

Vliv viskosuplementace na tření kloubní chrupavky

David Rebenda, Ing.

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ
Fakulta strojního inženýrství
VUT v Brně

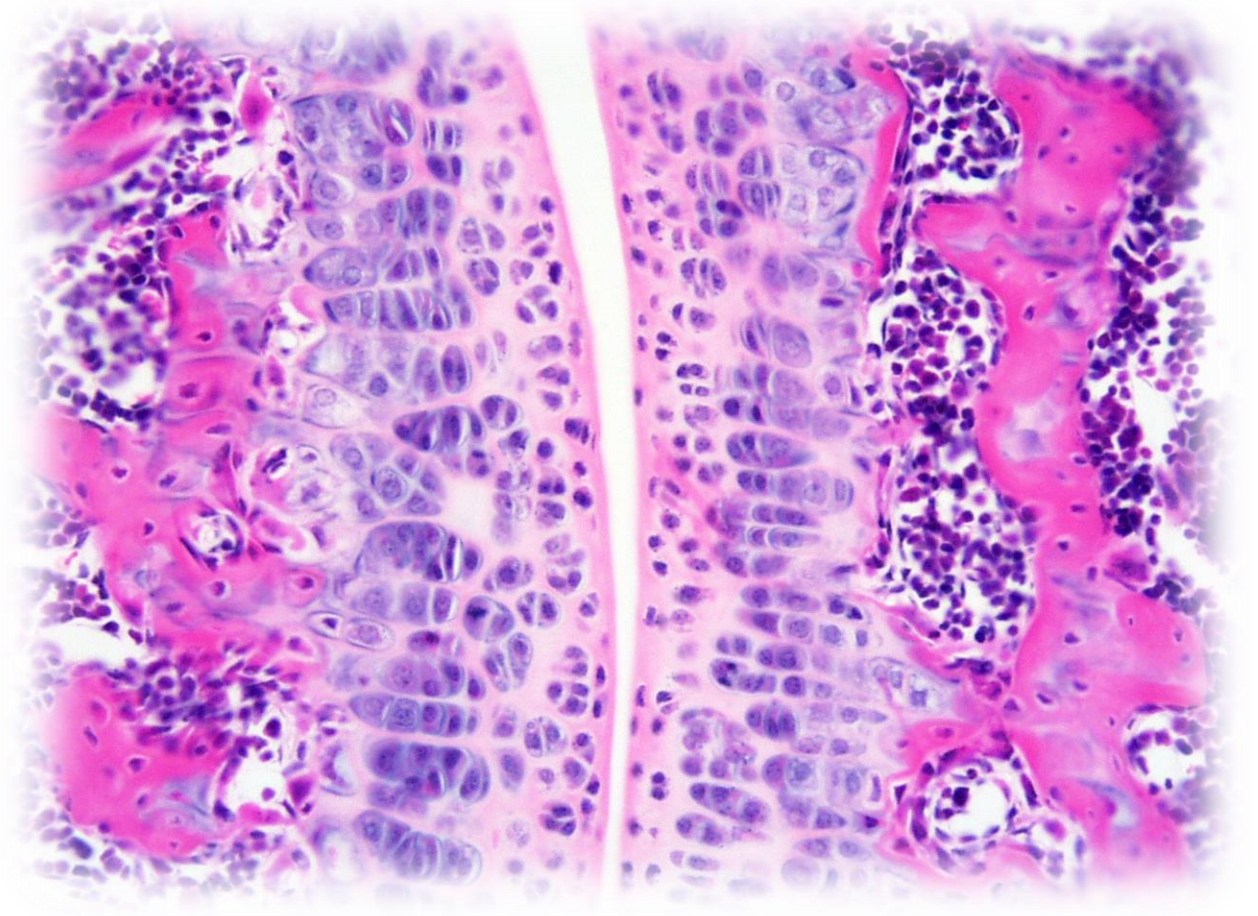
Státní doktorská zkouška, 21. 11. 2018



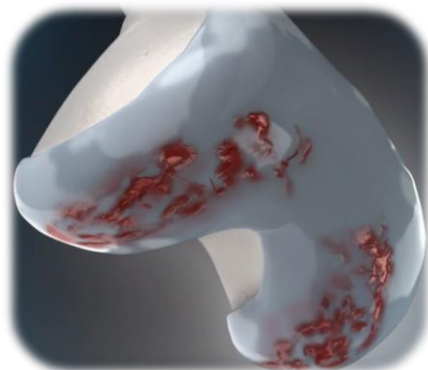
ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

OBSAH

- Motivace pro řešení daného problému
- Úvod do problematiky
- Shrnutí současného stavu poznání
- Analýza a zhodnocení poznatků
- Vymezení cílů disertační práce
- Vědecká otázka a pracovní hypotéza
- Materiál a metody
- Současný stav řešení disertační práce
- Závěr



MOTIVACE PRO ŘEŠENÍ DANÉHO PROBLÉMU

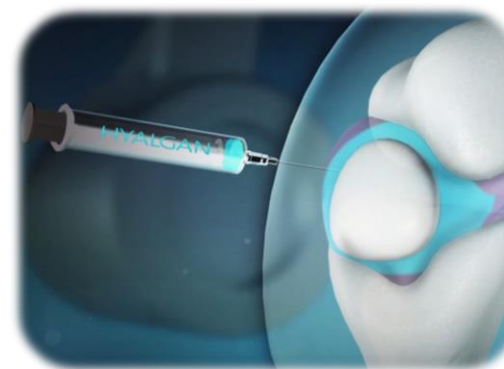


- 15 % dospělých trpí nemocemi kloubů
- Opotřebení kloubní chrupavky
- Omezená regenerace



Kloubní náhrada

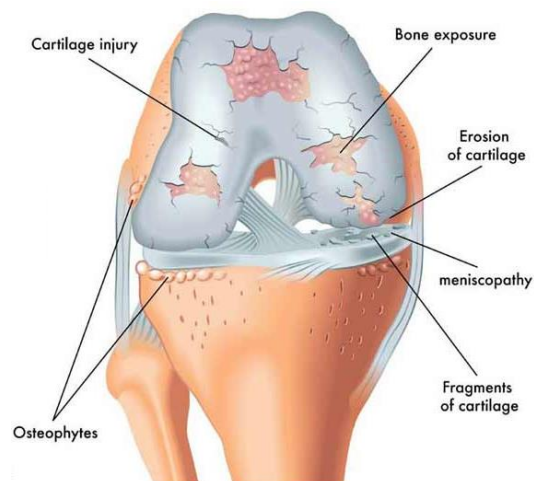
- Omezená životnost
- Uvolňování otěrových částic
- Aseptické uvolnění



Viskosuplementace

- Neinvazivní metoda
- Injekce s HA do kloubního pouzdra
- Velké rozdíly v účinnosti a délce účinku

ÚVOD DO PROBLEMATIKY



Osteoartróza

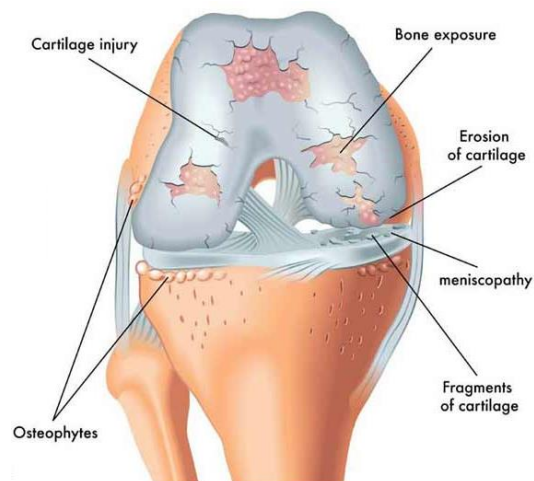
- Nadměrné opotřebení chrupavky
- Změkčení, rozvláknění struktury
- Odhalení subchondrální tkáně
- Otěrové částice
- Rozrušení mechanismu mazání, nárůst tření



Viskosuplementace

- Obnova reologických vlastností SK
- Protizánětlivé účinky, syntéza HA
- Tvorba gelové vrstvy na chrupavce

ÚVOD DO PROBLEMATIKY



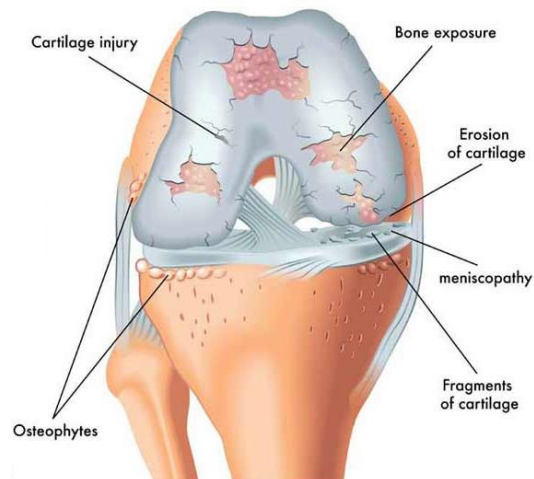
Osteoartróza

- Nadměrné opotřebení chrupavky
- Změkčení, rozvláknění struktury
- Odhalení subchondrální tkáně
- Otěrové částice
- Rozrušení mechanismu mazání, nárůst tření



- Účinky až 6 měsíců po aplikaci
- Účinnost a délka účinku kolísá v závislosti na stavu pacienta (složení SK)

ÚVOD DO PROBLEMATIKY



Osteoartróza

- Nadměrné opotřebení chrupavky
- Změkčení, rozvláknění struktury
- Odhalení subchondrální tkáně
- Otěrové částice
- Rozrušení mechanismu mazání, nárůst tření

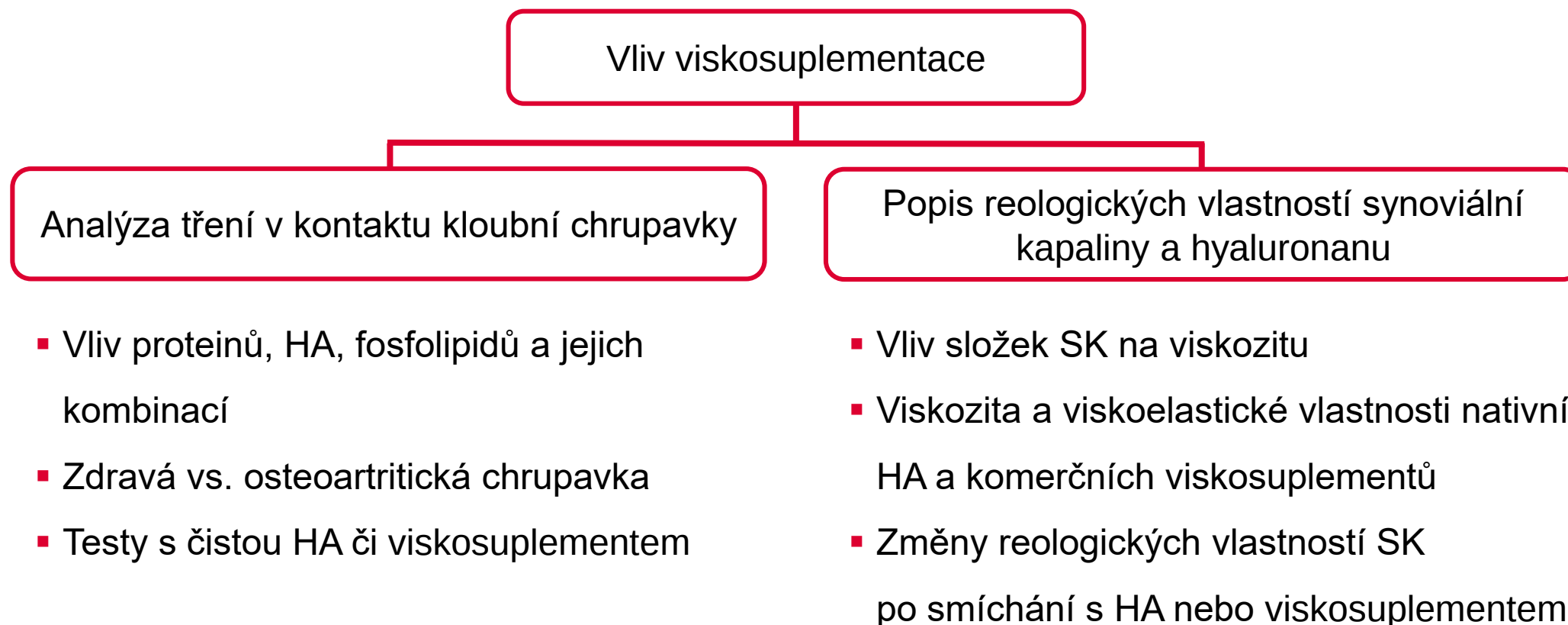


- Účinky až 6 měsíců po aplikaci
- Účinnost a délka účinku kolísá v závislosti na stavu pacienta (složení SK)



**Nepopsaný
mechanismus
účinku**

SHRNUTÍ SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ



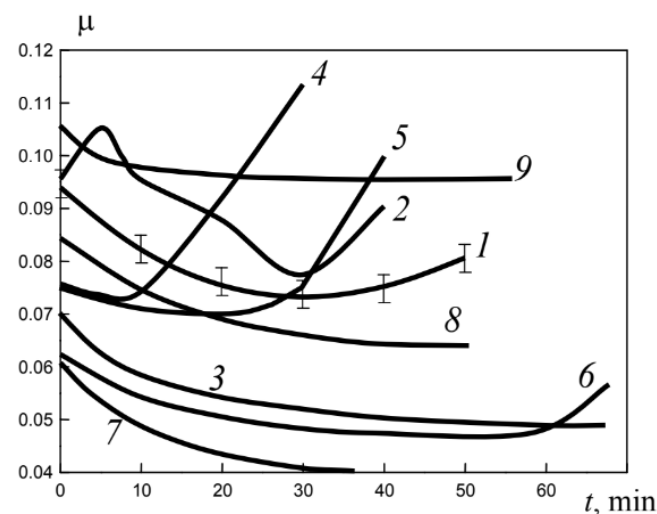
SHRNUTÍ SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ - TŘENÍ

2011

3 citace dle WoS

Cherniakova, Y. M. a kol. Tribological aspects of joint intraarticular therapy

- Porovnání tribologických vlastností různých skupin kloubních léčiv

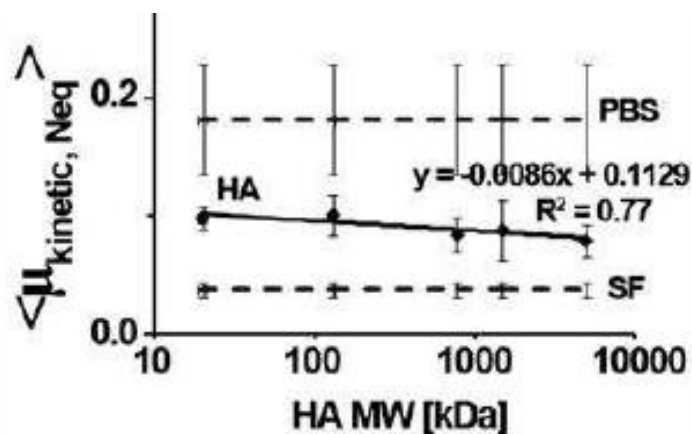


2011

38 citací dle WoS

Kwiecinski, J. J. a kol. The effect of molecular weight on hyaluronan's cartilage boundary lubrication ability

- Vliv molekulové hmotnosti čisté HA na tření v kontaktu

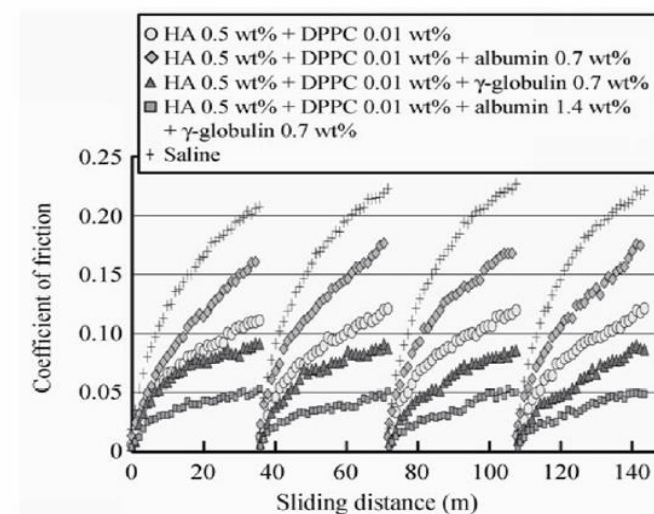


2013

15 citací dle WoS

Murakami, T. a kol. Influence of synovia constituents on tribological behaviors of articular cartilage

- Vliv různých kombinací složek SK na tření v kontaktu



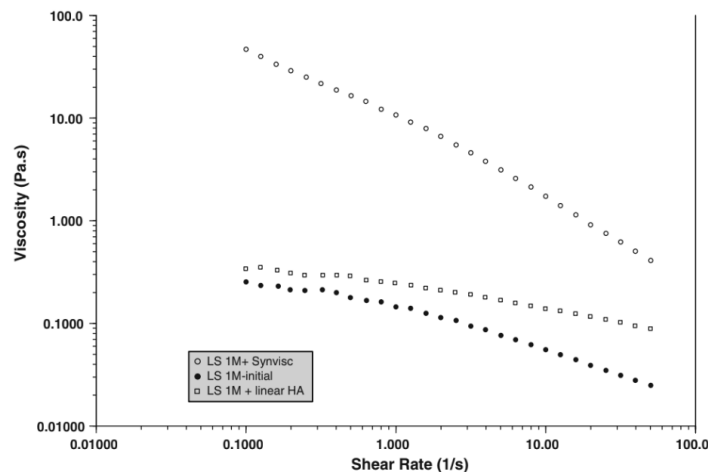
SHRNUTÍ SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ - REOLOGIE

2009

24 citací dle WoS

Mathieu, P. a kol. Rheologic behavior of osteoarthritic synovial fluid after addition of hyaluronic acid

- Změny reologických vlastností SK po smíchání s HA/vikosuplementem

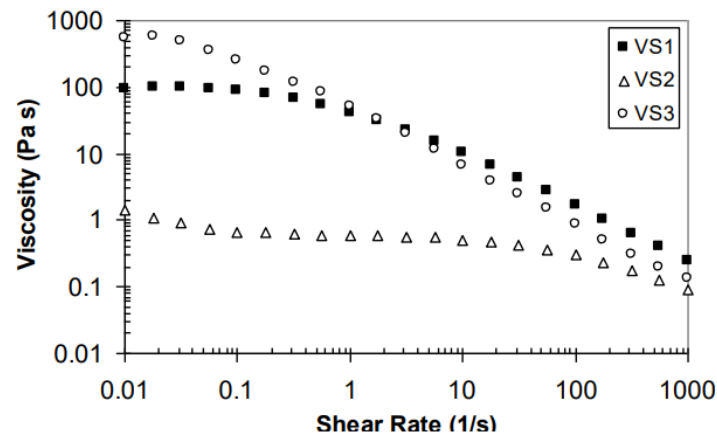


2011

11 citací dle WoS

Bhuanantanondh, P. a kol. Rheology of osteoarthritic synovial fluid mixed with viscosupplements: A pilot study

- Reologické vlastnosti základních typů komerčních viskosuplementů

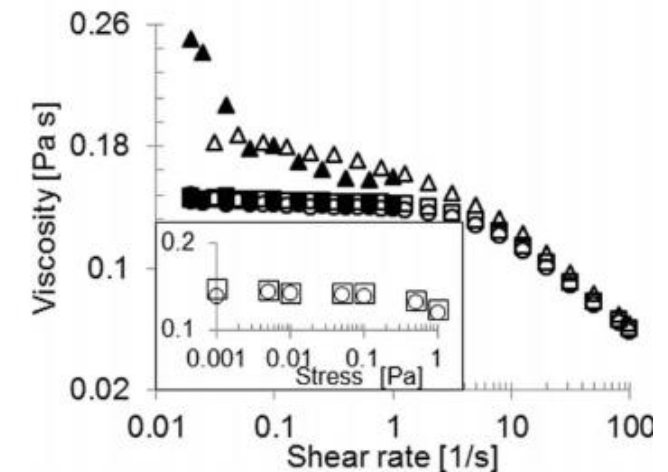


2014

8 citací dle WoS

Zhang, Z. a kol. The role of protein content on the steady and oscillatory shear rheology of model synovial fluids

- HA je primární složkou SK ovlivňující její reologické vlastnosti



ANALÝZA A ZHODNOCENÍ POZNATKŮ

Tření v kontaktu

- ✓ Chování složek SK v jednoduchých roztocích
- ✓ Vliv stupně poškození chrupavky
- ⚙ Vliv molekulové hmotnosti HA
- ⚙ Tribologické vlastnosti viskosuplementů
- ✗ Chování složek SK v komplexním roztoku
- ✗ Zdravá vs. osteoartritická SK
- ✗ Vliv viskosuplementace na tření v kontaktu

Reologické vlastnosti

- ✓ Vliv složek SK na reologii
- ✓ Reologické vlastnosti osteoartritické SK
- ⚙ Vliv molekulové hmotnosti a síťování HA
- ⚙ Změny vlastností SK po smíchání s viskosuplementem

VYMEZENÍ CÍLŮ DIZERTAČNÍ PRÁCE

HLAVNÍ CÍL

Cílem práce je analýza vlivu koncentrace a molekulové hmotnosti kyseliny hyaluronové dodané do kloubu během viskosuplementace na tření v kontaktu v závislosti na složení synoviální kapaliny.

DÍLČÍ CÍLE

- Návrh metodiky pro odběr a uchovávání vzorků chrupavek
- Posouzení vlivu složení synoviální kapaliny na tření v kontaktu
- Analýza reologických vlastností roztoků HA a viskosuplementů
- Popis vlivu molekulové hmotnosti a koncentrace HA/viskosuplementu na tření v kontaktu



VĚDECKÁ OTÁZKA A PRACOVNÍ HYPOTÉZA

VĚDECKÁ OTÁZKA

Jaký je vliv koncentrace a molekulové hmotnosti kyseliny hyaluronové dodané do kloubního pouzdra během viskosuplementace na tření kloubní chrupavky?

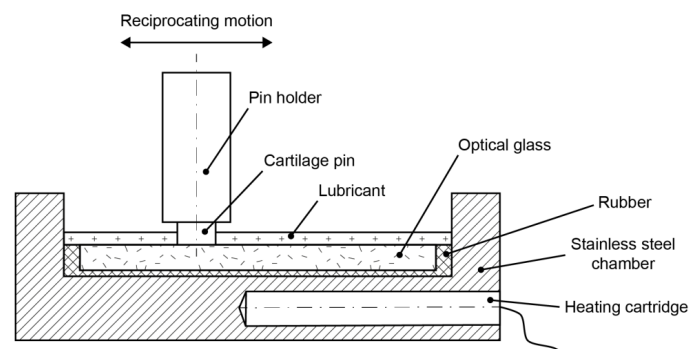
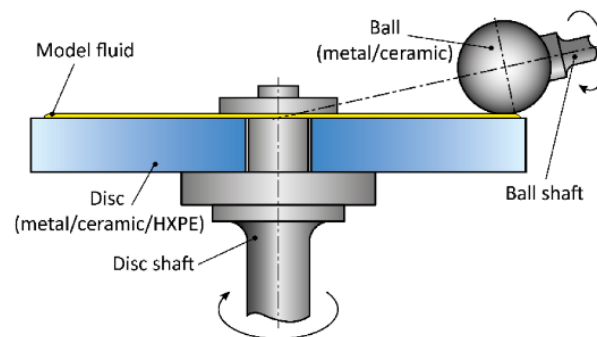
PRACOVNÍ HYPOTÉZA

Viskosuplementy se síťovanou kyselinou hyaluronovou a vysokou molekulovou hmotností způsobí výraznější pokles tření v kontaktu oproti viskosuplementům s lineární kyselinou hyaluronovou s nízkou molekulovou hmotností.

- Odlišná reakce HA s albuminem a γ -globulinem
- Vyšší viskozita u HA s vyšší molekulovou hmotností
- Tvorba gelové vrstvy

MATERIÁL A METODY – TŘENÍ

Aparatura



Experimentální podmínky

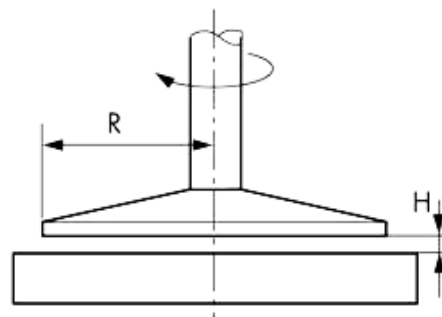
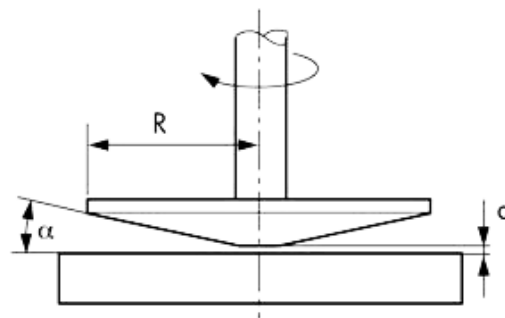
- Pin-on-disc, pin-on-plate
- Kontaktní tlak 1 MPa
- Rychlost 5 - 10 mm/s
- Modelové SK
- Nativní HA
- Komerční viskosuplementy

Sledované parametry

- Analýza tření v kontaktu
 - Vliv složení SK
 - Vliv koncentrace HA
 - Vliv molekulové hmotnosti HA

MATERIÁL A METODY – REOLOGIE

Aparatura



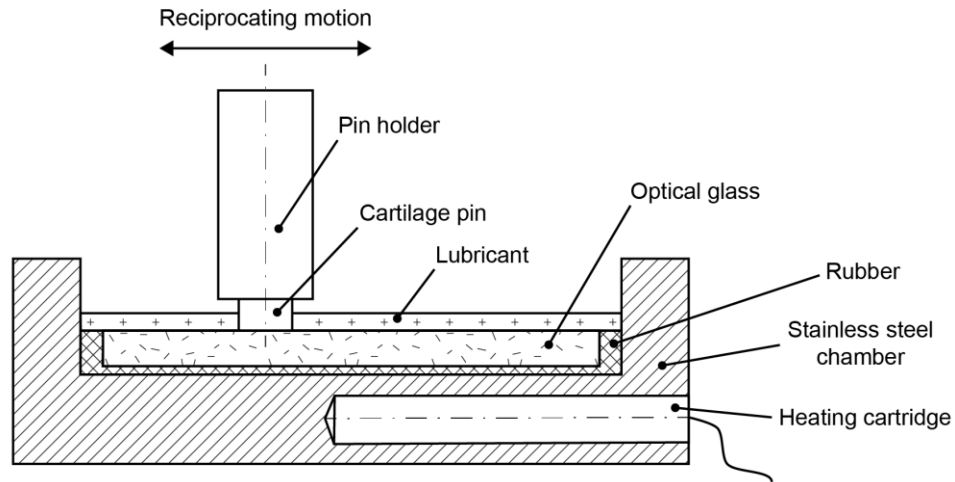
Experimentální podmínky

- Cone-plate, plate-plate
- Smykový spád 0,01 - 5 000 1/s
- Frekvence 0,05 - 5 Hz
- Amplituda 0,001 - 1,5 rad

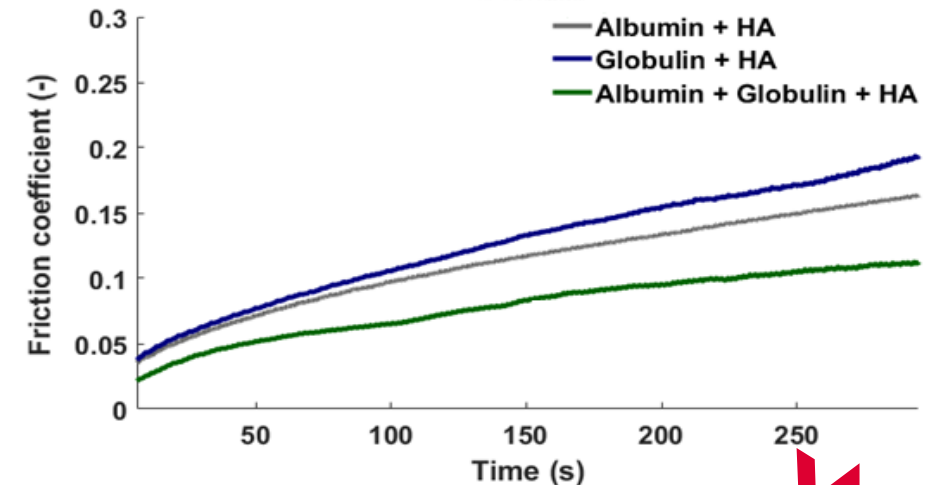
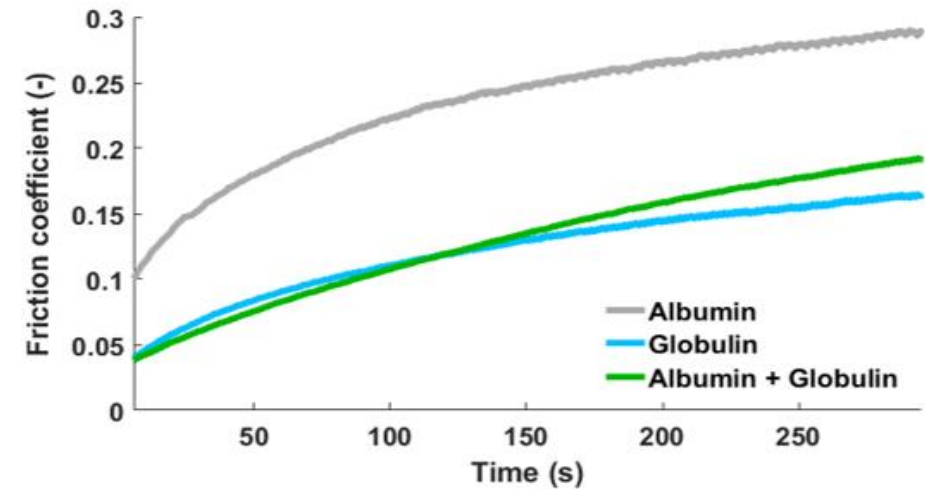
Sledované parametry

- Viskozita
- Dynamické moduly pružnosti v závislosti na frekvenci a amplitudě pohybu
 - Vliv molekulové hmotnosti HA
 - Vliv viskosuplementace

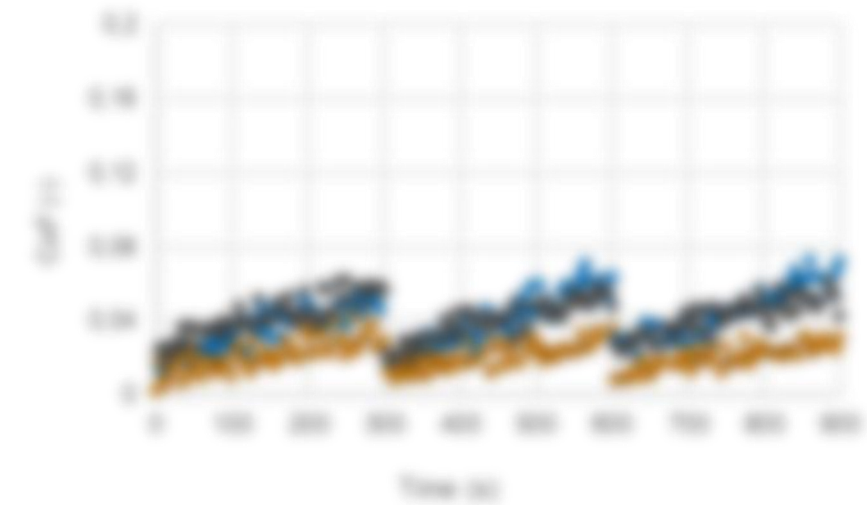
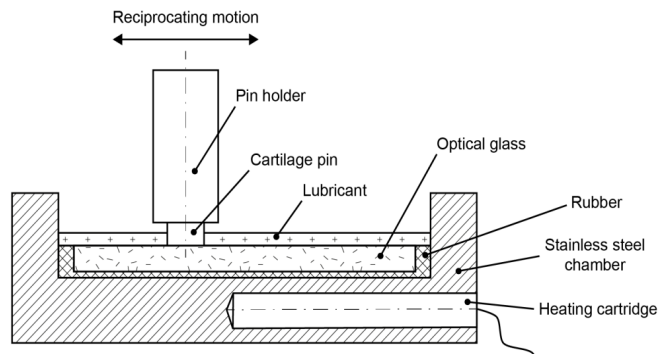
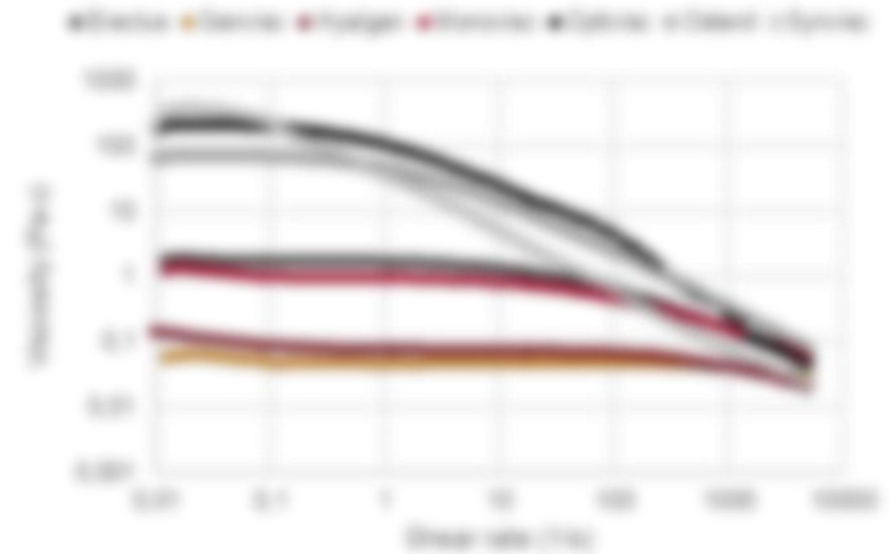
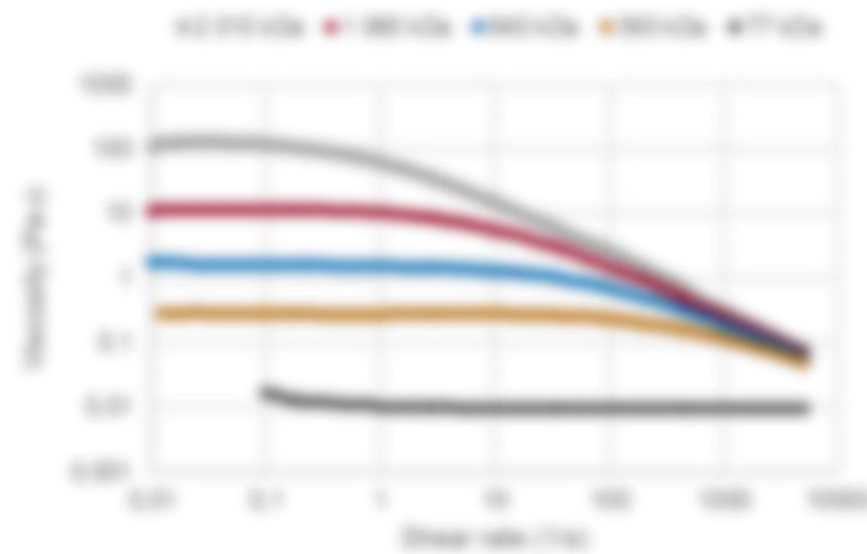
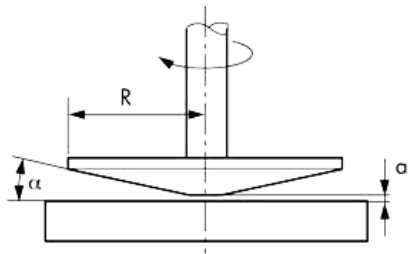
SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ - TŘENÍ SK



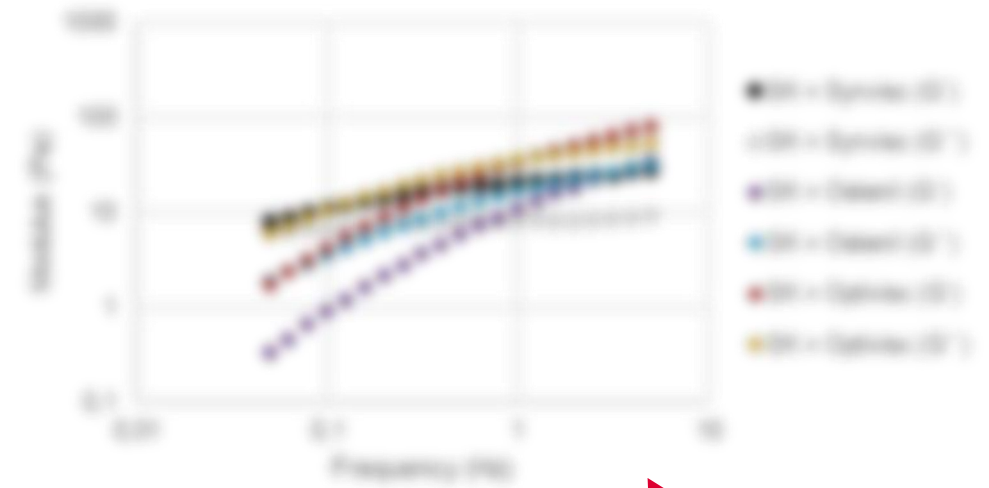
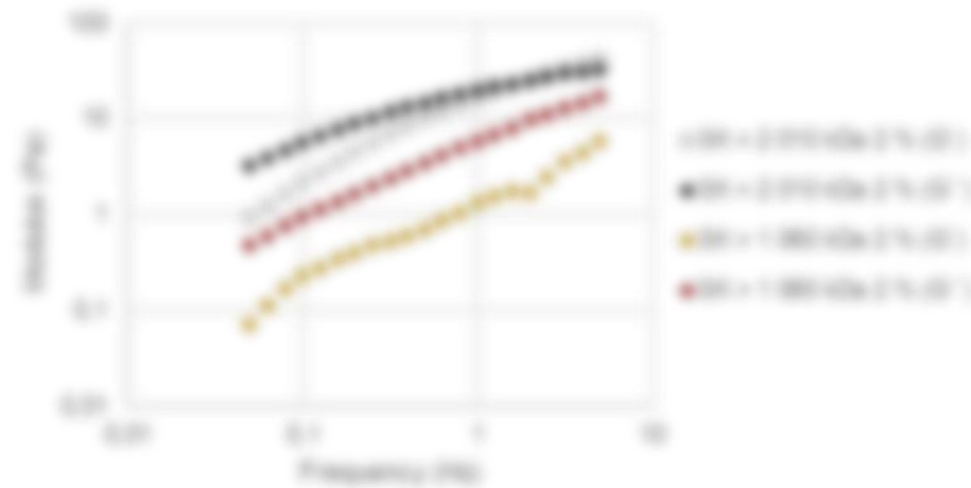
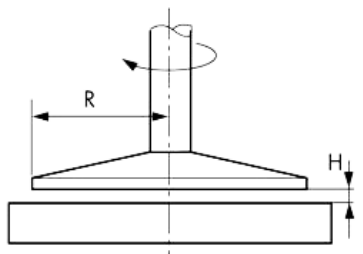
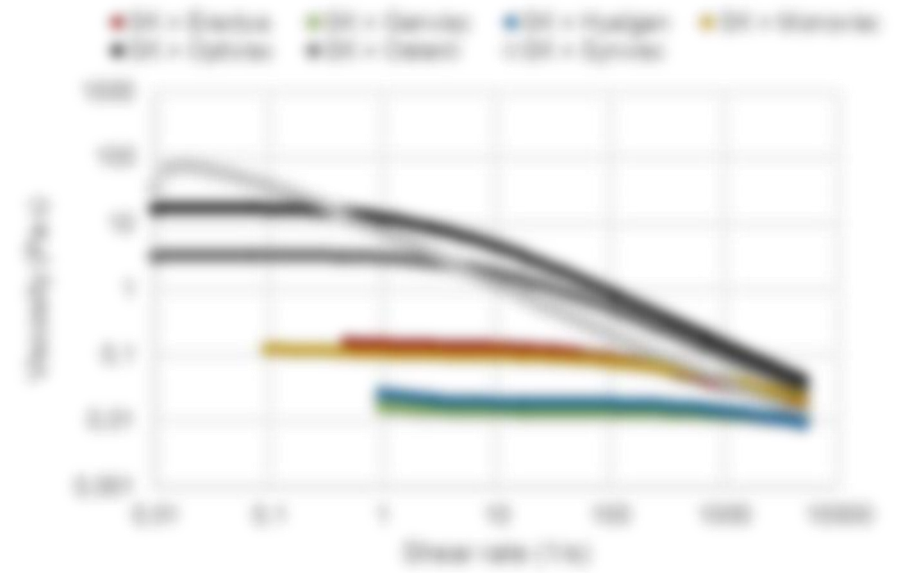
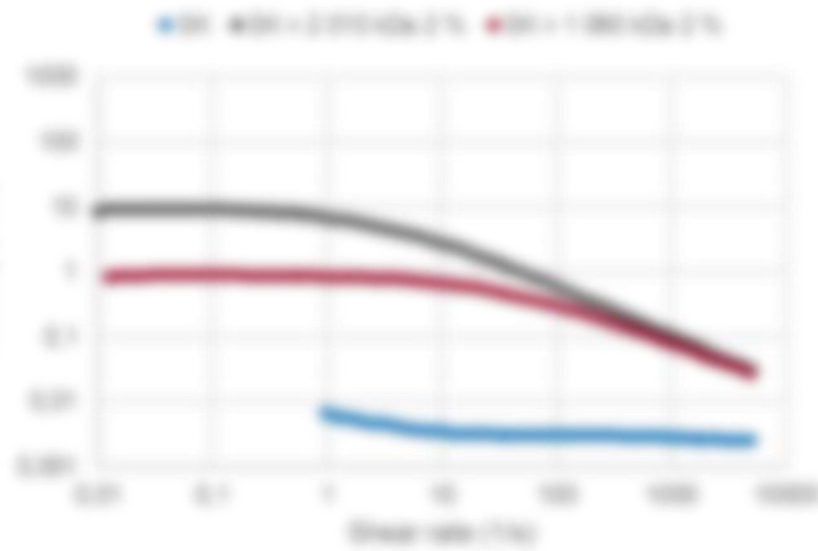
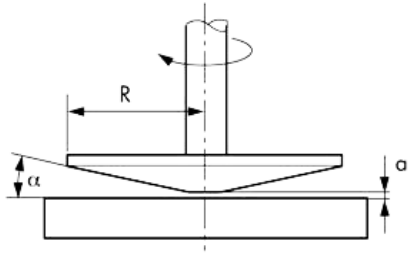
- Albumin tvoří vrstvu s nízkou smykovou odolností
- Společná adsorpce proteinů
- Reakce HA s jednotlivými proteiny



SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ - HA (Tření + Reologie)



SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ – Reologie viskosuplementace



SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ

- Shrnutí současného stavu poznání ✓
- Úprava experimentální aparatury ✓
- Metodologie experimentů ✓
- Metodika pro odběr a uchovávání vzorků chrupavek ✓
- Analýza reologických vlastností HA a viskosuplementů ✓
- Vliv složení SK na tření v kontaktu ⌚
- Experimenty zaměřené na tření s nativní HA ⌚
- Experimenty zaměřené na tření s komerčními viskosuplementy ✗
- Analýza a interpretace výsledků ✗



ZÁVĚR

Rok 2018

- Úvodní experimenty mapující vliv složení SK na tření (Konference Engineering Mechanics 2018)
- Studium reologických vlastností maziv (Stáž ve firmě CONTIPRO a.s.)

Rok 2019

- Studie vlivu koncentrace a molekulové hmotnosti na tření v kontaktu
 - Konference ECOTRIB 2019
 - Publikace výsledků - článek v impaktovaném časopise
- Studium tribologických vlastností komerčních viskosuplementů
 - Publikace výsledků - článek v impaktovaném časopise

Rok 2020

- Publikace výsledků
- Sepsání disertační práce

PŘEHLED PUBLIKACÍ

Články v časopise

- NEČAS, D.; VRBKA, M.; REBENDA, D.; GALLO, J.; GALANDÁKOVÁ, A.; WOLFOVÁ, L.; KŘUPKA, I.; HARTL, M. In Situ Observation of Lubricant Film Formation in THR Considering Real Conformity: The Effect of Model Synovial Fluid Composition. *Tribology International*, 2018, roč. 117, č. 1, s. 206-216. ISSN: 0301-679X. (IF = 3,246)
- CHOUDHURY, D.; REBENDA, D.; SASAKI, S.; HEKRLE, P.; VRBKA, M.; ZOU, M. Enhanced lubricant film formation through micro-dimpled hard-on-hard artificial hip joint: An in-situ observation of dimple shape effects. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 2018, roč. 81, č. 5, s. 120-129. ISSN: 1751-6161. (IF = 3,239)

Články v konferenčních sbornících

- REBENDA, D.; ČÍPEK, P.; NEČAS, D.; VRBKA, M.; HARTL, M. Effect of Hyaluronic Acid on Friction of Articular Cartilage. In *Engineering Mechanics 2018*. First. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Czech Academy of Sciences, 2018. s. 709-712. ISBN: 978-80-86246-91-8.
- ČÍPEK, P.; REBENDA, D.; NEČAS, D.; VRBKA, M.; KŘUPKA, I. Development of reciprocating tribometer for testing synovial joint. In *Engineering Mechanics 2018*. First edition. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Czech Academy of Sciences, 2018. s. 169-172. ISBN: 978-80-86246-88-8.

Funkční vzorky

- Simulátor kolenního kloubu s proměnnými kinematickými a zátěžnými podmínkami

DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST

David Rebenda, Ing.

David.Rebenda@vut.cz



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

www.ustavkonstruovani.cz