



LUBRICATION OF ARTIFICIAL JOINTS - AN ESSENTIALLY INTERDISCIPLINARY PROBLEM

Josef Pražák *

***Summary:** The contemporary prevailing practice in the artificial joints application (endoprosthesis) assumes implicitly a sufficient lubrication of the joint surfaces by the spontaneous effusion fluid of the body liquids. The latter assumption is not apparently universally founded and in many cases probably substantially limits the replacement usefulness. Contemporarily, one assumes namely that the main cause of the definitive unstable fixation of endoprosthesis in the bone structure is caused by the immunobiological reaction of the organism due to the presence of the foreign wear particles torn off from the artificial joint surfaces caused by an imperfect lubrication. The alternative of the spontaneous lubrication is the artificial lubrication using adequate pseudosynovial liquids. The task for biomechanics is to find out the latter pseudosynovial liquid. It is a well defined and demarcated task of a pronounced interdisciplinary character. The aim of this contribution is to show the interdisciplinary frame necessary for this task.*

V roce 1998 byl v ČR za spolupráce několika výzkumných institucí a průmyslu uveden do života program SKELET zaměřený na studium, vývoj a výrobu náhrad elementů lidského kosterního systému. V jeho rámci, při vývoji umělých kloubních náhrad, byla studována také otázka lubrikace těchto elementů.

Současná převažující praxe při aplikaci umělých kloubních náhrad (kloubních endoprotéz) implicitně předpokládá dostatečnou lubrikaci umělých kloubních ploch spontánním efuzátem tělních kapalin. Tento předpoklad není patrně univerzálně opodstatněný, a v mnohých případech pravděpodobně zásadně omezuje životnost náhrady. Nově se totiž konstatovalo, že hlavní příčinou defektů ukotvení kloubních náhrad v kosti jsou otěrové částice stržené abrazí z umělých kloubních ploch vzhledem k jejich nedokonalé spontánní lubrikaci. Alternativou ke spontánní lubrikaci je umělá lubrikace pomocí vhodné *pseudosynoviální* kapaliny. Úkolem pro biomechaniku je tuto vhodnou kapalinu nalézt. Nalezení vhodné pseudosynoviální kapaliny je pozoruhodně jasně definovaným a ohraničeným úkolem silně interdisciplinárního charakteru.

Studium lubrikace umělých kloubních náhrad vychází z obecných tribologických zásad – výchozím bodem je tedy mechanická disciplína tribologie. Za základní model lubrikace umělých kloubů se zdá přirozené brát lubrikaci přirozených kloubů – výchozím polem je proto i anatomie. V oblasti revmatologie existuje rozsáhlá zkušenost s umělou lubrikací přirozených kloubů. Ačkoli se v tomto případě jedná převážně o klouby specificky patologické, jsou získané obecné zkušenosti pro studovanou problematiku významné. Vlastní pseudosynoviální kapalinu je pak třeba vytvářet na poli makromolekulární chemie.

* J. Pražák, Institute of Thermomechanics, ASCR, Dolejškova 5, CZ-18200 Praha, prazak@it.cas.cz

TRIBOLOGIE

Pro studium lubrikace kloubů má z poznatků tribologie základní význam rozlišení různých lubrikačních (mazacích) režimů pro různé rychlosti vzájemného pohybu lubrikovaných ploch. S jistým zjednodušením můžeme říci, že lze očekávat dva režimy: režim *hydrodynamický*, kdy jsou obě plochy odděleny vrstvou kapaliny, a režim *kontaktní*, kdy je vliv kapalinného lubrikantu nevýznamný, neboť plochy se vzájemně dotýkají. Každý z uvedených režimů má zásadně jiný vliv na opotřebení třecích ploch: zatímco u režimu hydrodynamického je opotřebení prakticky nulové, tření kontaktní může způsobit i v poměrně krátké době fatální poškození. Problém lubrikace zaměřený na snížení opotřebení se tak člení do dvou úkolů: zajistit pro co největší rozsah rychlostí vzájemného pohybu třecích ploch hydrodynamický režim lubrikace a zajistit i při rychlostech blízkých nule oddělení kluzných ploch. V oblasti průmyslové lubrikace jsou řešeny oba úkoly současně zavedením tzv. *aditivovaných* maziv, kde se k základní (objemové) složce maziva zajišťující hydrodynamickou lubrikaci přidává relativně malé množství povrchově aktivních látek.

PŘIROZENÁ LUBRIKACE PŘIROZENÝCH KLOUBŮ

Pro přirozený lubrikační režim přirozeného kloubu je podstatné, že kloubní povrch je tvořen specifickou hyalinní chrupavkou, která je elastická a porézní. Tyto vlastnosti umožňují zajistit lubrikaci vedle její tribologické funkce i látkovou výměnu chrupavky a rozšiřují podstatně rejstřík lubrikačních mechanismů. Fyziologická synoviální kapalina je tvořena dialyzátem krevní plasmy. Základ této kapaliny je tvořen roztokem albuminu a gamma-globulinu. Vysoká viskozita je způsobena příměsí vysokomolekulárního polymeru, kyseliny hyaluronové. Kyselina hyaluronová nejen zajišťuje vysokou viskozitu synoviální kapaliny, ale činí ji také ne-newtonovskou. Složení synoviální kapaliny je známo již delší dobu. Dlouho však nebyla známa role jejích jednotlivých složek. Podle současného názoru lze interpretovat synoviální kapalinu jako aditivované mazivo, kde objemová složka je tvořena roztokem hyaluronanu sodného v dialyzátu krevní plazmy a povrchově aktivním aditivem je lubricin – skupina povrchově aktivních fosfolipidů vázaných na bílkovinný nosič.

O mechanismu přirozené lubrikace existuje více než třicet teorií. Některé si vzájemně odporují, většinu z nich lze uplatnit paralelně. Lze konstatovat, že důležitou roli při přirozené lubrikaci hraje vytlačování synoviální kapaliny z pórového prostoru kloubních ploch. U umělých kloubů, které nejsou porézní, je takovýto mechanismus neaplikovatelný. Dobrou inspirací je naproti tomu aditivovaný charakter přirozené synoviální kapaliny.

UMĚLÁ LUBRIKACE PŘIROZENÝCH KLOUBŮ

Bohaté zkušenosti byly shromážděny především při léčbě osteoartrózy. Při léčbě byla pokusně nitrokloubně aplikována celá řada látek. Byly to zejm. minerální a silikonové oleje a syntetické polymery, ale i biopolymery. Zjistilo se však, že některé z těchto látek vyvolávají akutní zánět, oleje pak navíc poškozují i buněčné membrány. Cizorodé látky bývají z postiženého kloubu aktivně odstraňovány fagocytózou, a vzhledem k tomu, že organismus nedisponuje enzymy pro jejich štěpení, jsou tyto ukládány v orgánech retikuloendoteliálního systému, nejčastěji v ledvinách či slezině, čímž mohou vyvolat jejich onemocnění. V současné době je možné pro léčbu klinicky používat jen kyselinu hyaluronovou a její deriváty. Ze syntetických polymerů je považována za perspektivní látku karboxymetylcelulóza.

Problém lubrikace umělých kloubních náhrad jeví již při svém rozboru výrazně interdisciplinární charakter. Při postupu jeho řešení se tento charakter ještě zesiluje: kromě lékařů – operátorů a výrobců vlastních náhrad přistupuje i složka daná administrativou schvalování léčiv, tedy složka právní a etická.

Podporu práci poskytuje SKELET, projekt Ministerstva průmyslu a obchodu ČR č. FB-CV 164/98.