

## COMMENTS TO TRIBOLOGICAL TESTING OF ARTIFICIAL JOINTS

**J. Pražák\*, H. Chlup\*, J. Musil\***

**Summary:** *Contemporarily, one assumes that the main cause of the definitive instable fixation of endoprosthesis in the bone structure is caused by the immunobiological reaction of the bearer's organism due to the presence of the foreign wear particles torn off from the artificial joint surfaces. The task for biomechanics is to find testing procedures for solving of this problem. The aim of this contribution is to discuss some practical aspects of this problem.*

### 1. Úvod

Zavedení polyetylénu s ultra-vysokou molekulovou hmotností (UHMWPE) jako konstrukčního materiálu pro výrobu kluzných částí kloubních endoprotéz znamenalo zásadní pokrok v jejich vývoji. Výrazné zvýšení stability materiálu však paradoxně ztěžuje jeho tribologické testování. Na základě obecného rozboru byl jako adekvátní testovací metoda navržen otěrový test typu 'line-on-plane' se specifickou kinematikou. V příspěvku je mj. diskutována specifická metoda 'line-on-plate' a výsledky některých provedených testů. Z výsledků experimentů vyplývá mimo jiné, že při sledování otěru, v souladu s teorií, je třeba rozlišit alespoň dva různé třecí-lubrikační režimy (kontaktní a hydrodynamický). Toto rozlišení má značný význam jak pro navrhování otěrových experimentů tak pro tribologii kloubních náhrad obecně.

### 2. Experimentální tribologie kloubních náhrad

Pro studium otěru kloubů a jejich náhrad má z poznatků tribologie základní význam rozlišení různých lubrikačních režimů pro různé rychlosti vzájemného pohybu třecích ploch. Tato souvislost bývá popisována tzv. Stribeckovými křivkami, které udávají závislost efektivního koeficientu tření na rychlosti vzájemného pohybu. S jistým zjednodušením lze říci, že pro případ, kdy je plocha lubrikována, lze očekávat dva třecí režimy: režim *hydrodynamický*, kdy jsou obě plochy odděleny vrstvou kapaliny, a režim *kontaktní*, kdy je vliv kapalinného lubrikantu nevýznamný, neboť třecí plochy se vzájemně dotýkají. Hydrodynamický režim odpovídá vyšším rychlostem, kontaktní režim rychlostem nižším. Kvantifikace tohoto rozlišení je dána konkrétními vlastnostmi ploch a lubrikantů. Každý z výše uvedených režimů\* tření (hydrodynamický a kontaktní) má zásadně jiný vliv na opotřebení třecích ploch:

---

\* RNDr. Josef Pražák, CSc., Ing. Hynek Chlup, MUDr. Jan Musil,  
ÚT AVČR, Dolejškova 5, Praha 8; tel.: 266052024, e-mail:  
prazak@it.cas.cz

zatímco u hydrodynamického je opotřebování prakticky nulové, tření kontaktní, které se blíží tření suchému (bez lubrikantu), může způsobit i v poměrně krátké době fatální poškození.

Při studiu opotřebenění používá tribologie cyklického namáhání na experimentálních zařízeních, která stylizovaně simulují namáhání *in situ*. Tak se vyvinuly standardní metody *pin-on-disc* a *ring-on-disc*. Pro cyklické testování kloubních náhrad byla vyvinuta celá řada simulátorů., Typický počet testovacích cyklů je 1 000 000, což podle aktivity uživatele endoprotézy může odpovídat době užívání od několika měsíců do několika let. Společným rysem všech simulátorů je cyklická simulace kroku, tedy simulace vytrvalé chůze. Zde lze očekávat hydrodynamický lubrikační režim, který je proti opotřebenění celkem efektivní. Na druhé straně existuje velká řada pohybových aktivit provozovaných např. v domácnosti či při zaměstnání (úklid, vaření) charakterizovaná spíše statickým či kvazistatickým zatěžováním endoprotézy. Zde lze naopak očekávat režim kontaktní, který je z hlediska opotřebenění daleko více devastující. Při testování kloubních náhrad (resp. materiálů pro jejich výrobu) je proto třeba adekvátně modelovat reálný třecí režim, a při testu na opotřebenění používat i velmi malé rychlosti, zastavování, stání, uvedení do pohybu po delším stání atp.

### **3. Závěry – problémy**

V současné době, se zdá, že experimentální tribologie kloubních náhrad se musí vypořádat především se dvěma problémy: extrémně dlouhou dobou nutnou pro testování jednotlivých komponent (testovací doba prakticky srovnatelná s životností experimentálního zařízení), dále pak s nalezením vyšší adekvátnosti testovacích režimů (běžně aplikovaný režim rychlé chůze se zdá být paradoxně méně devastující než režim „popocházení“).

### **4. Poděkování**

Tato práce vznikla v rámci programu „Umělé náhrady skeletálního systému ...“ FB-CV/64 MOP; autoři jsou za podporu tohoto výzkumu upřímně vděční.