

Vplyv HA na trenie a mazanie fascií

Ing. **Alexandra Stred'anská**

Školiteľ: prof. Ing. **Martin Vrbka**, Ph.D.

Školiteľ špecialista: doc. Ing. **David Nečas**, Ph.D.

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ
Fakulta strojního inženýrství
VUT v Brně

Brno, 19. 1. 2023



MOTIVÁCIA

PREČO JE POTREBNÉ ZAOBERAŤ SA TÝMTO PROBLÉMOM?

Bolesť krížov



NEZAMESTNANOSŤ

12 % z celkového počtu
pracovne neschopných



99,9 %

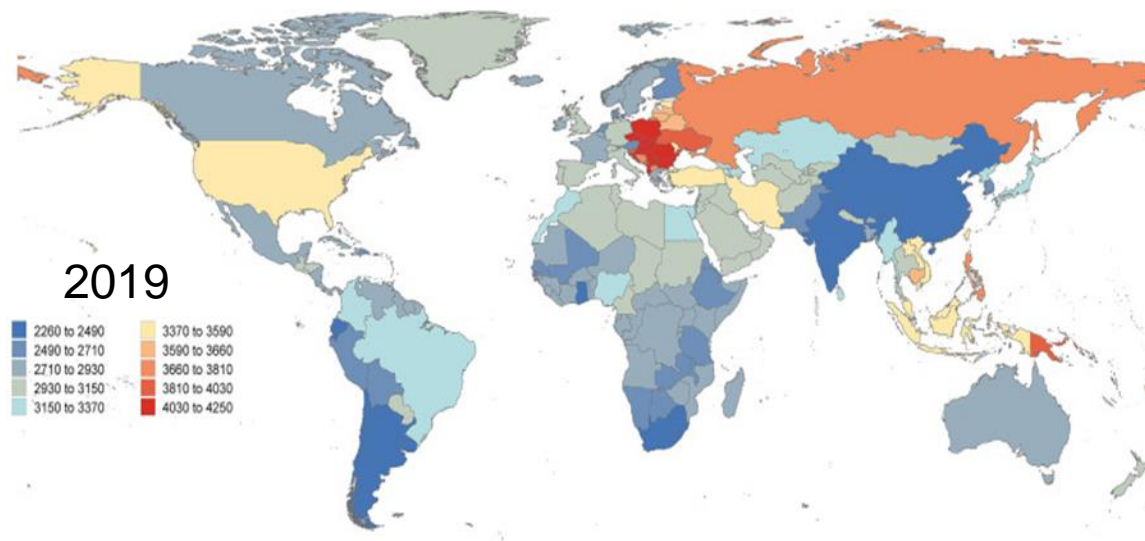
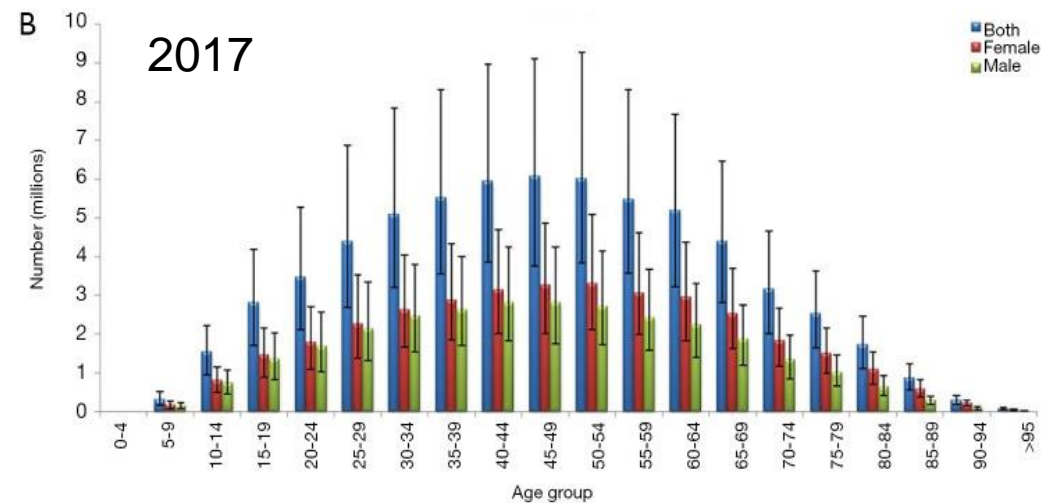
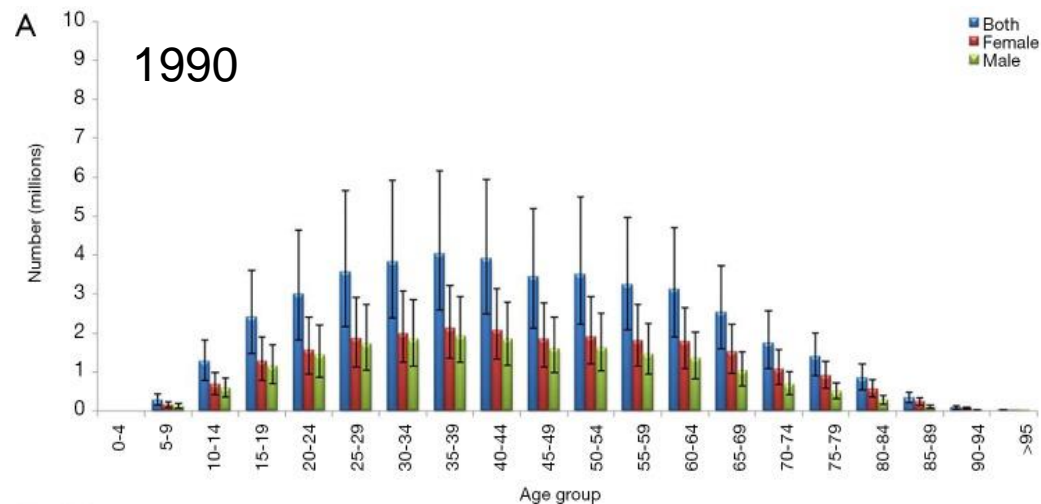


VYSOKÉ LIEČEBNÉ NÁKLADY

23 % pociťujúcich chronickú
bolesť

MOTIVÁCIA

Z ROKU 1990 DO ROKU 2017/2019



DOI: [10.1016/j.ijot.2021.07.005](https://doi.org/10.1016/j.ijot.2021.07.005)

PMID: [32355743](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32355743/)

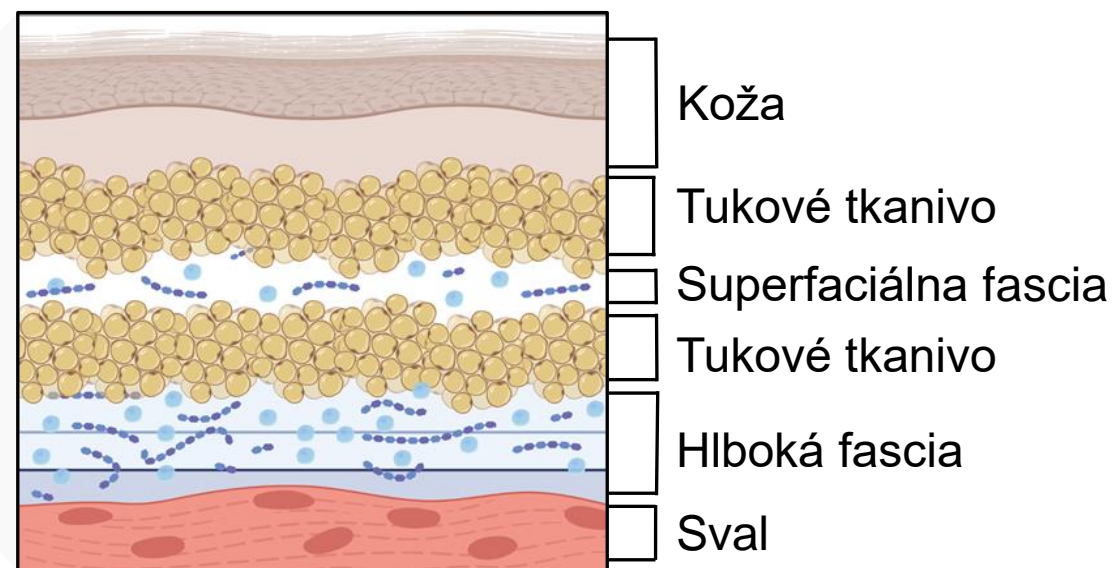
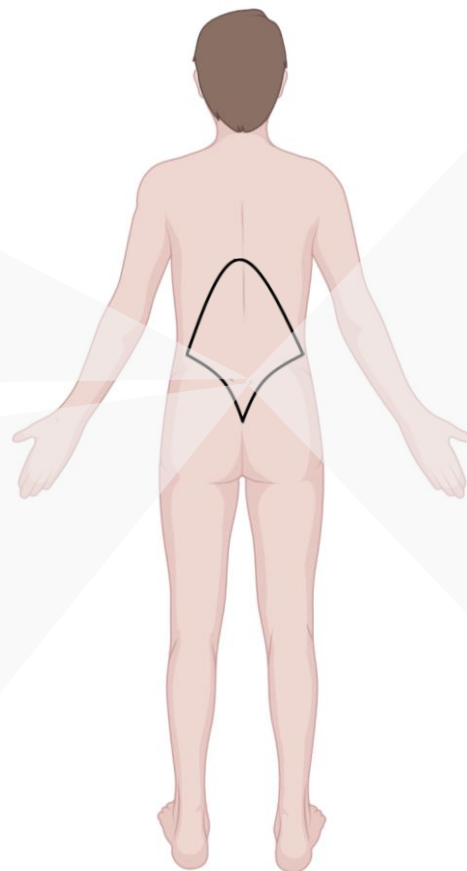
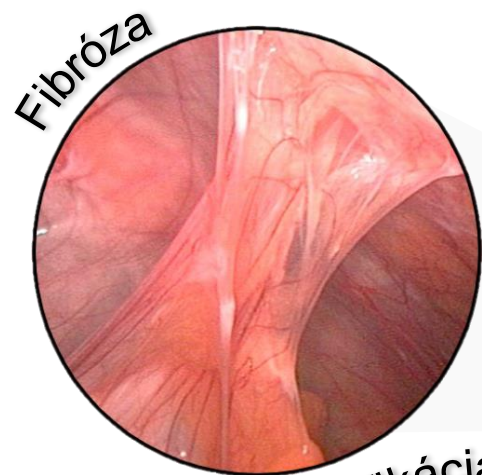
MOTIVÁCIA

POČET PRÍPADOV NEUSTÁLE RASTIE



PROBLÉMOVÁ SITUÁCIA PREČO NÁS TO BOLÍ?

Thoracolumbárna fascia



PROBLÉMOVÁ SITUÁCIA

AKO SA BOLESTI ZBAVIŤ?

Kyselina hyalurónová

Dôverné

SÚČASNÝ STAV POZNANIA

Biotribologické modely



- Žiadny známy model fascií v biotribológii.
- technická koža (Derler 2007),
- želatína (Dabrowska 2017),
- reálne tkanivá (Dresselhuis 2008)

Trenie poddajných materiálov



- Technický materiál – model fascií.
- vplyv podmienok (Dabrowska 2006, Myant 2010),
- vplyv konfigurácií kontaktnej dvojice (Sadowski 2019, Mahdi 2015),
- hysterezné straty (Scaraggi 2014, Selway 2017),
- drnosť povrchu a zmáčivosť povrchu (Bongaerts 2007)
- spôsob deformácie (Xu 2021).

Kyselina hyalurónová



- Vplyv HA na trenie a mazanie fascií.
- vplyv konfigurácií kontaktnej dvojice (Dabrowska 2019),
- viskoelastické vlastnosti maziva (Cowman 2015),
- vplyv experimentálnych podmienok (Xu 2020),
- výška filmu (Shahrivar 2019),

VYMEDZENIE CIEĽOV DIZERTAČNEJ PRÁCE

CIEĽ

Hlavným cieľom dizertačnej práce je posúdiť vplyv HA na trenie a mazanie fascií.

- Vyvinúť vhodný tribologický model fascií.
- Verifikovať model na báze technického materiálu pomocou zvieracej fascie.
- Študovať vplyv vlastností vyvíjaného preparátu na báze HA na trenie a mazanie fascií.

PRÍNOS

- Model fascií simulujúci zdravý a patologický stav fasciálneho tkaniva (základný výskum).
- Vývoj zdravotníckeho prostriedku ako podporný systém liečby bolesti krížov (aplikovaný výskum).

VEDECKÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

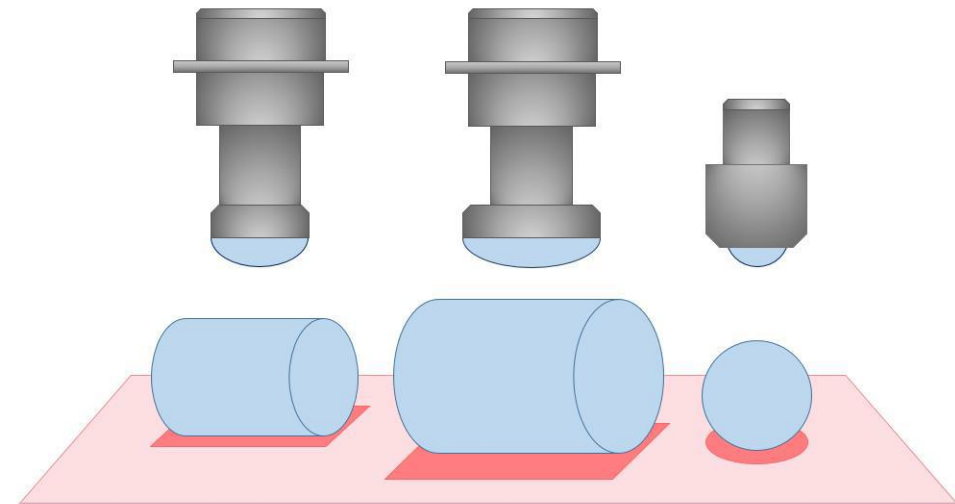
VEDECKÁ OTÁZKA I.

„Aká je závislosť geometrie kontaktnej dvojice a kinematických podmienok na trení a mazaní fascií?“

PRACOVNÁ HYPOTÉZA I.

„Vplyv geometrie kontaktnej oblasti nemá na trenie fascií za nízkych rýchlostí žiaden vplyv (Mahdi, 2015).“

„Za nízkych rýchlostí bude model fascií vykazovať vyšší súčiniteľ trenia ako pri vysokých rýchlostiach pohybu (Scaraggi 2014).“



VEDECKÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

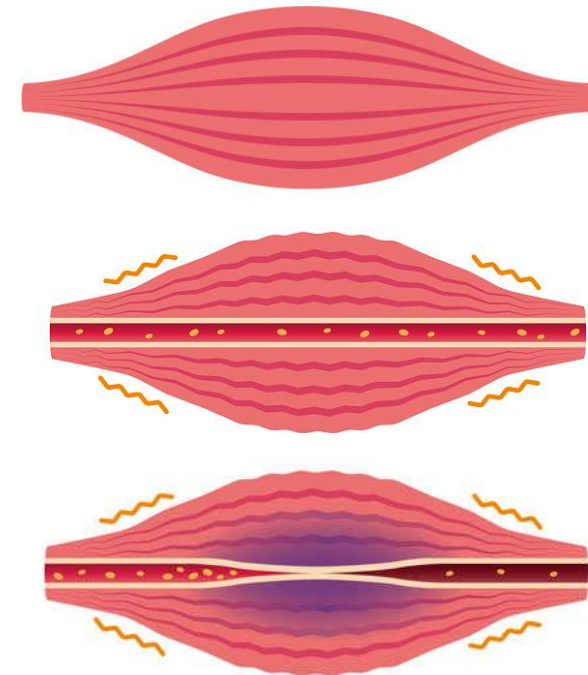
VEDECKÁ OTÁZKA II.

„Aký vplyv bude mať tuhosť materiálu jednotlivých vrstiev na trenie a mazanie kontaktnej dvojice?“

PRACOVNÁ HYPOTÉZA II.

„Materiál s menšou tuhosťou bude vykazovať väčší súčiniteľ trenia - adhézne trenie (Sadowski 2019).“

„Nižší súčiniteľ trenia bude mať model, ktorého vrchný materiál má vyššiu drsnosť a hydrofilný charakter (Bongaerts, 2007; Selway 2017).“



VEDECKÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

VEDECKÁ OTÁZKA III.

„Aký vplyv má koncentrácia a molekulová hmotnosť HA na trenie fascií pri uvažovaní premenlivej tuhosti fasciálneho tkaniva?“

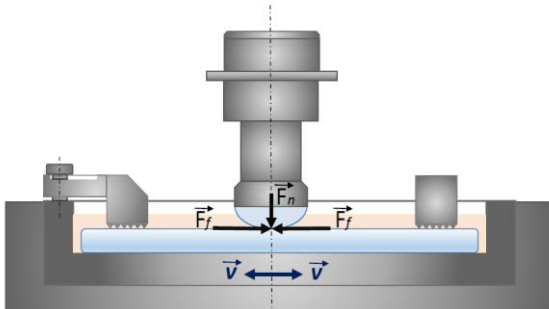
PRACOVNÁ HYPOTÉZA III.

„Molekulová hmotnosť a koncentrácia určujú viskozitu roztoku na báze HA, kedy sa dá predpokladať, že s rastúcou viskozitou súčiniteľ trenia porastie (Cowman 2015).“



MATERIÁLY A METÓDY

Experimentálne zariadenie



UMT Bruker TriboLab

Pin-on-plate konfigurácia

Vratný lineárny pohyb

Normálová sila: **1-2 N**

Frekvencia pohybu: **1-5 Hz**

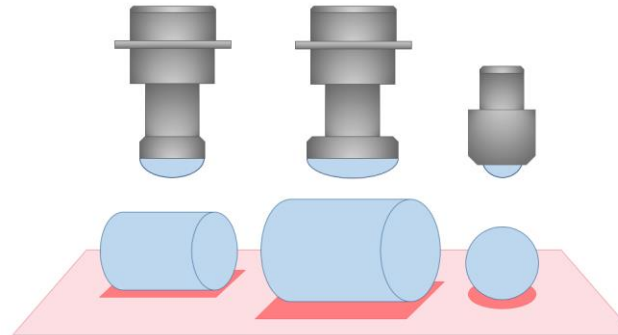
Dráha: **16 mm**

Čas: **300 s**

Opakovanie: **5 krát**

Teplota: **37 °C**

Materiály



Pin

Radius: **8,6; 30; 50 mm**

Materiál: **PDMS (10-50 ShA); hydrogel;**

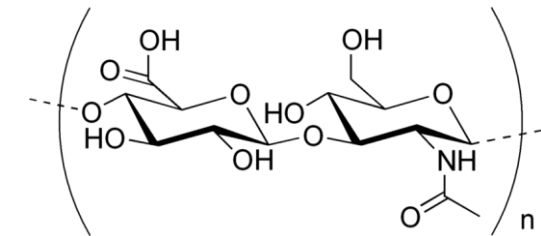
Phantom (30 Sh00); PU fólia; králičia fascia

Plate

Materiál: **PDMS (10-50 ShA); hydrogel;**

Phantom (30 Sh00); PU fólia; králičia fascia

Mazivá



Kyselina hyalurónová

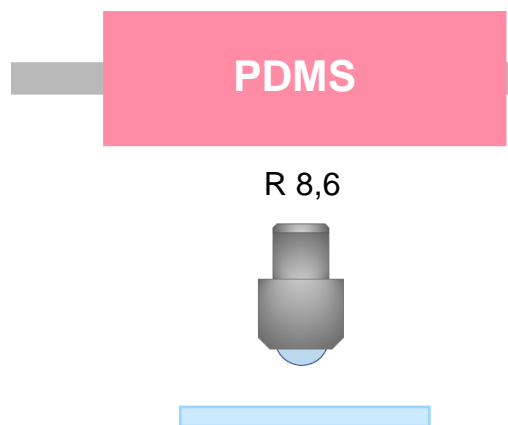
Dôverné

SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA

MODELY FASCIÍ

Pin: PDMS 30 ShA

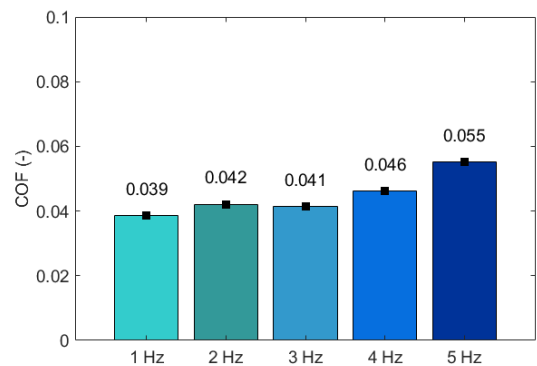
Plate: PDMS 30 ShA



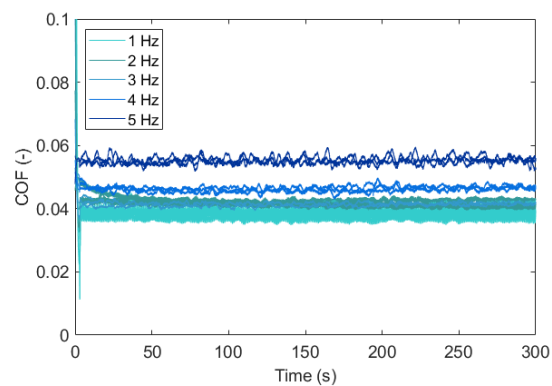
Dôverné

SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA

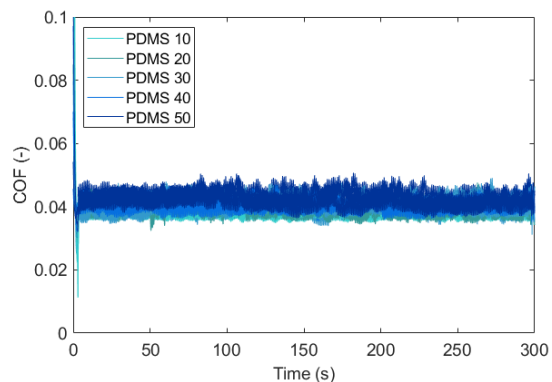
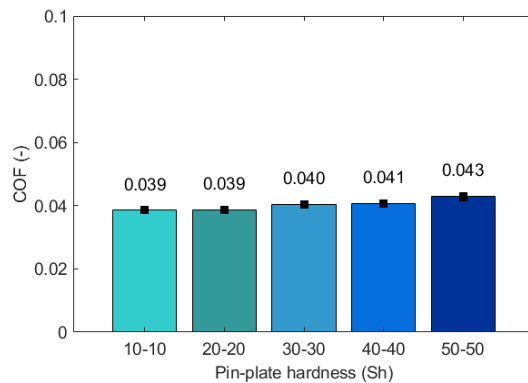
VPLYV RÝCHLOSTI LINEÁRNEHO POHYBU



R 8,6



VPLYV TUHOSŤI PODDAJNÉHO MATERIÁLU



VPLYV GEOMETRIE KONTAKTNEJ OBLASTI

Dôverné

SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA

TECHNICKÉ MODELY FASCIÍ V POROVNANÍ S KRÁLIČOU FASCIOU

Dôverné

SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA

MODEL S KRÁLIČOU FASCIOU – VPLYV VLASTNOSTÍ HA

Dôverné

SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA

MODEL S KRÁLIČOU FASCIOU – SPEKTRUM HA

Trecie vlastnosti derivátov HA – technický model

Trecie vlastnosti derivátov HA – model s králičou fasciou

Dôverné

Dôverné

SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA

PUBLIKÁCIE

- **STREĎANSKÁ, A., D., NEČAS, M. VRBKA, I. KŘUPKA, M. HARTL, E. TOROPITSYN, J. HUSBY.** Development of Tribological Model of Human Fascia: The Influence of Material Hardness and Motion Speed. *Biotribology*, Volume 30, 2022, 100209, ISSN 2352-5738. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biotri.2022.100209>. (Scopus Cite Score = 2,9)

Dôverné

- **STREĎANSKÁ A., NEČAS D., VRBKA M., SUCHÁNEK J., TOROPITSYN E., NEŠPOROVÁ K.** Infulence of Hyaluronic acid on Friction and Lubrication of Human Fascia. (plánované odoslanie prvý polrok roku 2023)

SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA

PREZENTÁCIA VÝSLEDKOV

- 5th International Conference of BioTribology - **ICoBT 2021**, online
 - Poster – A. Stred'anská, J. Chmelík, D. Nečas, M. Vrbka, J. Husby. Development of human fascia: *The effect of molecular weight and concentration of hyaluronic acid on friction*

ICoBT 2021
5th International Conference on BioTribology
26-28 APRIL 2021 | ONLINE - LIVE and ON-DEMAND

PCS Instruments POSTER AWARD

WINNER

[BTP.14] **Alexandra Stred'anská**
Development of tribological model of human fascia: The effect of molecular weight and concentration of hyaluronic acid on friction

www.elsevier.com/biotribology-conference

Marc Masen Markus Wimmer

Chat Q&A (10)

RE Rosa Espinosa Marzal
Engineering Doctorate (EngD) student

RL Rebecka Lindvall
PhD student

Gustavo S. Luengo
Expert Fellow and Research Director

Development of tribological model of human fascia: The effect of molecular weight and concentration of hyaluronic acid on friction

Stred'anská, A.; Chmelík, J.; Nečas, D.; Vrbka, M.; Husby, J. *corresponding author: alexandra.stredanska@vut.cz

Motivation

Development of human fascia tribological model. The need of understanding tribological process between fascia's layers lubricated by hyaluronic acid.

Test lubricants

- Phosphate buffered saline (PBS) as reference.
- HA solutions:
 - 610 kDa – 10 & 20 mg/ml,
 - 317 kDa – 10 mg/ml,
 - 101 kDa – 10 & 20 mg/ml.

Background

The previous study discovered hyaluronic acid (HA) between fascia's layers. HA improves lubrication between layers and helps us move without pain. Pathologic changes of fascia lead to different viscoelastic properties of HA which eventually leads to decreased mobility and pain. The present study aims to identify the effect of kinematics, molecular weight (MW), and concentration of HA on friction of laboratory model of human fascia. A pair of two fascia layers was substituted by the contact of polydimethylsiloxane (PDMS) samples.

Results

Fig. 2 Dependence of COF on the concentration and MW of HA in a solution. Frequency of reciprocating motion is 1 Hz.

Fig. 3 Dependence of COF on the sliding speed.

Materials and Methods

Friction test (Fig. 1)

- A tribometer Bruker UMT TriboLab in pin-on-plate configuration was used for the experiment.
- Plate (PDMS, hardness = 30 Sh) was sliding against pin (PDMS, R = 8.6 mm, hardness = 40 Sh).
- Applied normal force F_N was 2 N and frequency of reciprocating motion was 1–4 Hz.
- Test time was 300 s.

Fig. 1 Scheme of a pin-on-plate experiment.

Conclusion

- COF between PDMS-PDMS is strongly dependent on MW and concentration of HA solution.
- A lower concentration of HA leads to decreased COF.
- COF is dependent on the frequency of reciprocating motion, where a dependence on MW was also observed.
- With an increasing frequency of motion, COF decreased and became more stable.
- The lowest friction occurs under conditions of a low concentration and a high MW of HA in a solution and with a higher frequency of motion.

What's next?

Measurements with ex vivo animal fascia, describing the effect of the lubricant under conditions closer to the physiological and/or pathological state.

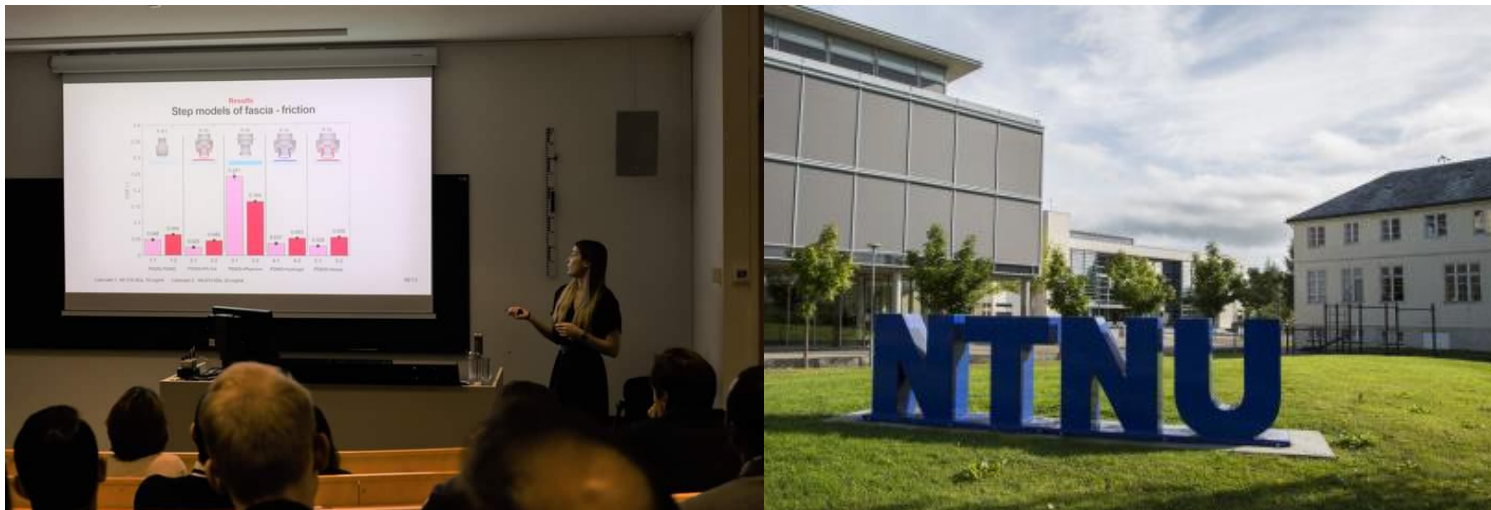
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY | INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN | CONTIPRO | MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE | EUROPEAN UNION | European Regional Development Fund | Operational Program Growth and Innovation for Competitiveness

SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA

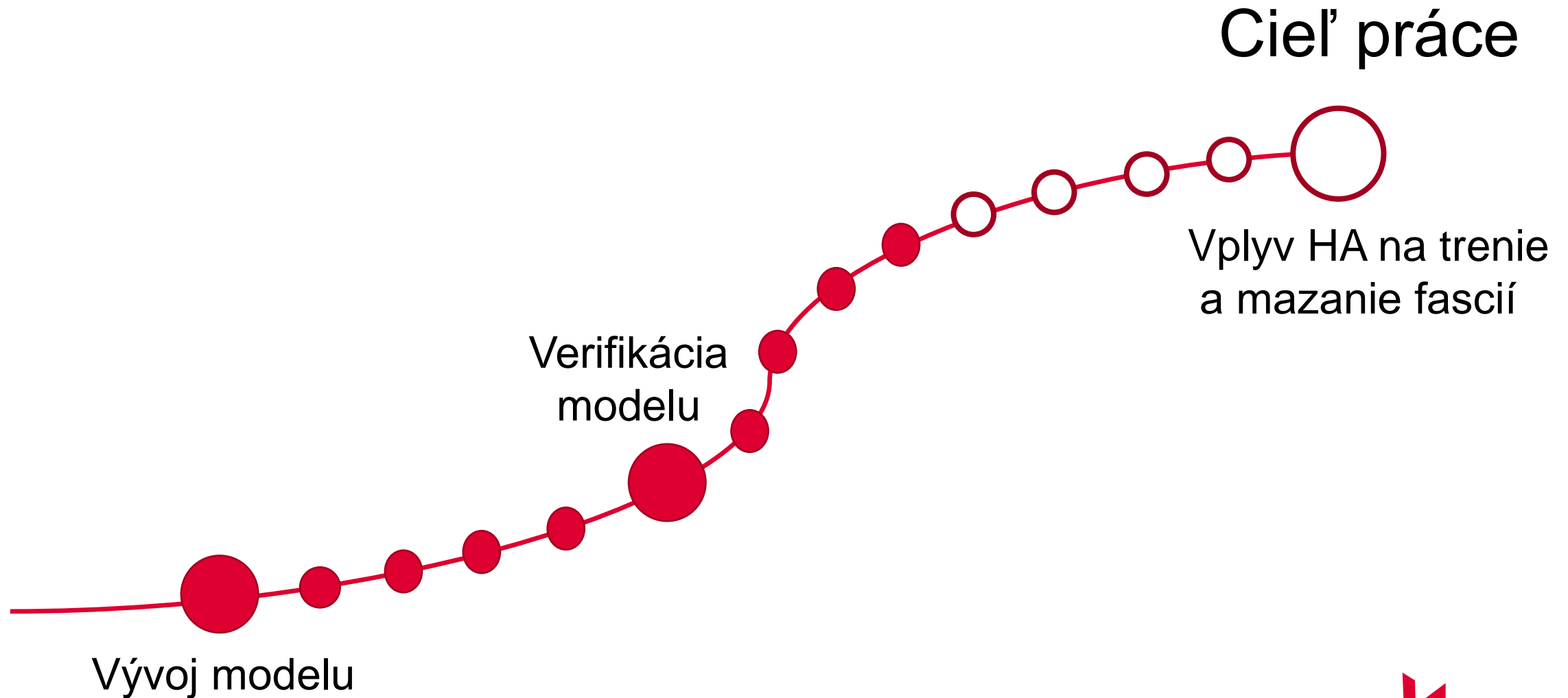
PREZENTÁCIA VÝSLEDKOV



- Nordic Tribology Symposium - **NordTrib 2022**, Ålesund Nórsko
 - Prednáška - A. Stred'anská, J. Chmelík, D. Nečas, M. Vrbka, J. Husby.
Development of tribological model of human fascia



ZÁVER



ĎAKUJEM VÁM ZA POZORNOST

Ing. **Alexandra Středanská**

alexandra.stredanska@vut.cz



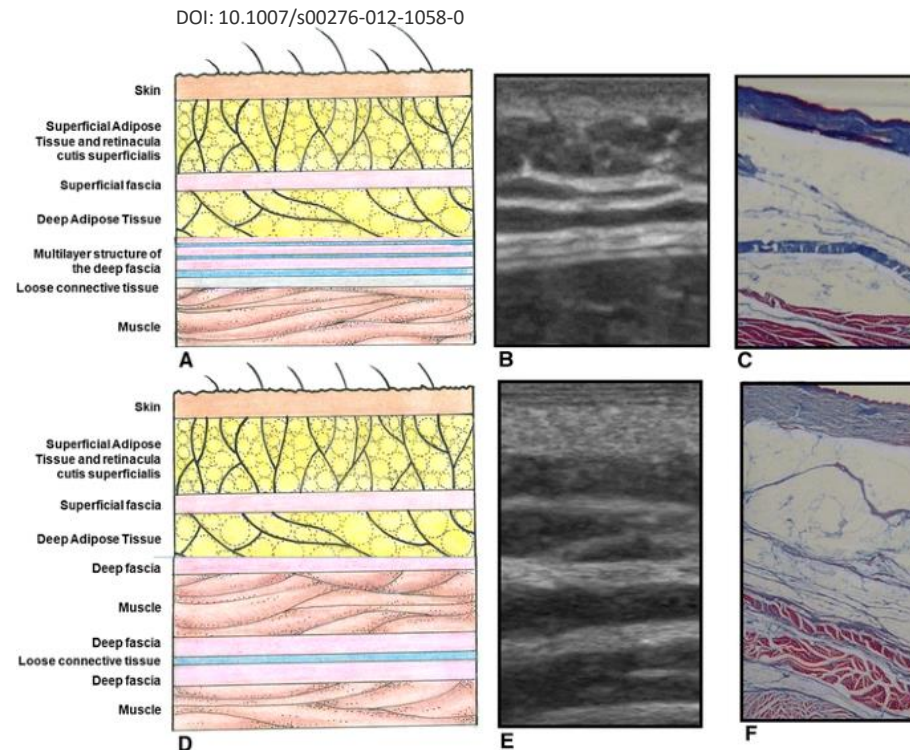
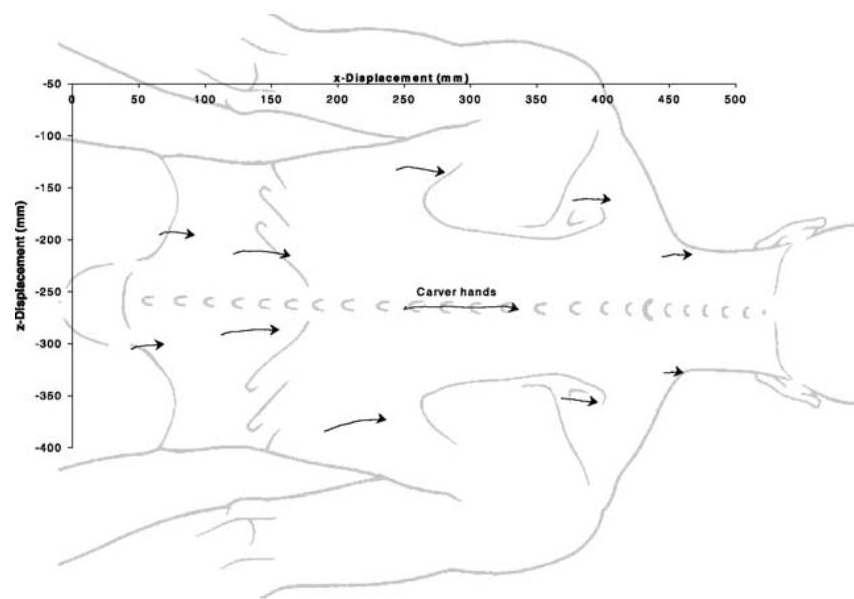
ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

www.ustavkonstruovani.cz

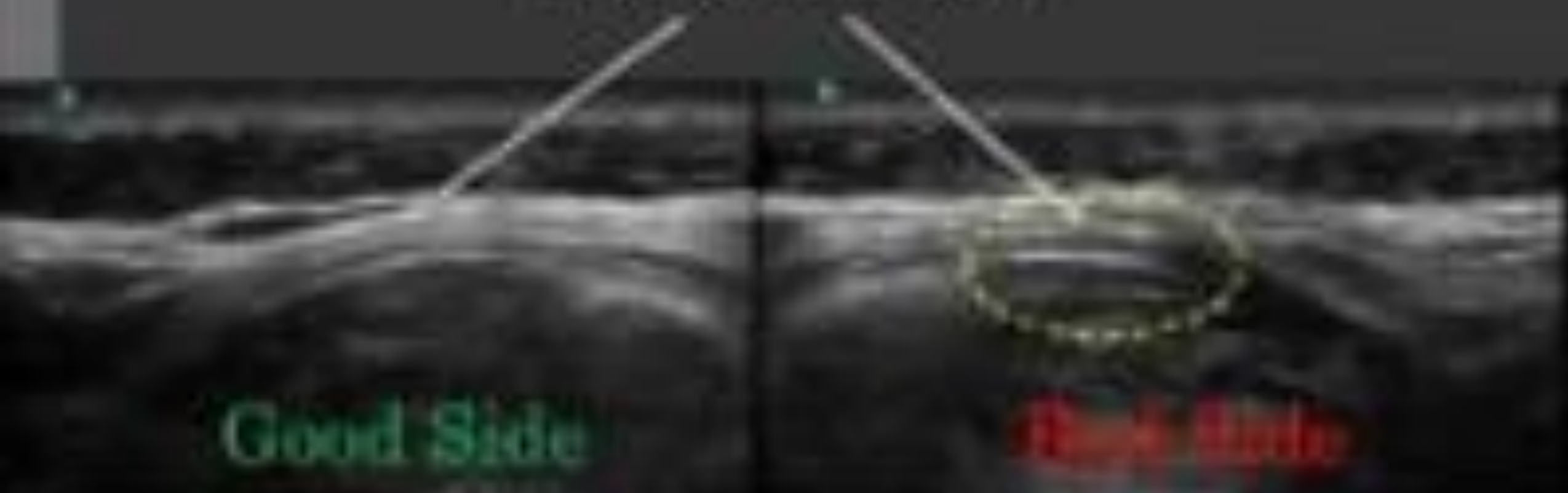
OTÁZKY OPONENTA

Otázka 1/3

- Existuje "teória" spopularizovaná prostredníctvom sociálnych médií, podľa ktorej je **rozhranie koža-fascia na podkladovej kosti bez trenia, a teda nie je možné mobilizovať podkladové kosti, pokiaľ sila pôsobiaca na telo pacienta nie je kolmá na povrch kosti**. Táto hypotéza vychádza z práce Bereznick a kol, 2002, doi: 10.1016/s0021-9290(02)00014-3. Aký je Váš názor na túto štúdiu, prípadne na ďalšie práce, ktoré na ňu reagovali?



Thyrocalcitrinal Fascia



Good Side

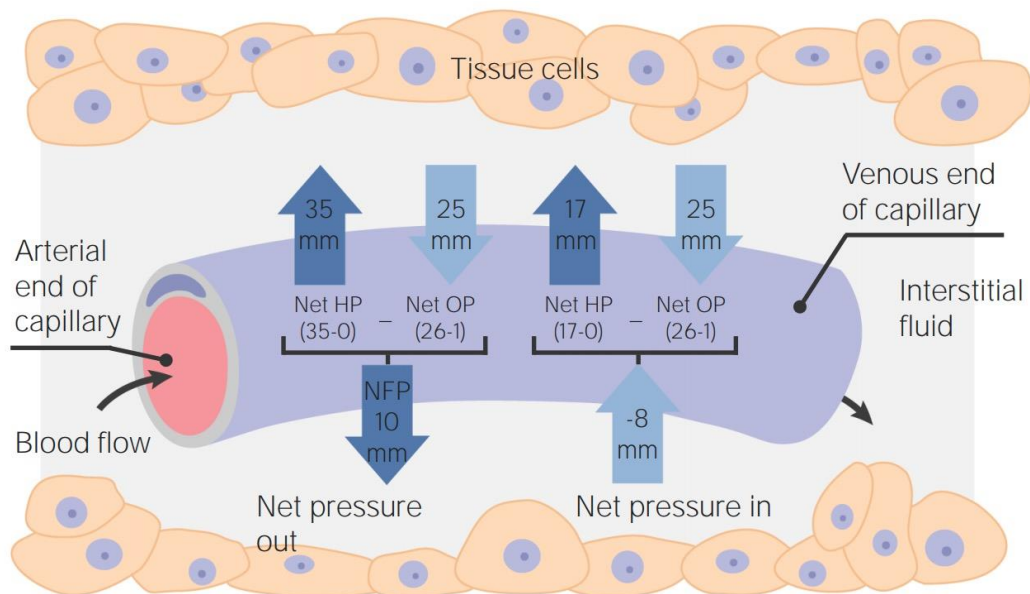
Bad Side

Active muscle contraction...

OTÁZKY OPONENTA

Otázka 2/3

- Váš experiment predstavuje otvorenú konfiguráciu, zatiaľ čo k treniu medzi fasciami dochádza v uzatvorenom priestore. Myslíte si, že pri trení medzi fasciami dochádza k vzniku vyššieho hydrostatického tlaku? Vyjadrite sa k možnému pôsobeniu hydrostatického tlaku na koeficient trenia.

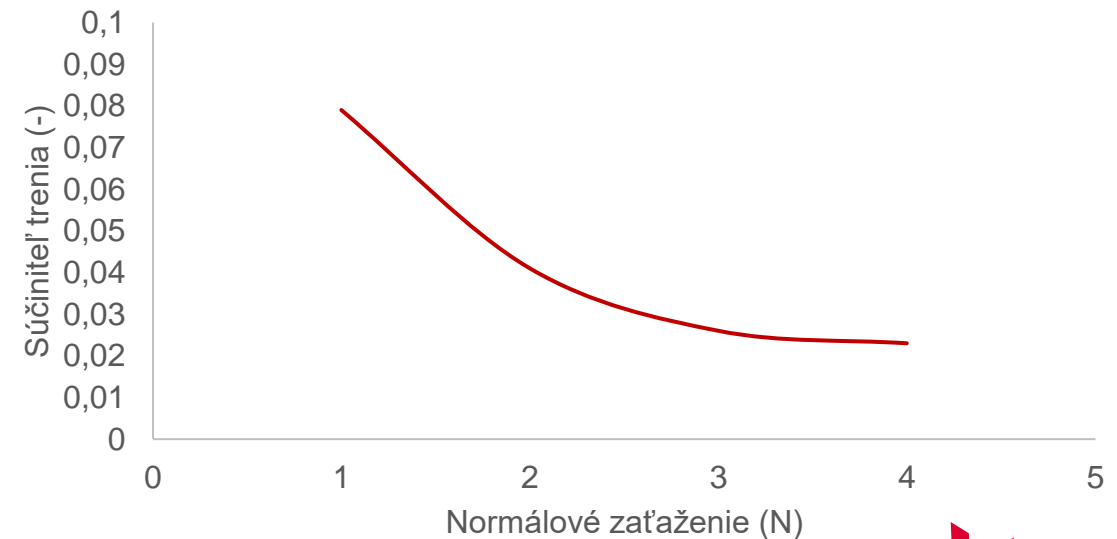


<https://www.lecturio.com/concepts/edema/>

Hertzov tlak pre poddajné kontakty – R50

Zaťaženie: 1 N = Tlak 0,044 MPa
2 N = Tlak 0,055 MPa

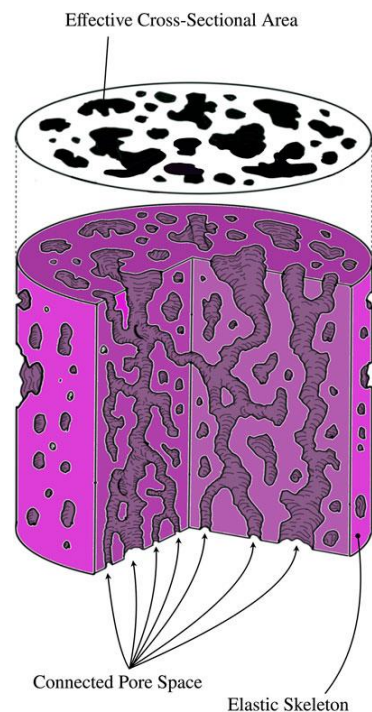
Vplyv normálovej sily na trenie PDMS 30 ShA



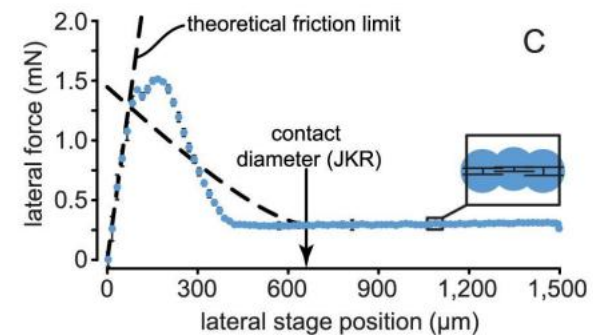
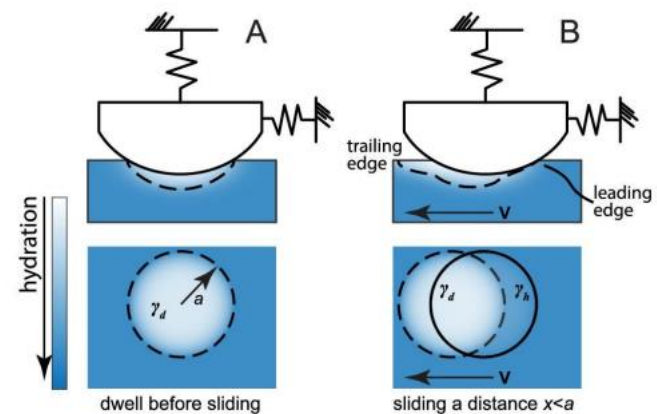
OTÁZKY OPONENTA

Otázka 3/3

- Aký je podľa Vás vplyv poroelastického chovania na trenie fascií?



DOI: 10.3389/fphy.2020.617582



DOI: 10.1039/C6SM02111E

ĎAKUJEM VÁM ZA POZORNOST

Ing. **Alexandra Středanská**

alexandra.stredanska@vut.cz



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

www.ustavkonstruovani.cz