vlivem vyšších teplot k precipitaci proteinů z lubrikantu, které vytvoří „ochrannou“ vrstvu na zkoušeném materiálu a zkreslí výsledná data [5]. Cílem této práce bylo na základě experimentu stanovit nárůst teploty femorální komponenty (vitalium) při tření s tibiální komponentou (UHMWPE) náhrady kolenního kloubu s přihlédnutím k možnosti termického monitorování stavu endoprotézy *in vivo*.

2. Experiment

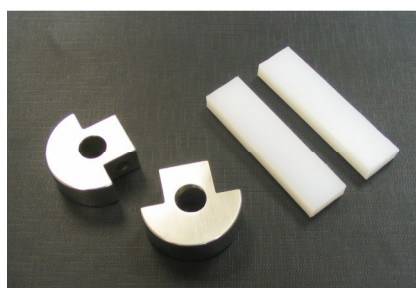
Měření bylo provedeno v laboratoři biomechaniky Ústavu termomechaniky, AV ČR v Praze. Při experimentu byl použit simulátor kolenního kloubu (obr. 1), který simuluje posuvný pohyb. Jako lubrikant byl zvolen fyziologický roztok, 0,2 % roztok kyseliny hyaluronové (0,2% HA) a hovězí sérum. Pro měření byly použity vzorky na obrázku 2. Vzorek představující femorální část náhrady je z vitalia (slitina Co), vzorek představující tibiální část kolenní náhrady je vyroben z UHMWPE. Tyto materiály odpovídají materiálům užívaným pro náhradu kolenního kloubu. Teplota byla snímána čtyřmi termočládky (typ K).

* Ing. Richard Němeček, RNDr. Josef Pražák, CSc.: Odbor pružnosti a pevnosti, fakulta strojní, ČVUT v Praze, Ústav termomechaniky AV ČR v Praze

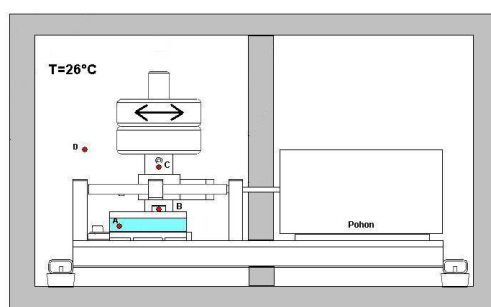
Rozmístění termočlánků je patrné z obrázku 3. Termočlánek A je umístěn ve vaničce a snímá teplotu lubrikantu. Termočlánek B monitoruje teplotu femorální komponenty, je umístěn ve femorální komponentě 13 mm od třecího kontaktu obou komponent.



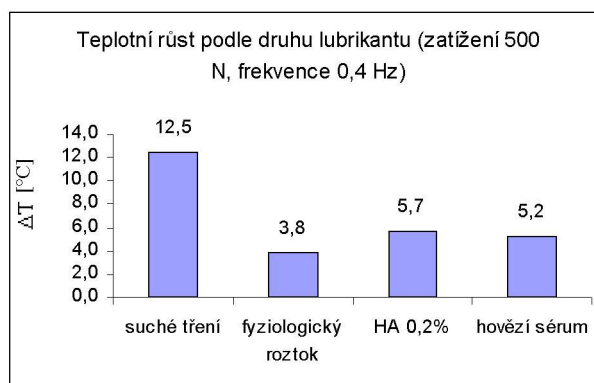
Obrázek 1
Simulátor kolenního kloubu



Obrázek 2
Vzorky pro měření



Obrázek 3
Ukázka rozložení termočlánků pro měření
teploty



Obrázek 4

Teplotní růst v závislosti na druhu lubrikantu.

Termočlánek C měří zvýšení teploty ve „femuru“ a termočlánek D pro kontrolu monitoruje teplotu uvnitř boxu – teplotu měření. Pro měření závislosti teplotního růstu na stupni poškození UHMWPE byla provedena měření s čistým - nepoškozeným vzorkem a dále pak se vzorky uměle poškozenými.

3. Výsledky

Výsledkem měření jsou termické změny při různých podmínkách tření kloubních komponent. Na obrázku 4 je vynesena závislost teplotního nárůstu během tření na druhu lubrikantu při zatížení 500 N a frekvenci 0,4 Hz. Teplotní nárůst femorální komponenty se zvyšující frekvencí vzrůstá. Při lubrikaci s 0,2% HA a s hovězím sérum vzrůstal teplotní nárůst i se zvyšujícím se zatížením. Chování fyziologického roztoku je oproti ostatním lubrikantům jiné, odpovídá změnám součinitele tření podle Stribeckovy křivky.

4. Závěr

Při suchém tření se poškození povrchu UHMWPE projevilo větším teplotním nárůstem, v režimu hydrodynamického tření není teplotní nárůst přímo úměrný poškození UHMWPE. Se zvýšeným poškozením se při dostatečném množství lubrikantu zvětší tloušťka mazací vrstvy a výsledné tření je „lepší“ než u nepoškozeného vzorku. Monitorování teploty náhrady kyčelního kloubu *in vivo* pomocí zabudovaných snímačů teploty ve femorální hlavici je reálné [1]. Nárůst teploty závisí na



Obrázek 5

Simulátor kolenního kloubu
(ČVUT fakulta strojní, Ústav mechaniky,
odbor pružnosti a pevnosti)

efektivním součiniteli tření [4]. Zvyšování teploty kloubních komponent během tření může být skrytým problémem kloubních náhrad, ale také pomůckou ke zjišťování stavu endoprotézy *in vivo*. Další výzkum možnosti tepelného monitorování stavu kloubních náhrad lze provést na kolenním simulátoru (obr. 5), který simuluje reálné zatížení a pohyby kloubu. Měření lze přiblížit podmínkám *in vivo* simulací krevního průtoku a okolní tkáně.

5. Literatura

- [1] Bergmann, G.; Graichen, F.; Rohlmann, A. Hip endoprosthesis for in vivo measurement of joint force and temperature. *J. of Biomechanics*, 1999, No. 32, p. 1113-1117
- [2] Bergmann, G.; Graichen, F.; Rohlmann, A. et al. Frictional heating of total hip implants, Part 1: measurements in patients. *J. of Biomechanics*, 2001, No. 34, p. 421-428
- [3] Bergmann, G.; Graichen, F.; Rohlmann, A. et al. Frictional heating of total hip implants, Part 2: finite element study. *J. of Biomechanics*, 2001, No. 34, p. 429-435
- [4] Franta, L.; Pražák, J. The problems of effective coefficient of static friction at friction surfaces of joint replacement. *Engineering mechanic 2004 - abstract*
- [5] Lu, Z.; McKellop, H. Frictional heating of bearing materials tested in a hip joint wear simulator. *Proc Instn Mech Engrs*. 1997, vol 211, part H
- [6] Tepic, S.; Macirowski, T. et al. Experimental temperature rise in human hip joint in vitro in simulated walking. *J. of Orthopaedic Research*. 1985, vol.3, No.4, p. 516-520