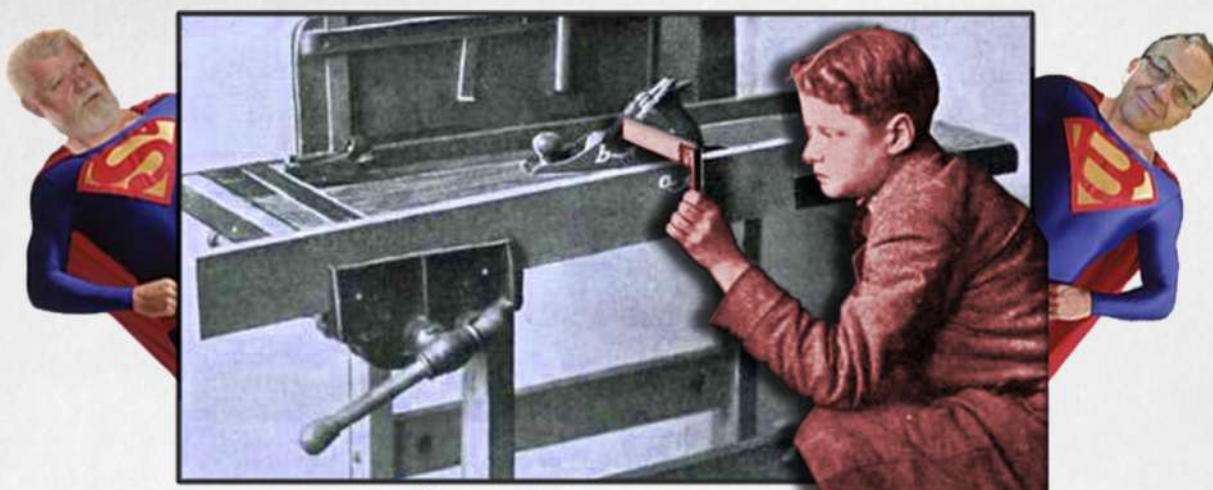




BIOMATERIÁLY A JEJICH POVRCHY XVI.

Herbertov, Horní Mlýn, 19.-22.9.2023





AHOJ, JÁ JSEM VLADIMÍR.
Vladimír Starý

AHOJ, JÁ JSEM MARIKA.
Marika Vopálková

AHOJ, JÁ JSEM JIŘENKA.
Jitřenka Jíru

AHOJ, JÁ JSEM KAREL.
Karel Balík

AHOJ, JÁ JSEM MÍŠA.
Michala Klusáček-Rampichová

AHOJ, JÁ JSEM EVA.
Eva Šebová

AHOJ, JÁ JSEM ELIŠKA.
Eliška Galčíková

AHOJ, JÁ JSEM INA.
Ina Havránek

AHOJ, JÁ JSEM MAREK.
Marek Kindermann

AHOJ, JÁ JSEM HONZA.
Jan Pokorný

AHOJ, JÁ JSEM ALEŠ.
Aleš Jíra

AHOJ, JÁ JSEM TÝNA.
Kristýna Kubáčová

AHOJ, JÁ JSEM TOMÁŠ.
Tomáš Novotný

AHOJ, JÁ JSEM VLÁDA.
Vladimír Havránek

AHOJ, JÁ JSEM MARUŠKA.
Marie Hubálek-Kalbacová

AHOJ, JÁ JSEM ŠÁRKA.
Šárka Beranová

AHOJ, JÁ JSEM KUBA.
Jakub Bumba

AHOJ, JÁ JSEM VÍTA.
Vítězslav Březina

AHOJ, JÁ JSEM VENCA.
Václav Olšanský

AHOJ, JÁ JSEM PETR.
Petr Písařík

AHOJ, JÁ JSEM LUCKA.
Lucie Košinová

AHOJ, JÁ JSEM MARTIN.
Martin Bartoš

AHOJ, JÁ JSEM HONZA.
Jan Mikšovský

AHOJ, JÁ JSEM JANA.
Jana Brtníková

AHOJ, JÁ JSEM JANO.
Ján Kužma

AHOJ, JÁ JSEM EMA.
Ema Chudobová

AHOJ, JÁ JSEM KRISTÝNA.
Kristýna Havlíčková

AHOJ, JÁ JSEM MARTIN.
Martin Braun

AHOJ, JÁ JSEM MIRKA.
Miroslava Rysová

AHOJ, JÁ JSEM ŠÁRKA.
Šárka Hauzerová

AHOJ, JÁ JSEM RASTY.
Rastislav Ballay

AHOJ, JÁ JSEM KÁJA.
Karolína Morávková

AHOJ, JÁ JSEM ONDRA.
Ondřej Šamaj

AHOJ, JÁ JSEM PAVLA.
Pavla Jančová

AHOJ, JÁ JSEM LUCKA.
Lucie Himmlová

AHOJ, JÁ JSEM PETR.
Petr Mračno

AHOJ, JÁ JSEM PETR.
Petr Fulín

AHOJ, JÁ JSEM ŠIMON.
Šimon Svoboda

AHOJ, JÁ JSEM HYNEK.
Hynek Adámek

AHOJ, JÁ JSEM MICHAL.
Michal Kašpárek

AHOJ, JÁ JSEM MARTIN.
Martin Kožár

AHOJ, JÁ JSEM KUBA.
Jakub Karas

AHOJ, JÁ JSEM MARGIT.
Margit Žaloudková

AHOJ, JÁ JSEM MILO.
Miloslav Šulc

Biomateriály a jejich povrchy XVI.

Tomáš Suchý, Lucie Vištejnová, Kristýna Kubášová, Radek Sedláček a Zdeněk Tolde

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta strojní

Tisk: POLYPRESS, s.r.o.

Adresa tiskárny: Truhlářská 486/15, 360 17 Karlovy Vary – Stará Role

Počet stran: 92

Náklad: 110

Pořadí vydání: 1.

Praha 2023

ISBN 978-80-01-07212-7

ÚTERÝ 19. 9. 2023

ZAHÁJENÍ XVI. ROČNÍKU SEMINÁŘE

úterý 13:16

VZPOMÍNKA NA VLADIMÍRA & ROVNOU NA KOVY

úterý 13:30

Karel Balík

Vzpomínka na Vladimíra Starého

úterý 13:40

Lucie Bačáková

30 let vývoje implantátů do kostí – vzpomínka na doc. Vladimíra Starého, nestora oboru

úterý 14:10

Jaroslav Fojt, Jan Šťovíček, Vojtěch Hybášek a kol.

Úpravy povrchu NiTi pro GIT aplikace

úterý 14:30

Jan Stoulil, Vít Jůza, Thomas Pruneau a kol.

Koncentrační změny okludovaného roztoku v gyroidní struktuře slitiny TiNb25Ta4Sn8 a jejich vliv na životnost implantátu

úterý 14:50 (S)

Šimon Svoboda, Miroslav Lebeda a Petr Vlček

Atomistické simulace chemického složení povrchu titanu

úterý 15:10

Jitřenka Jírů, Vojtěch Hybášek a Jaroslav Fojt

β-slitiny titanu jako materiál pro vytvoření pH citlivého senzoru pro detekci zánětu způsobeného infekcí

COFFEE BREAK (15:30 – 16:00)

ODEZVY

úterý 16:00

Jakub Kronek, Lukáš Horný, Hynek Chlup a kol.

3D tisk resorbovatelného materiálu pro náhrady tepen a jeho mechanické testování

úterý 16:20 (S)

Adam Kratochvíl, Matej Daniel, Petr Fulín a kol.

Pasivní odezva svalové tkáně u pacientů s revezní náhradou glenohumerálního kloubu

úterý 16:40

Kateřina Drbálková

Aktuální informace k certifikaci zdravotnických prostředků v rámci Českého metrologického institutu

úterý 17:00

Prezentace společnosti Pragolab

VEČEŘE (18:00 – 19:30)

DOBRODRUŽSTVÍ

úterý 19:30

Hynek Adámek

Dobrodružství české vědy na ostrově Jamese Rosse

POSTEROVÁ SEKCE

úterý 21:00 – 22:30

9

10

11

11

12

13

14

15

17

50

POSTEROVÁ SEKCE – část I.

Martin Braun, Monika Šupová, Tomáš Suchý a kol.	51
Sledování vlivu ozařování a mechanického zatěžování na změny chemického složení kolagenní hmoty	
Antonín Brož, Ivan Jirka, Roman Matějka a kol.	51
Modifikace povrchu silikalitového filmu určeného k potahování ortopedických implantátů	
Jana Brtníková, Yana Demydenko, Eva Černá a kol.	52
Modifikované polysacharidové hydrogely jako vhodný substrát pro růst buněk	
Eliška Galčíková, Jan Krčil, Vladimír Mára a kol.	53
Problematika recyklace titanových slitin	
Šárka Hauzerová, Maxim Lisnenko, Juan Pablo Pérez Aguilera a kol.	54
Interakce myších fibroblastů s vlákněným modelem připraveným metodou tažení jednotlivých vláken	
Kristýna Havlíčková, Věra Hedvičáková, Kateřina Strnadová a kol.	55
Studium degradace kompozitních nití s nanovlákněným obalem	
Ina Havránková, Lucie Vištejnová, Pavel Klein a kol.	57
Kvantitativní histologická analýza hojení zlomenin žebér po chirurgické fixaci titanovými dlahami na experimentálním modelu miniprasete	
Vojtěch Homuta, Šárka Hauzerová, Maxim Lisnenko a kol.	59
Postprocesní úpravy biodegradabilních elektricky zvlákněných nanovláken - povrchově strukturovaná nanovlákná	
Vojtěch Hybášek, Ester Duchková, Jitřenka Jířů a kol.	60
Elektrochemická příprava fosforečnanových vrstev na biodegradabilní zinkové slitině	
Ema Chudobová, Šárka Hauzerová, Kristýna Havlíčková a kol.	60
Rozfukování polymerních roztoků pro <i>in situ</i> aplikace nanovlákněných materiálů v medicíně	
Pavčina Jančová a Lucie Vištejnová	62
Kultivace hepatocytů ve formě 3D sferoidů pro účely vývoje <i>in vitro</i> modelu NAFLD	
Věra Jenčová, Šárka Hauzerová, Kristýna Havlíčková a kol.	63
Hodnocení hemokompatibility vstřebatelných materiálů pro kardiovaskulární chirurgii	
Aleš Jíra a Jiří Dupal	64
Mechanické porovnání konvenčního a biodegradabilního implantátu pro osteosyntézu kotníku	
Marek Kindermann, Partik Mik, Martina Dolejšová a kol.	65
Optimalizace metody zalévání tvrdých vzorků do PMMA za účelem přípravy kvalitních výbrusů	
Michala Klusáček Rampichová, Eva Šebová, Viraj P. Nirwan a kol.	67
Nanofibrous scaffold containing hyperacute serum for osteogenic differentiation of AT-MSC	
Kristýna Kubášová, Radek Sedláček, Tomáš Suchý a kol.	68
Options for mechanical testing and evaluation of rib fractures	
Maxim Lisnenko, David Lukáš, Jan Valtera a kol.	68
Výroba a charakterizace nanovlákněných nití založených na PVA pro hygienické a medicínské aplikace	
David Lukáš, Kristýna Havlíčková, Maxim Lisnenko a kol.	70
Povrchově strukturovaná nanovlákná pro biologické aplikace	
Přemysl Menčík, Kristýna Hlináková, Klára Lysáková	71
Možnosti a výzvy 3D tisku cementového bioinkoustu	
Katarína Mendová, Lukáš Horný, Hynek Chlup a kol.	71
Mechanické vlastnosti 3D tlačeneho polymérneho materiálu slúžiaceho na výrobu cievnej náhrady	

POSTEROVÁ SEKCE – část II.

Lenka Michlovská, Eva Drápalová, Eva Černá a kol.	73
Cenově dostupné, netoxické a antimikrobiální hydrogely z polysacharidů pryskyřice Karai a chitosanu pro hojení ran	
Jan Mikšovský, Petr Písařík, Jan Remsa	74
Biokompatibilní piezoaktivní tenké vrstvy připravované pulzní laserovou depozicí	
Karolína Morávková, Miroslava Rysová, Šárka Hauzerová a kol.	74
Vliv složení nanovláken na odpověď simulovaného vaginálního prostředí <i>in vitro</i>	
Štěpán Podzimek, Radka Vrbová, Lucie Himmlová a kol.	75
Vliv pokročilých materiálů na bázi titanu na produkci pro- a protizánětlivých cytokinů T lymfocyty hypersenzitivních pacientů	
Jan Pokorný, Vojtěch Hybášek, Jiří Kubásek a kol.	76
Degradace slitin zinku v modelových roztocích lidského organismu	
Miroslava Rysová, Hana Tománková, Markéta Schaabová a kol.	77
Vliv aditiv na antibakteriální účinnost a biokompatibilitu chitosanových nanovláken	
Lubica Staňková, Anna Kutová, Martina Doubková a kol.	78
Interaction of human dermal fibroblasts and endothelial cells with plasma-modified bacterial nanocellulose	
Tomáš Suchý, Josef Kolář, Lukáš Horný a kol.	78
Optimalizace mechanických a strukturních vlastností vstřebatelných materiálů pro kardiovaskulární chirurgii	
Eva Šebová, Michala Rampichová, Eva Filová a kol.	80
How does the PLA and PCL block copolymer with hydroxyapatite nanoparticles affect bone remodelling?	
Zdeněk Tolde, Aleš Jíra a Jaroslav Fojt	81
3D tisk porézních beta-titanových slitin	
Lucie Vištejnová, Mirek Kindermann, Pavel Klein a kol.	82
Návrh histologického hodnocení vstřebatelných materiálů pro kardiovaskulární chirurgii	
Petr Vlčák, Vojtěch Smola, Šimon Svoboda a kol.	83
Vliv teploty na mechanické vlastnosti dusíkem dopovaných titanových slitin	
Lucy Vojtová, Klára Lysáková, Zuzana Kadlecová a kol.	84
Nízkoteplotní 3D tisk polymer/fosfátové kostní náhrady modifikované bioaktivními látkami	
Radka Vrbová, Adéla Roubíčková, Martin Bartoš a kol.	85
Vliv mikrostruktury dentálních kompozitních materiálů na jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti	
Anna Zavadáková, Marek Kindermann a Lucie Vištejnová	87
Jak počítat buňky? Základní parametr v in vitro experimentech. Banalita nebo je to věda?	
Margit Žaloudková, Tomáš Suchý a Lucie Vištejnová	88
Obrazová analýza vstřebatelných materiálů pro kardiovaskulární chirurgii po implantaci do peritonea potkana	

OPILÍ ROBOTI ŠIJÍ NITĚMI

středa 9:00

Radek Sedláček, Petr Broulík, Pavel Růžička a kol.

Ovlivňuje nadměrná konzumace alkoholu nebo nikotinu pevnost kostí?

19

středa 9:20

Rastislav Ballay a Petr Fulín

Budou nás operovat roboti?

20

středa 9:40

Kateřina Strnadová, Kristýna Havlíčková, Divyabharathi Madheswaran a kol.

Charakterizace kompozitních nanovláknenných nití a jejich antimikrobiální funkcionalizace

21

středa 10:00 (S)

Marika Vopálková, Tomáš Suchý, Radek Sedláček a kol.

Mechanické testování chirurgických nano nití

23

COFFEE BREAK (10:20 – 10:50)

3D TISK NAPŘÍČ OBORY

středa 10:50

Martin Bartoš, Jitka Luňáčková a Ján Staňo

Využití 3D tisku při autotransplantaci zubu

26

středa 11:10 (S)

Ján Staňo a Martin Bartoš

Materiály pro 3D tištěné fixní provizoria v stomatologické protetice – mechanické vlastnosti

27

středa 11:30

Luboš Řehounek a Aleš Jíra

Numerické posouzení gyroidního dentálního implantátu

28

středa 11:50

Filip Hanák, Dominik Ďurica a Vojtěch Havlas

Použití biodegradabilních materiálů z hořčíkové slitiny v ortopedii

29

OBĚD (12:10 – 14:00)

MOŽNOSTI & FORMY

středa 14:10

Tomáš Novotný

Možnosti využití metody 3D tisku v ortopedii

30

středa 14:40

Martin Kožár a Barbora Šišková

Aplikačná forma biodegradovatelných materiálů a ich efektivita pri absentujúcich štruktúrach

31

středa 15:10 (S)

Lucie Košinová a Petr Písařík

Modifikace povrchu implantátu pomocí laseru

33

COFFEE BREAK (15:30 – 16:00)

LÉČBA, REKONSTRUKCE & TERAPIE

středa 16:00

Dominik Rejman, Duy Dinh Do Pham, Věra Jenčová a kol.

NANO-LPPO: Nové antibakteriální krytí pro prevenci a hojení ran

33

středa 16:30

Richard Koleják a Jiří Dostál

Možnosti rekonstrukce tvrdé pleny mozkové v neurochirurgii

35

středa 16:50 (S)

Jitka Luňáčková, Martin Bartoš, Lucie Vištejnová a kol.

Mikro-CT obraz rozhraní Mg materiálů a kostní tkáň

36

středa 17:10 (S)

Ján Kužma a Tomáš Suchý

Je možné zosieťovať kolagénové vlákna pomocou suchého tepla?

37

středa 17:30

Dominik Ďurica

Zobrazovací metody a 3D tisk v ortopedii – předoperační plánování a terapie

37

SPOLEČNÉ FOCENÍ

středa 18:00

RAUT & SPOLEČENSKÝ VEČER

středa 19:00 – 24:00

ČTVRTEK 21. 9. 2023 | DOPOLEDNE

WORKSHOP AI

čtvrtek 9:00 – 12:00

Michal Kašpárek

Z natvrdlé hračky chytrá pomocnice

41

čtvrtek 9:00 – 10:15

Workshop AI část I.

COFFEE BREAK (10:15 – 10:45)

čtvrtek 10:45 – 12:00

Workshop AI část II.

OBĚD (12:00 – 13:30)

VOLNÉ ODPOLEDNE

PÁTEK 22. 9. 2023 | DOPOLEDNE

JEŠTĚ MÁME VYSOKOU ENERGII!

pátek 9:30

David Chvátil a Václav Olšanský

Ozařování biologických materiálů na mikrotornu MT 25

43

pátek 9:50

Vladimír Havránek, Anna Macková, Mariapompea Cutroneo a kol.

Využití vysokoenergetické iontové mikrosondy k přípravě a charakterizaci biologických a polymerních vzorků, novinky z TANDETRONU

44

pátek 10:10

Petr Písařík, Jan Remsa a Jan Mikšovský

Tenké vrstvy připravené hybridní technikami

45

COFFEE BREAK (10:30 – 11:00)

TO NEJLEPŠÍ NA KONEC!

pátek 11:00

Marie Hubálek Kalbáčová a Blanka Bílková

Překvapivý vliv různého množství FBS a kyslíku na buněčné analýzy

47

pátek 11:20

Vítězslav Březina

O samovolném chování buněk

48

pátek 11:40

Jakub Bumba, Šárka Beranová a Pavlína Tláskalová

Amniová membrána: bioaktivní scaffold pro regenerativní medicínu

49

pátek 12:00 – 12:16

Ukončení semináře a vyhlášení výsledků studentské soutěže

OBĚD (12:20 – 14:00)

ODJEZD



19.9.2023

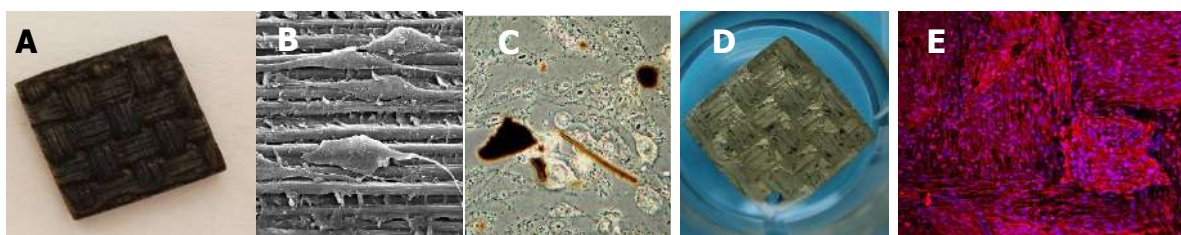
ÚTERÝ

**Lucie Bačáková****Třicet let vývoje kostních implantátů – vzpomínka
na doc. Vladimíra Starého, nestora oboru.**

Fyziologický ústav AV ČR, v.v.i., Oddělení biomateriálů a tkáňového inženýrství, Praha

Lucie.Bacakova@fgu.cas.cz

Nalezení vhodného materiálu pro konstrukci kostních implantátů, zejména jsou-li používány v mechanicky vysoce zátěžových aplikacích (náhrady kloubů, stomatologické náhrady) zůstává i po 30 a více letech intenzivního výzkumu neustálou výzvou pro materiálové i tkáňové inženýrství. Tradičně se pro uvedené aplikace používají kovy a jejich slitiny (např. Ti, Ti6Al4V, CoCrMo), a to pro jejich mechanickou odolnost. Ovšem tato mechanická odolnost s sebou nese i nevýhody, jako je obrovský nepoměr modulu elasticity i měrné hmotnosti mezi kovem a kostí – obě veličiny jsou u běžně užívaných kovů prakticky řádově vyšší než u kostní tkáně. Kromě toho kovy do tkáně uvolňují i cytotoxické, alergenní, imunogenní i mutagenní ionty a částice. Proto se v 90. letech minulého století objevila převratná myšlenka, u jejíhož zrodu stál i doc. Starý - a sice použít pro konstrukci kostních implantátů tzv. kompozity uhlík-uhlík, tj. kompozity s uhlíkovou maticí vyztuženou uhlíkovými vlákny (CFRC), do té doby využívané pro technické aplikace, včetně konstrukce letadel a kosmických lodí. Tyto kompozity měly sice podobný modulus elasticity i hustotu jako kostní tkáň, ale problém uvolňování částic odstraněn nebyl (Obr. 1). Vyplýval z určité křehkosti uhlíkové matrice i lomivosti vláken, a proto jsme se po dlouhé období snažili kompozity zpevnit, například pokrytím mechanicky odolnými a biokompatibilními vrstvami, jako byly např. vrstvy uhlíku podobného diamantu, pyrolytického uhlíku, C:Ti, TiN či ZrN [1, 2]. Tyto vrstvy, kombinované i s broušením a leštěním vzorků, podporovaly kolonizaci vzorků lidskými kostními buňkami a uvolňování částic výrazně omezovaly, ovšem nikdy nebylo dosaženo naprosté jistoty, že po dlouhodobé implantaci do vysoce korozivního prostředí organismu spojeného s mechanickým namáháním materiálu by povrch nebyl porušen a částice by se znovu neuvolňovaly.



Obr. 1 Kompozity uhlík-uhlík pro potenciální implantaci do kostní tkáně. **A:** makroskopický vzhled vzorku pro zkoumání v buněčných kulturách; **B:** lidské kostní buňky linie MG-63 nasazené na vzorek *in vitro*; **C:** uvolňování částic z kompozitu v buněčné kultuře *in vitro*; **D:** kompozit pokrytý vrstvou ZrN; **E:** buňky MG-63 za 7 dnů po nasazení na kompozit pokrytý ZrN.

Proto byl koncept využití kompozitů uhlík-uhlík pro konstrukci implantátů do kostní tkáně opuštěn, a dále jsme se věnovali beta-slitinám titanu (např. TiNb, TiNbTa, TiNbZr), jejichž modulus elasticity se již více blíží hodnotám u kostní tkáně než u klinicky užívané slitiny Ti6Al4V, a navíc tyto slitiny neobsahují cytotoxický (např. neurotoxický) Al a V [3]. Pro zlepšení tribologických, antikorozivních i osteointegračních vlastností těchto slitin byly tyto materiály (a pokračovateli doc. Starého dále jsou) pokrývány dalšími oxidickými, uhlíkovými a keramickými vrstvami, jako jsou např. vrstvy TiO₂, vrstvy nanokrystalického diamantu či vrstvy zeolitické a ferroelektrické



keramiky [4, 5]. Kostní implantáty z těchto slitin jsou i konstruovány v trojrozměrné porézní podobě pomocí 3D tisku, a to i danému pacientovi „na míru“ v rámci moderní personalizované medicíny.

Reference

1. Bacakova L, Sary V, Kofronova O, Lisa V. J Biomed Mater Res. 2001;54(4):567-78.
2. Starý V, Douděrová M, Bačáková L. J Biomed Mater Res A. 2014;102(6):1868-79. doi: 10.1002/jbm.a.34833.
3. Tolde Z, Starý V, Cvrček L, Vandrovcová M, Remsa J, Daniš S, Krčil J, Bačáková L, Špatenka P. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2017;80:652-658. doi: 10.1016/j.msec.2017.07.013.
4. Jirka I, Vandrovcová M, Frank O, Tolde Z, Plšek J, Luxbacher T, Bačáková L, Starý V. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2013;33(3):1636-45. doi: 10.1016/j.msec.2012.12.073.
5. Vandrovcova M, Jirka I, Novotna K, Lisa V, Frank O, Kolska Z, Sary V, Bacakova L. PLoS One. 2014;9(6):e100475. doi: 10.1371/journal.pone.0100475.

Podporováno grantem Praemium Academiae (č. AP2202), poskytnutým Akademií věd ČR.

úterý 14:10

**Jaroslav Fojt¹, Jan Šťovíček¹, Vojtěch Hybášek¹,
Jitřenka Jírů¹ a Dino Alferi²**

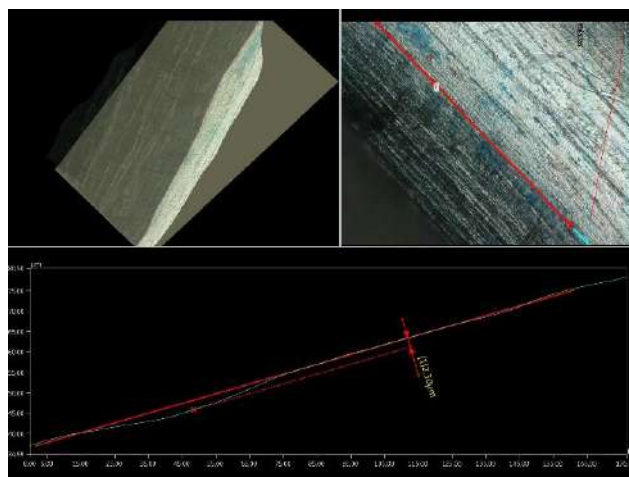
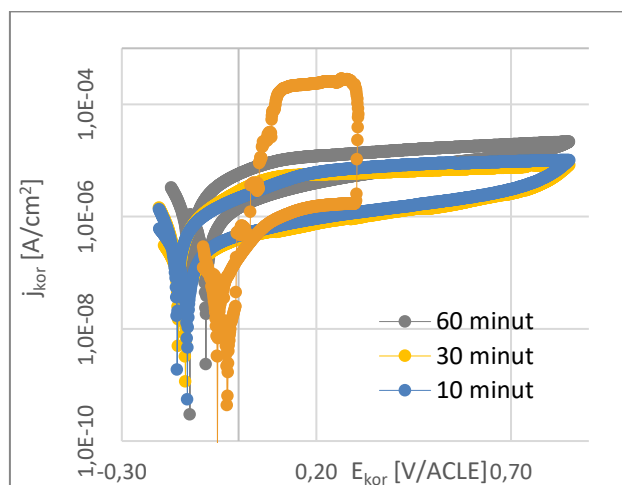
Úpravy povrchu NiTi pro GIT aplikace

¹ Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 6

² Universita Karlova, Lékařská fakulta v Hradci Králové, Hradec Králové

fojtj@vscht.cz

Použití stentů z nitinolu (ekviatomární slitina niklu a titanu) se opírá o dlouhou klinickou historii. Nitinol představuje ideální materiál z hlediska mechanických vlastností, nicméně v klinické praxi se ukazuje, že v určitých případech může dojít k selhání stentu v důsledku korozního napadení. To se týká zejména jícnových stentů, kde může materiál přijít do kontaktu se žaludečními šťávami. Selhání stentů může vést až k fatálním následkům, jako je například perforace jícnu. Vzhledem k prodlužující se délce dožití léčených pacientů je potřeba korozní odolnost NiTi zvýšit.



Obr. 1 Polarizační křivky NiTi v prostředí simulované žaludeční tekutiny a detail povrchu.



V rámci práce byly studovány možnosti úpravy povrchu komerčních stentů, které by vedly k prodloužení životnosti výrobku. Povrchy drátů byly leptány ve směsích kyselin a případně následně anodicky oxidovány. Korozní chování stentů bylo vyhodnocováno na základě normovaných postupů za použití simulované žaludeční tekutiny. Hodnocena byla korozní proudová hustota, tedy ekvivalent korozní rychlosti a dále pak hodnota průrazového potenciálu, která určuje náchylnost materiálu k lokálnímu koroznímu poškození. V rámci práce bylo zjištěno, že leptání ve směsi kyselin společně s následnou anodickou oxidací vede k významnému snížení korozní rychlosti materiálu a zároveň minimalizuje riziko vzniku lokálního korozního napadení.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva průmyslu a obchodu v rámci Programu TREND (FW 03010583).

úterý 14:30

**Jan Stoulil¹, Vít Jůza¹, Thomas Pruneau¹, Richard Bureš¹,
Vojtěch Hybášek¹, Jaroslav Fojt¹ a Aleš Jíra²**

**Koncentrační změny okludovaného roztoku v gyroidní struktuře slitiny
TiNb25Ta4Sn8 a jejich vliv na životnost implantátu**

¹ VŠCHT Praha, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství

² ČVUT Praha, Fakulta stavební, Katedra mechaniky

jan.stoulil@vscht.cz

Práce byla zaměřena na vývoj okludovaného roztoku ve struktuře gyroidního implantátu. Byly měřeny elektrochemické charakteristiky slitiny TiNb25Ta4Sn8: samovolný korozní potenciál, Tafelovy směrnice, limitní proudové hustoty. Pro experimenty byly použity roztoky NaCl o koncentracích 9 až 90 g/l, a dále roztok NaCl 9 g/l s obsahem fluoridů 200 až 2000 ppm fluoridů a pH 4,2. Experimentálně byla ověřena tortuozita gyroidních struktur o pórovitosti 50 a 70 %. Principem byla speciální difúzní dvojcelá s analýzou transportovaných aniontů pomocí potenciometrické titrace. Data byla fitována numerickou simulací v programu COMSOL Multiphysics. Vývoj okludovaného roztoku a následně zvýšení korozní rychlosti není u čistého fyziologického roztoku významně ovlivňováno dostupností kyslíku, ale spíše je řízeno anodickou reakcí. Uvolňování kovu do roztoku s fluoridy je katastrofické.

úterý 14:50 (S)

Šimon Svoboda¹, Miroslav Lebeda² a Petr Vlčák¹
Atomistické simulace chemického složení povrchu titanu

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav fyziky, Praha

² České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Katedra inženýrství pevných látek, Praha

Simon.Svoboda@fs.cvut.cz

Na přelomu čtyřicátých a padesátých let minulého století začal prudce stoupat zájem o využití titanu v mnoha konstrukčních aplikacích díky unikátní kombinaci jeho vlastností. Ze všech kovů



vykazuje nejvyšší poměr pevnosti k hustotě, disponuje mimořádnou odolností vůči korozi, má vysokou únavovou pevnost a speciálně z biomedicínského odvětví jsou to biokompatibilita, nízký modulu pružnosti a velmi dobrá korozní odolnost. Jsou-li vyžadovány specifické vlastnosti od povrchu, je možné jich docílit tvorbou povrchových slitin, například magnetronovým naprašováním. Konkrétně by mohlo být žádoucí touto metodou deponovat stříbro na titanové implantáty, neboť se ukazuje, že slitiny Ti-Ag bohaté na stříbro mají vynikající antibakteriální a biokompatibilní vlastnosti. Aby bylo možné docílit požadovaných povrchových vlastností, je nutná znalost zmíněného slitinového systému, bez které by bylo obtížné predikovat správné podmínky deponování. Kromě znalostí fázového složení je to především znalost difuzních procesů, na základě, které je možné soudit, kdy k difuzi začne docházet a jakého koncentračního profilu po určitém čase docílíme.

Při přípravě laboratorních experimentů, je vhodné provést počítačovou simulaci konkrétního experimentu. Získáme tak představu o povaze zkoumané vlastnosti či procesu a vlastní výzkum tak můžeme zrychlit a zefektivnit, a navíc můžeme studovat i v některých případech fyzikální děje experimentálně neměřitelné. V tomto příspěvku budou představeny základní metody atomistických simulací využívané v materiálových vědách. Příspěvek se zaměřuje na molekulární dynamiku jako vhodného kandidáta pro simulaci difuze v pevných látkách, zde konkrétně v systému Ti-Ag. Výpočetní náročnost molekulární dynamiky umožňuje na běžných počítačích simulovat děje na systému čítajícím stovky tisíc atomů po několik nanosekund reálného času. To je dostačující k vyhodnocení difuzního koeficientu. Vhodnost molekulární dynamiky spočívá v tom, že deterministicky napočítává trajektorie částic a umožňuje tak vyhodnotit jejich střední kvadratické posunutí, veličinu, která je úměrná difuznímu koeficientu. Toho je zde využito ke stanovení teplotní závislosti difuzního koeficientu stříbra v alfa titanu v daném teplotním rozsahu, a to v několika jeho krystalografických směrech.

úterý 15:10

Jitřenka Jírů, Vojtěch Hybášek a Jaroslav Fojt

β -slitiny titanu jako materiál pro vytvoření pH citlivého senzoru pro detekci zánětu způsobeného infekcí

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, Praha, Česká republika

jiruj@vscht.cz

Povrch implantátu je preferovaným místem pro uchycení nebezpečných mikroorganismů (*Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*). Ty následně ovlivňují okolní tkáň, například její pH, svými metabolickými produkty. Největším problémem je, i přes moderní metody, včasné odhalení infekce, protože musí být přítomny klinické projevy probíhajícího zánětu. Léčba těchto infekcí je náročná, protože bakterie tvoří biofilm. Biofilm se skládá z mikrobiálních buněk obklopených extracelulární matrix složenou z polysacharidů, nukleových kyselin, vody, proteinů a dalších látek. Struktura biofilmu navíc umožňuje interakci s okolím, přijímá z něj živiny a zároveň chrání bakterie před působením antibiotik a buněk imunitního systému. Možnost snímání pH pomocí změny potenciálu v okolí implantátu by mohla být způsobem, jak odhalit infekci v jejím raném stadiu a mohla by vést k rychlejší aplikaci léčby, a tím zvýšit její účinnost. Jako výchozí materiál byla zvolena β -slitina Ti-25Nb-4Ta-8Sn. Tato slitina byla vybrána, jelikož oxidy cínu, tantalu a titanu patří k nadějným kandidátům vhodným k detekci pH. Zvolené základní



úpravy byly broušení a 20 V nanostruktura, takto připravené vzorky byly následně dále modifikovány pomocí hydrotermální expozice a cyklické polarizace. Pro sledování elektrochemické odezvy na změnu pH fyziologického roztoku, v rozsahu 7,6 až 6,5, byl vyhodnocován průběh potenciálu.

Práce byla podpořena Agenturou pro zdravotnický výzkum Ministerstva zdravotnictví ČR v rámci projektu NU20-06-00424 - Implantabilní senzory pro včasnou detekci zánětu a bakteriální kolonizace a A1_FCHT_2023_009 - Metalurgie (Metallurgy).

úterý 16:00

**Jakub Kronek¹, Lukáš Horný¹, Hynek Chlup¹, Katarína Mendová¹,
Zbyněk Sobotka¹, Zdeněk Petřivý¹, Miroslav Kohan²,
Tomáš Balint² a Marek Schnitzer²**

3D tisk resorbovatelného materiálu pro náhrady tepen a jeho mechanické testování

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Praha

² Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra biomedicínského inženýrstva a merania

Jakub.Kronek@fs.cvut.cz

Je jasné, že vyrobit náhradu tvarově složité části krevního řečiště, jako je třeba aortální oblouk se svými odstupy, není jednoduché. Tato část aorty se navíc svým tvarem a umístěním odstupů liší pacient od pacienta. Pro takovouto aplikaci se přímo nabízí využití dnes velmi populární metody 3D tisku. Problém nastává v okamžiku, kdy po 3D vytištění implantátu požadujeme splnění zároveň tří podmínek, a to biokompatibilitu, bioresorbovatelnosti a podmínky, aby mechanické vlastnosti byly podobné vlastnostem původní cévy. Ostrý přechod z relativně poddajné aorty do relativně tuhé náhrady způsobí kromě pozměněné hemodynamiky (změny toku krve, ztráty schopnosti aorty akumulovat tlakovou energii), také výrazný napěťový koncentrátor v místě napojení aorta-náhrada nebo náhrada-aorta. To jednak nadměrně zatěžuje samotnou aortu, zároveň tato napěťová neuniformita může způsobit nerovnoměrnou resorpci materiálu náhrady. Dle našeho názoru je důležité používat materiály, které se svými mechanickými vlastnostmi (poddajností, elasticitou) co nejvíce přibližují vlastnostem aorty. A to ovšem ne za cenu toho, že tloušťka stěny náhrady bude muset být výrazně menší, než stěna zdravé aorty. Nadějným materiálem se v tomto ohledu jeví 3D tištěný polymer na bázi kyseliny polymléčné (PLA) a polyhydroxybutyrátu (PHB), změkčený přidáním škrobu. Samozřejmě i nastavení parametrů 3D tisku (zjednodušeně to můžeme nazvat „porozita“) má výrazný vliv na vlastnosti výtisku. Jak si tento materiál při mechanických zkouškách vedl v soutěži s materiálem běžně používaným v podobných klinických aplikacích (např. GORE) a jak si vedl v soutěži se vzorky z nativních aort? Pojdme to společně zjistit.



úterý 16:20 (S)

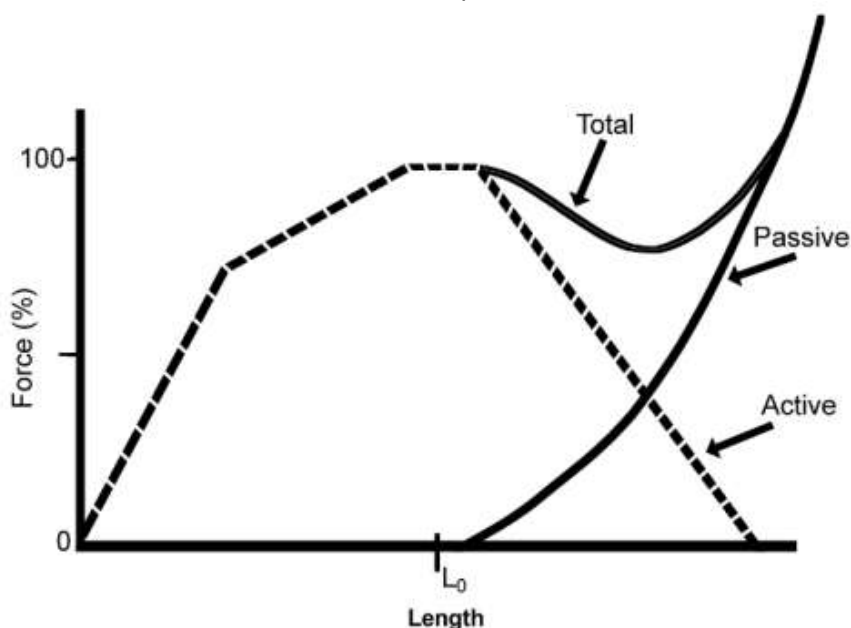
Adam Kratochvíl¹, Matej Daniel¹, Petr Fulín² a Jiří Walder²
Pasivní odezva svalové tkáně u pacientů s reverzní náhradou
glenohumerálního kloubu

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Praha

² Ortopedická klinika 1. lékařské fakulty, Univerzita Karlova

Adam.Kratochvil@fs.cvut.cz

Reverzní endoprotéza ramenního kloubu (RTSA – „Reverse total shoulder arthroplasty“) je totální náhradou, která se ukázala jako vhodné řešení pro pacienty s komplexními patologiemi ramene, jako je např. rozsáhlé poškození rotátorové manžety, těžká artritida ramene, následky složitých zlomenin či reoperace po selhání tradiční náhrady. Na rozdíl od anatomické totální endoprotézy ramene, která se opírá o intaktní funkci rotátorové manžety, u RTSA se obrací anatomie ramenního kloubu umístěním protetické hlavičky na glenoid a jamky na humerus. Tento obrácený stav kloubu umožňuje deltovému svalu kompenzovat ztracenou funkci rotátorové manžety, což umožňuje zlepšení motorických funkcí ramene a tím celé paže. Při operaci dojde ke změně centra rotace, které je zpravidla medializováno a zároveň i posunuto inferiorně. Tím se zvětší rameno síly, na kterém svaly působí a tím pádem dochází ke snížení potřebné síly, kterou musí při pohybu vyvinout. Zároveň dochází při operaci i k prodloužení pažní kosti a tím i prodloužení svalů posunutím jejich úponů. To vyvolá ve svalech obepínajících rameno pasivní síly, které potom pomáhají stabilizovat protetický kloub. Negativním efektem předeptnutí svalů je jejich přetěžování (viz Obr. 1) a v dlouhodobém horizontu může způsobit postupnou ztrátu jejich funkčnosti. V rámci naší práce jsme se proto zaměřili na optimalizaci této operace z hlediska prodloužení humeru a posunutí centra rotace vzhledem k funkčnosti, stabilitě a životnosti reverzní náhrady ramene.



Obr. 1 Závislost síly a délky kosterního svalstva, Zdroj: KNUDSON, Duane V. Fundamentals of biomechanics. 2nd ed. New York, NY: Springer, c2007. ISBN 978-0-387-49311-4.

Výzkum byl podpořen grantem Studentské grantové soutěže ČVUT SGS22/149/OHK2/3T/12.

**úterý 16:40****Kateřina Drbálková****Aktuální informace k certifikaci zdravotnických prostředků v rámci Českého metrologického institutu**

Český metrologický institut, Centrum pro certifikaci zdravotnických prostředků, Praha

kdrbalkova@cmi.cz

Česká republika patří k předním výrobcům zdravotnických prostředků v Evropě. Aby je bylo možné uvádět na jednotný evropský trh, musí mít potřebnou certifikaci, tedy projít tzv. procesem posuzování shody. Pravidla pro certifikaci zdravotnických prostředků zpřísnilo nové nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) **2017/745** ze dne 5. dubna 2017 o zdravotnických prostředcích (dále jen MDR), které vstoupilo v platnost ode dne 26. května 2021. Účelem tohoto nařízení je výrazně zlepšit kvalitu, bezpečnost a spolehlivost zdravotnických prostředků a mechanismů dozoru nad trhem se zdravotnickými prostředky.

Dne 15. března 2023 vyšlo **nové nařízení** Evropského parlamentu a Rady (EU) 2023/607, kterým se mění nařízení (EU) 2017/745 a (EU) 2017/746, pokud jde o přechodná ustanovení pro některé zdravotnické prostředky a diagnostické zdravotnické prostředky in vitro. Kdy navzdory stálému nárůstu počtu oznámených subjektů jmenovaných v souladu s nařízením MDR **není** jejich celková kapacita stále dostatečná k tomu, aby se přede dnem 26. května 2024 zajistilo posuzování shody velkého počtu prostředků, na něž se vztahují certifikáty vydané v souladu s předešlou směrnicí na zdravotnické prostředky. Stále je velký počet výrobců, zejména malých a středních podniků, kteří **nejsou** dostatečně připraveni prokázat soulad s požadavky nařízení MDR, zejména pokud je zohledněna složitost těchto nových požadavků. Je proto velmi pravděpodobné, že řada zdravotnických prostředků, které mohou být v souladu s právními předpisy uvedeny na trh podle přechodných ustanovení nařízení MDR, nebude před koncem přechodného období certifikována v souladu s uvedeným nařízením, což povede k riziku **nedostatku zdravotnických prostředků** v Unii. Cílem prodloužení je zajistit vysokou úroveň ochrany veřejného zdraví, včetně bezpečnosti pacientů, a zabránit nedostatku zdravotnických prostředků potřebných pro hladké fungování služeb zdravotní péče, aniž by se snížily stávající požadavky na kvalitu nebo bezpečnost.

Český metrologický institut (ČMI) nově prošel tzv. Follow Up auditem ze strany Evropské komise.

úterý 17:00**PREZENTACE SPOLEČNOSTI PRAGOLAB**

Step into the **Microhub** era.
Mica. The world's first Microhub.

Mica unites widefield and confocal imaging in a sample-protecting, incubating environment.



reddot winner 2023



Mica. This changes everything.

- Access for all
- No constraints
- Radically simplified workflows





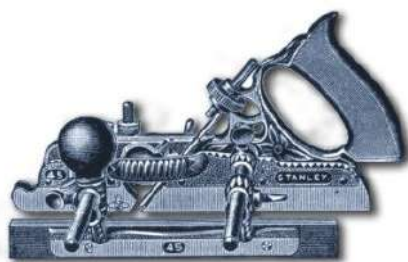
úterý 19:30

Hynek Adámek
Dobrodružství české vědy na ostrově Jamese Rosse

Česká pobočka The National Geographic

hynek.adamek@post.cz

V přednášce Hynka Adámka zazní příběh českých vědců, kteří dokázali zhmotnit neskutečný sen – vlastní stanici Johanna Gregora Mendla. Osudy lidí, kteří se podíleli na jejím vzniku. Od prvních myšlenek na vybudování stanice, umístění až po její výrobu a stavbu na ostrově Jamese Rosse. Nahlédneme přes rameno stavbařům, poznáme flóru a faunu ostrova a zjistíme, že vědecká práce v Antarktidě se rozhodně nerovná pojmu dovolená. Přesto ale výpravy geologů, měření klimatologů a práce biologů tady nepostrádají každodenní dobrodružství. Hynek Adámek byl členem týmu, který na přelomu let 2004/2005 stanici budoval.





20.9.2023

STŘEDA



**Radek Sedláček¹, Petr Broulík², Pavel Růžička¹, Jana Vondrová¹,
Iva Kurcová² a Tomáš Zima²**

Ovlivňuje nadměrná konzumace alkoholu nebo nikotinu pevnost kostí?

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Praha

² Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Praha

Radek.Sedlacek@fs.cvut.cz

Dlouhodobá konzumace alkoholu způsobuje sekundární osteoporózu. Užívání alkoholu je spojeno se zvýšeným rizikem zlomenin a výskytem komplikací při hojení zlomenin. Dochází ke změnám v kostní struktuře detekovaným histomorfometrií a také k poklesu obsahu kostních minerálů. Mladší alkoholici bez dalších nemocí mohou trpět zvýšeným rizikem rozvoje nízké kostní minerální hustoty. Ačkoliv vztah mezi požitím alkoholu a onemocněním kostí je evidentní, mechanismus, kterým alkohol indukuje osteoporózu však zůstává nejasný. Obdobně bylo zjištěno, že tabák, který obsahuje nikotin jako hlavní farmakologicky aktivní chemickou látku, byl identifikován jako rizikový faktor pro rozvoj osteoporózy a zvýšení rizika zlomeniny kostí. Proto byla ve spolupráci s prof. Broulíkem a jeho týmem z 1. Lékařské fakulty Univerzity Karlovy provedena experimentální studie s animálním modelem potkana zaměřená na hodnocení vlivu konzumace alkoholu a nikotinu na mechanické vlastnosti kostí se zaměřením na jejich pevnost.

Při tradičním zkoušení pevnosti kosti v ohybu byla v minulosti v mnoha lékařských studiích zjišťována pouze kritická síla působící na kost umístěnou na dvou podporách s konstantní vzdáleností. Tato metodika nepostihovala vlastnosti kosti jako materiálu a neumožňovala srovnávání zjištěných hodnot napříč studiemi. Proto jsme v laboratoři mechanických zkoušek na fakultě strojní, ČVUT v Praze vyvinuli novou metodiku pro hodnocení pevnosti kostí při tříbodovém ohybu se zohledněním jejich průřezových charakteristik (viz Obr. 1).



Obr. 1 Potkaní femur umístěný před zatížením v přípravku pro tříbodový ohyb na testovacím systému MTS Mini Bionix (vlevo), naskenovaný řez femuru (uprostřed) a řez po provedení obrazové analýzy (vpravo), kdy je následně zjištěn modul průřezu v ohybu kosti a s jeho využitím pak pevnost kosti.

Z výsledků provedených analýz vyplývá, že vlivem tříměsíční nadměrné konzumace alkoholu došlo ke statisticky významnému snížení ohybové pevnosti potkaních femurů o 11 % ve srovnání s kontrolní skupinou ($158 \pm 5,6$ MPa vs. $178 \pm 3,2$ MPa; $n = 8$, $p < 0,01$) a bylo doprovázeno snížením minerální kostí density o 10 %. Současně bylo zjištěno snížení obsahu vápníku a fosfátů a také to, že alkohol způsobil úbytek kortikální kostní hmoty. Histomorfometrické studie ukázaly, že došlo k významnému snížení kortikální tloušťky stehenní kosti. Test jaterních funkcí (GGT, ALP,



AST) se u potkanů krmených alkoholem a kontrolních potkanů nelišil. Úbytek kostní hmoty způsobený alkoholem je spojen se zvýšenou kostní resorpcí a sníženou tvorbou kostní hmoty. Výsledky provedených experimentů lze interpretovat jako podporu hypotézy alkoholu jako rizikového faktoru pro osteoporózu.

Výsledky provedených analýz dále ukázaly, že kosti potkanů byly po dlouhodobé čtyřměsíční konzumaci nikotinu charakterizovány snížením kostní density a také obsahem vápníku a fosfátů. Nikotin významně změnil mechanické vlastnosti kosti a tloušťku kortikální kosti femuru potkanů ve srovnání s intaktními zvířaty. Ohybová pevnost poklesla o 13 % ($185,2 \pm 4,2$ MPa vs. $212,3 \pm 7,7$ MPa, $n = 8$). Ztráta kostní hmoty vyvolaná nikotinem byla také prokázána (zvýšeným TrACP a B-ALP). Námi zjištěné a dokumentované změny mechanických vlastností tedy potvrdily nepříznivý účinek vysokých dávek nikotinu na ohybovou pevnost kostí a podpořily hypotézu nikotinu jako rizikového faktoru pro osteoporózu.

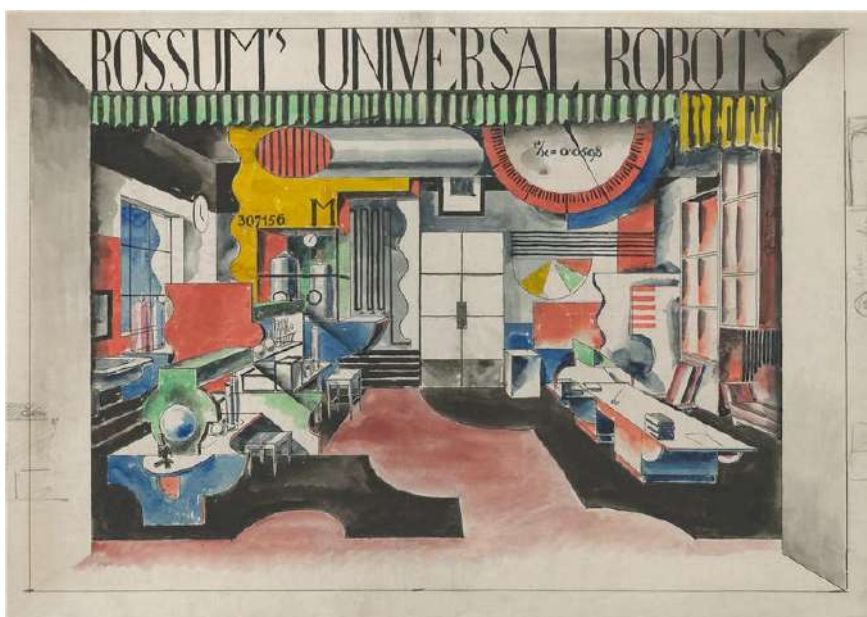
středa 9:20

Rastislav Ballay a Petr Fulín Budou nás operovat roboti?

I.Ortopedická klinika 1. Lékařské fakulty UK, FN Motol, Praha

ballayrastislav@gmail.com

V roce 1920 Karel Čapek napsal vědeckofantastickou hru "R.U.R." (Rossum's Universal Robots), ve které poprvé použil termín "robot" k označení umělých bytostí pracujících pro lidi. I když toto utopické drama varuje před případnými negativními vlivy techniky na lidstvo, pokusíme se zaměřit světlé stránky robotické chirurgie.



Obr. 1 Pokusná laboratoř „Vlevo okno, vpravo dveře do pitevny. Při stěně vlevo dlouhý pracovní stůl se zkumavkami, chemikáliemi a termostatem. Nad stolem svítící žárovky. Napravo psací stůl s knihami. Skříně s nástroji. V levém koutě umyvadlo a nad ním zrcadélko, v pravém koutě pohovka“

Tato přednáška se zaměřuje na vývoj robotických chirurgických systémů v průběhu let. Představuje klíčové mezníky a události, které vedly k vzniku a rozvoji robotické chirurgie, včetně uvedení na trh prvního komerčně úspěšného systému da Vinci Surgical System. Zahrnuje také



různé oblasti využití robotické chirurgie a přínosy, které nabízí. Diskutuje o trendech a možnostech budoucnosti robotické chirurgie, včetně pokročilých technologií, jako je umělá inteligence, telesurgery, mikro-robotika a další. V neposlední řadě se dotýká také etických a právních aspektů, které souvisejí s rozvojem robotické chirurgie. Cílem přednášky je poskytnout posluchačům ucelený přehled o vývoji robotických chirurgických systémů a vyvolat diskusi o perspektivách a výzvách této rychle se rozvíjející oblasti medicíny.

středa 9:40

Kateřina Strnadová¹, Kristýna Havlíčková¹, Divyabharathi Madheswaran¹, Šárka Hauzerová¹, Maxim Lisnenko¹, Manikandan Sivan¹, Jan Valtera², Věra Jenčová¹, Eva Kuželová Košťáková¹, David Lukáš¹ a Věra Hedvičáková^{1,3}

Charakterizace kompozitních nanovláknenných nití a jejich antimikrobiální funkcionalizace

¹ Katedra chemie – Oddělení bioinženýrství, Fakulta přírodovědně humanitní a pedagogická, Technická univerzita v Liberci, Liberec

² Katedra textilních a jednoúčelových strojů, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci, Liberec

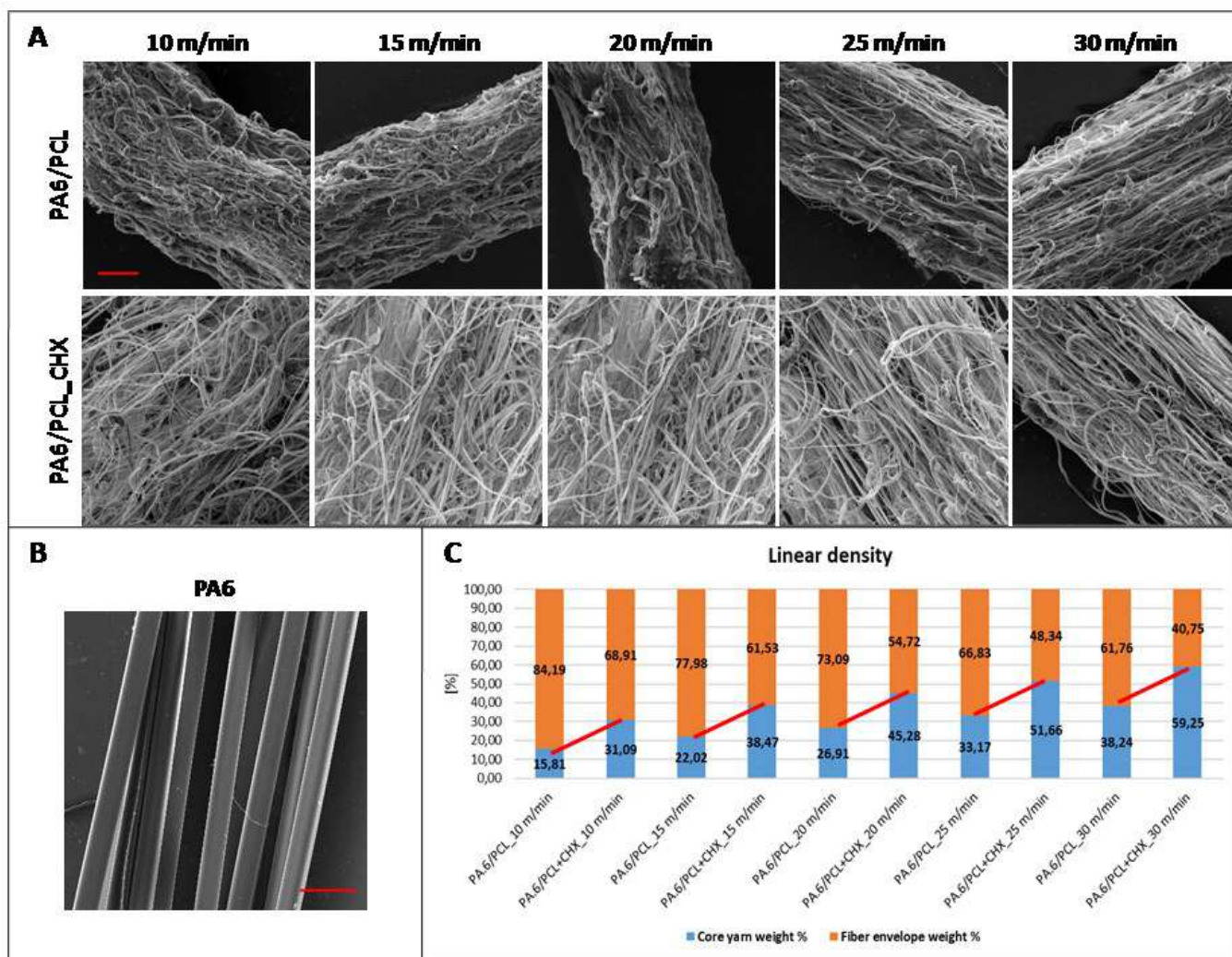
³ Oddělení tkáňového inženýrství, Ústav experimentální medicíny, Akademie věd ČR, Praha

katerina.strnadova2@tul.cz

V rámci této studie byly připraveny různé šicí kompozitní materiály, které se lišily složením jak jádra, tak horní vrstvy vláken. Jako jádro byly použité polydioxanon (Polydiox) a polyamid (PA6). Jako obal byl použit polykaprolakton (PCL) nebo polyvinylalkohol (PVA), které byly na jádro zvlákněny metodou AC elektrostatického zvláknování. Šicí materiály s PCL obalem byly připraveny ještě s inkorporovanou antibakteriální látkou chlorhexidinem (CHX). PVA kompozitní nanovláknenné nitě byly z důvodu rozpustnosti stabilizovány při vysoké teplotě. Tato stabilizace byla možná pouze pro kompozitní šicí materiál PA6/PVA, jelikož Polydiox není teplotně stabilním materiálem. Tyto materiály byly následně hodnoceny z hlediska morfologie a stability. Lineární hustota kompozitního šicího materiálu PA6/PVA byla pro frakci nanovláknenného obalu 53 %. Z PA6/PVA materiálu byla po teplotní stabilizaci provedena SEM analýza pro určení tloušťky nanovláken a zároveň byly pořízeny snímky řezem šicích materiálů. Průměr vláken byl naměřen jako $0,372 \mu\text{m} \pm 120 \mu\text{m}$. Teplotní stabilizace vedla po dobu 35-denního experimentu k rozpuštění 10% PVA nanovláknenného obalu (rozpuštění ve fosfátovém pufru (PBS) při 37 °C) v porovnání s nestabilizovaným PVA obalem, kde došlo k rozpadu 60 % PVA nanovláknenného obalu. PCL kompozitní nanovláknenné nitě byly připraveny při různých soukacích rychlostech při AC elektrospinningu (10, 15, 20, 25 a 30 m/min) bez a s CHX. Takto připravené materiály byly hodnoceny co do morfologie (průměry vláken, lineární hustota nanovláknenné frakce) (Obr. 1), analýzy smáčivosti, uvolňování CHX. Materiály byly také zkoumány z hlediska adsorpce proteinů, enzymatické degradace a biokompatibility. Lineární hustota nanovláknenné frakce je nepřímo úměrná soukací rychlosti, což ovlivňuje i množství inkorporovaného CHX. Procentuální frakce nepřímo odráží tloušťku nanovláknenného obalu kompozitního šicího materiálu. V případě materiálů obohacených CHX je patrné, že přídavek CHX vedl dále ke snížení této frakce při stejné soukací rychlosti oproti materiálu bez funkcionalizace CHX. Materiály obohacené o CHX byly podrobeny krátkodobé uvolňovací analýze CHX v prostředí PBS pufru při 37 °C. Uvolňování bylo měřeno spektrofotometricky. Z výsledků je patrná rozdílná koncentrace uvolňovaného CHX



v závislosti na zvolené soukací rychlosti v průběhu přípravy kompozitních nanovláknenných šicích materiálu pomocí AC elektrospinningu. Cytotoxicita materiálů byla stanovována pomocí výluhů materiálů v kompletním médiu po dobu 48 hodin při 37 °C v 5% CO₂ inkubátoru a následném přidání výluhů k myším fibroblastům NIH-3T3, které byly 24 hodin adherovány na kultivační plastik. Hodnocení bylo provedeno na základě měření metabolické aktivity pomocí MTS testu a světelné mikroskopie po 24 a 48 hodinách. Cytotoxicita materiálů bez přídavku CHX se nepotvrdila. Materiály funkcionalizované pomocí CHX byly při vyšší koncentraci CHX toxické, testování se však dělo ve statických podmínkách, a lze tedy předpokládat, že v *in vivo* prostředí bude dynamika uvolňování odlišná stejně tak jako výsledky cytotoxicity. Materiály bez funkcionalizace CHX byly testovány v *in vitro* podmínkách z hlediska biokompatibility po dobu 7denního experimentu. Sledována byla buněčná adheze a morfologie pomocí konfokálního mikroskopu a SEM, dále byla hodnocena metabolická aktivita buněk pomocí MTS testu a proliferaci pomocí DNA kvantifikace PicoGreen testem. Všechny typy materiálu byly kompatibilní, podporovaly proliferaci buněk, které konfluentně pokryly povrch materiálů již 3. den experimentu.



Obr. 1 Snímky vzorků pod skenovacím elektronovým mikroskopem a vyhodnocení analýzy lineární denzity vláken. (A) Snímky připravených materiálů pomocí AC elektrospinningu při různých soukacích rychlostech. (B) Snímek PA6 jádra kompozitních nití. (C) Vyhodnocení procentuální lineární denzity vláknenné frakce. Měřítka: 50 µm.

Tato práce byla provedena díky finanční podpoře grantového projektu SGS TU v Liberci v rámci projektu SGS-2021-4007.



**Marika Vopálková¹, Tomáš Suchý^{1,2}, Radek Sedláček¹,
David Lukáš³ a Jaroslav Mikule³**

Mechanické zkoušení chirurgických nano nití

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Praha

² Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., Oddělení kompozitních a uhlíkových materiálů, Praha

³ Katedra chemie – oddělení bioinženýrství, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Technická univerzita v Liberci

marika.vopalkova@fs.cvut.cz

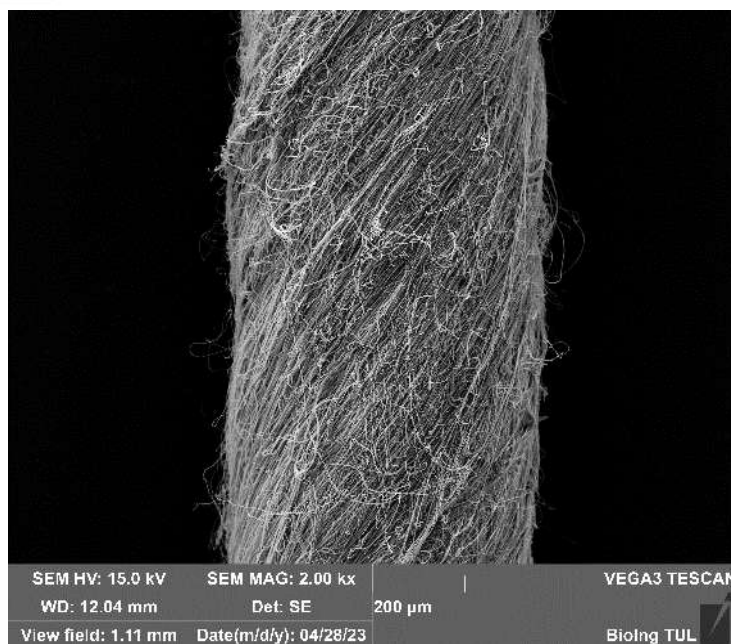
V rámci této práce budou hodnoceny některé mechanické vlastnosti chirurgických nano nití, relevantní pro jejich aplikaci jakožto šicího materiálu. U každého materiálu používaného ve zdravotnictví, i v případě chirurgických šicích materiálů hrají významnou roli jejich vlastnosti jako struktura, biokompatibilita nebo mechanické chování. Mechanické vlastnosti materiálu ve formě nanovlákené nitě mohou být stěžejní pro vhodnost užití jako chirurgického šicího materiálu. V tomto příspěvku jsou představeny vybrané metody mechanického zkoušení nití a první výsledky z předběžných zkoušek.

Úvod

U nití, přízí a tkanin je běžně zkoušena celá řada vlastností, které jsou pro budoucí použití materiálu relevantní. Nejedná se tak pouze o mechanické vlastnosti, ale jsou zkoušeny i kupříkladu elektromagnetické či termální vlastnosti struktury [1]. Z pohledu mechanických vlastností se materiály tohoto typu zkouší z hlediska jejich chování při zatěžování v tahu nebo ohybu, z pohledu únavových vlastností a odolnosti vůči tření. V některých případech jsou pak zkoušeny i další vlastnosti jako například odolnost proti řezu, odolnost proti rázu, bobtnání či biokompatibilita. Od nití však můžeme požadovat i další vlastnosti, například postupné uvolňování bioaktivních látek, resorbovatelnost nitě, či strukturální a chemické napodobení nativní tkáně. Právě strukturální napodobení extracelulární matrice mohou nabídnout nano vlákna s průměry srovnatelnými s průměry kolagenních vláken [2], [3], [4]. K těmto materiálům je nutné přistupovat z hlediska standardních mechanických zkoušek jinak než k tradičním materiálům využívaným ve strojírenství. U nití a textilií bývá poměrně komplikované určení průřezových charakteristik zkoušených vzorků, ke kterému se běžně při zkoušení jiných materiálů vztahují mechanické vlastnosti. Proto se v případě textilií, přízí a nití využívá spíše vztažení vlastností k délkové hmotnosti vzorku. I charakter některých konkrétních zkoušek se v případě zkoušení nití liší oproti zkoušení jiných materiálů, například ohybová zkouška [1].

Materiál

Zkoušeným materiálem je nanovlákená nit (60tex, průměr 0,5 mm, zákrut typu Z, 200 zákrutů na metr, průměr vláken 400-800 nm) vyrobená pomocí elektrického zvláknování střídavým proudem (AC electrospinning) z roztoku 12hm% polyvinylbutyralu (Mowital B60H, Kuraray) v ethanolu (Penta). Jako zvláknující elektroda byl použit rotující disk (průměr 20 cm, vzdálenost od kolektoru 220 mm) v rezervoáru s polymerním roztokem. Špičkové elektrické napětí bylo 50 kV a forma vstupu byl sinus, výroba vláken probíhala při teplotě 21 °C a vzdušné vlhkosti 30%RH. Snímek vyrobené nitě je zobrazen na Obr. 1.

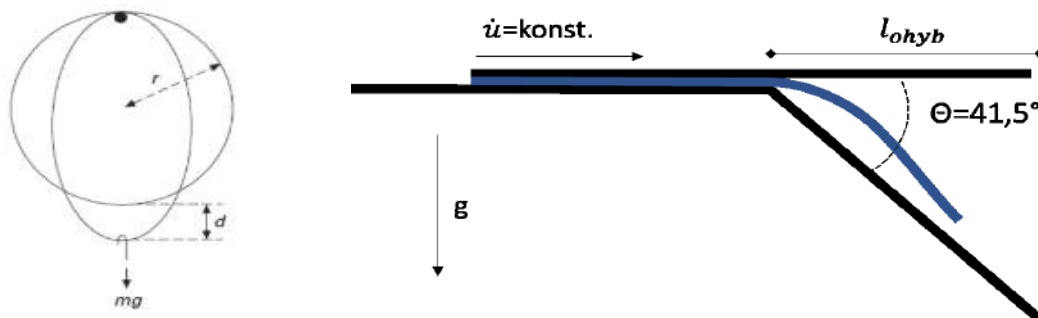
**Obr. 1** SEM snímek nano nitě

Mechanické zkoušky

Existuje celá řada více či méně využívaných zkoušek určených pro textilie a příze. V rámci této práce jsme se zabývali hodnocením primárně mechanických vlastností, a to prostřednictvím tahové, ohybové, únavové zkoušky a zkoušení třecích vlastností, které by měly pomoci vyhodnotit hlavní vlastnosti chirurgických nití. Jedná se o maximální napětí v tahu, zjednodušeně řečeno, jakou sílu může nit přenášet, cyklickou únavu, jenž reprezentuje, zda je nit schopná po delší dobu přenášet opakované silové působení v těle. Na závěr třecí a ohybové vlastnosti, které mohou napovídat, jak dobře se s nití bude manipulovat, a to jak z hlediska protahování nitě tkání, tak i z hlediska vázání a manipulace s uzly [5], [6]. Tyto mechanické vlastnosti ovlivňuje řada faktorů. Mezi ně patří počet zákrutů nitě, na jehož vliv na vybrané mechanické vlastnosti se v rámci mechanického zkoušení také zaměřujeme [7].

Tahová zkouška je normalizována normou ČSN EN ISO 2062 – Textilie – Nitě na návinech – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu pomocí přístroje s konstantní rychlostí prodloužení [8]. Délka zkoušeného vzorku by tak měla být 500 mm případně 250 mm. Rychlost deformace by se měla pohybovat zhruba 100% za minutu, nicméně v řadě vědeckých studií jsou tyto parametry modifikovány. Z hlediska tahových charakteristik se u nití nejčastěji vyhodnocuje pevnost v tahu a prodloužení při přetržení. V některých případech se vyhodnocují i další charakteristiky jako například moduly (tuhost vzorku) [7]. Na základě tahové zkoušky bychom tedy měli být schopni určit, jaké maximální napětí je nit schopna přenést, aniž by došlo k jejímu selhání.

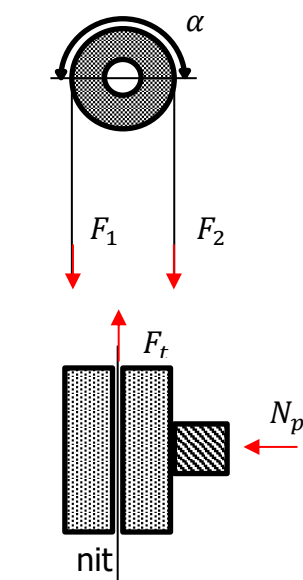
Z hlediska ohybových charakteristik (ohybová tuhost) je používána zkouška spočívající ve sledování deformace smyčky. Používají se v zásadě tři druhy smyček, srdcová, hruškovitá a kruhová smyčka. Nitě pak mohou být deformovány pouze svou hmotností, nebo pod vahou závaží [9]. Ukázka kruhové smyčky a její deformace je zobrazena na Obr. 2. Další zkouškou, kterou lze použít pro vyhodnocování ohybové tuhosti je takzvaná konzolová zkouška, která je však vhodnější pro měření tkanin. Konzolová zkouška spočívá ve vysouvání měřeného vzorku přes hranu, dokud se konec vzorku nedotkne sklopené desky. Z volné délky vzorku a úhlu sklopení desky lze potom vyhodnotit ohybovou tuhost [9]. Schéma konzolové zkoušky je zobrazeno na Obr. 2.



Obr. 2 Vlevo schéma kruhové smyčky pro vyhodnocení ohybových charakteristik nitě (zdroj: upraveno [6]), vpravo schéma konzolové zkoušky (zdroj: upraveno [13])

Třecí charakteristiky nití a textilií lze měřit hned několika způsoby. K vyhodnocení koeficientu tření lze využít U metr. Metoda spočívá v tom, že měřený vzorek je tažen přes válec a koeficient tření lze vyhodnotit ze sil aplikovaných na konce vzorku a z kontaktního úhlu. Schéma měření je znázorněno na Obr. 3 nahoře. Jak již bylo zmíněno, je však možné využít i jiných technik měření, například Cornelissen a kol. [10] využili ve své práci dvou desek, které k sobě byly přitlačovány, zatímco vzorek byl protahován mezi nimi. Koeficient tření pak lze vypočítat z přitlačné a tažné síly. Schéma tohoto měření je taktéž znázorněno na Obr. 3 dole. Ohybové a třecí charakteristiky zjištěné z výše popsaných zkoušek, by měly srovnáním s běžně používanými šicími materiály napovědět, jak dobře se s nití bude pracovat z hlediska vázání a manipulace s uzly. Zároveň, jak bude nit reagovat při protahování tkáně, ať už z hlediska síly nutné k jejímu protažení, tak i z hlediska reakce s tkáně (případné poškození tkáně).

Poslední z vybraných zkoušek je únavová zkouška. Princip únavových zkoušek obecně spočívá v tom, že je vzorek opakovaně zatěžován. V případě zkoušení nití existuje několik typů únavových zkoušek. V tomto případě jsou v rámci některých typů únavových zkoušek zkoušeny odlišné vlastnosti vzorku. Například Savage a kol. [11] zkoušeli kombinovaně ohybovou a abrazní únavu, zatímco Moser a kol. [12] zkoušeli klasickou tahovou únavu. V rámci této práce bude zkoušena spíše klasická tahová únava. Zkouší se do poškození, či do určitého počtu cyklů. Na základě těchto dat, pak lze predikovat, jak dlouho, respektive kolik cyklů zatížení by měl materiál vydržet. Vztáhneme-li to přímo k chirurgickým nitím, v rámci zkoušení únavy bychom měli být schopni určit, jak dlouho by měla být nit schopná v těle plnit svou funkci.



Obr. 3 – Nahoře schéma měření koeficientu tření pomocí U metru a dole schéma měření pomocí dvou desek

Závěr

Zkoušení mechanických vlastností nití se v některých aspektech odlišuje od zkoušení mechanických vlastností běžných materiálů používaných ve strojírenství. Nicméně chování těchto materiálů z hlediska mechanických vlastností je u chirurgických nití stejně významné, jako u kteréhokoliv jiného materiálu, od něhož požadujeme určité chování z pohledu mechaniky.

Tento projekt byl podpořen z Fondu budoucnosti ČVUT č. 122-5201X000.

Zdroje

- [1] EHRMANN, Andrea a Tomasz BLACHOWICZ. *Examination of textiles with mathematical and physical methods* [online]. 1. Cham: Springer, 2017 [cit. 2023-04-29]. ISBN 978-3-319-47408-3. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47408-3>



- [2] WU, Shaohua, Rong ZHOU, Fang ZHOU, Philipp N. STREUBEL, Shaojuan CHEN a Bin DUAN. Electrospun thymosin Beta-4 loaded PLGA/PLA nanofiber/ microfiber hybrid yarns for tendon tissue engineering application. *Materials Science and Engineering: C* [online]. 2020, **106** [cit. 2023-04-15]. ISSN 09284931. Dostupné z: doi:10.1016/j.msec.2019.110268
- [3] MOUTHUY, Pierre-Alexis, Nasim ZARGAR, Osnat HAKIMI, Emilie LOSTIS a Andrew CARR. Fabrication of continuous electrospun filaments with potential for use as medical fibres. *Biofabrication* [online]. 2015, **7**(2), 025006 [cit. 2023-04-06]. ISSN 1758-5090. Dostupné z: doi:10.1088/1758-5090/7/2/025006
- [4] SNYDER, Clifford C. On the history of the suture. *Plastic and Reconstructive Surgery* [online]. 1976, **58**(4), 401 [cit. 2023-04-13]. ISSN 0032-1052. Dostupné z: https://journals.lww.com/plasreconsurg/Fulltext/1976/10000/ON_THE_HISTORY_OF_THE_SUTURE.1.aspx
- [5] CHU, C.C. Types and properties of surgical sutures. *Biotechtextiles as Medical Implants* [online]. Elsevier, 2013, 231-273 [cit. 2023-04-27]. ISBN 9781845694395. Dostupné z: doi:10.1533/9780857095602.2.232
- [6] DATTA ROY, Manas, Subrata GHOSH, Ayushi YADAV a Somsubhra DATTA ROY. Effect of Coefficient of Friction and Bending Rigidity on Handling Behaviour of Surgical Suture. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series E* [online]. 2019, **100**(2), 131-137 [cit. 2023-05-01]. ISSN 2250-2483. Dostupné z: doi:10.1007/s40034-019-00146-0
- [7] CHUDoba, Rostislav, Miroslav VOŘECHOVSKÝ, Vera ECKERS a Thomas GRIES. Effect of Twist, Fineness, Loading Rate and Length on Tensile Behavior of Multifilament Yarns (A Multivariate Study). *Textile Research Journal* [online]. 2007, **77**(11), 880-891 [cit. 2023-04-02]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517507081280
- [8] ČSN EN ISO 2062. *Textilie - Nitě na návěsech: Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu pomocí přístroje s konstantní rychlostí prodloužení (CRE)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [9] PEIRCE, F. T. 26—THE "HANDLE" OF CLOTH AS A MEASURABLE QUANTITY. *Journal of the Textile Institute Transactions* [online]. 1930, **21**(9), 377-416 [cit. 2023-04-30]. ISSN 1944-7027. Dostupné z: doi:10.1080/19447023008661529
- [10] CORNELISSEN, B., U. SACHS, B. RIETMAN a R. AKKERMAN. Dry friction characterisation of carbon fibre tow and satin weave fabric for composite applications. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* [online]. 2014, **56**, 127-135 [cit. 2023-04-30]. ISSN 1359835X. Dostupné z: doi:10.1016/j.compositesa.2013.10.006
- [11] SAVAGE, Earle, Christopher J. HURREN, Simon SLADER, Lukman A. K. KHAN, Alessandra SUTTI a Richard S. PAGE. Bending and abrasion fatigue of common suture materials used in arthroscopic and open orthopedic surgery. *Journal of Orthopaedic Research* [online]. 2013, **31**(1), 132-138 [cit. 2023-04-06]. ISSN 07360266. Dostupné z: doi:10.1002/jor.22185
- [12] MOSER, J.B., E.P. LAUTENSCHLAGER a B.J. HORBAL. Mechanical Properties of Polyglycolic Acid Sutures in Oral Surgery. *Journal of Dental Research* [online]. 1974, **53**(4), 804-808 [cit. 2023-05-14]. ISSN 0022-0345. Dostupné z: doi:10.1177/00220345740530040601
- [13] POPPE, Christian, Tobias ROSENKRANZ, Dominik DÖRR a Luise KÄRGER. Comparative experimental and numerical analysis of bending behaviour of dry and low *viscous infiltrated woven* fabrics. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* [online]. 2019, 124 [cit. 2023-03-30]. ISSN 1359835X. Dostupné z: doi:10.1016/j.compositesa.2019.05.034

středa 10:50

Martin Bartoš, Jitka Luňáčková, Ján Staňo **Využití 3D tisku při autotransplantaci zubu**

Stomatologická klinika 1. LF UK a VFN, Praha 2

martin.bartos@lf1.cuni.cz

Digitalizace patří mezi významné trendy současné stomatologie. 3D data (CBCT či intraorální skenování) lze širokým způsobem zpracovávat a využít k plánování léčby, komunikaci s pacientem i zubní laboratoří, ke zvýšení prediktability ošetření (např. chirurgické šablony pro navigovanou implantaci) či přímo pro zhotovení protetické práce (frézované či tištěné).

Autotransplantace zubu patří mezi metody ošetření, kterým se dostává v posledních letech stále více pozornosti. Umožňuje přenést zub pacienta na místo, kde došlo ke ztrátě či nevyvinutí zubu.



Cílem je přemístit zub do strategičtější pozice: např. dosud neprořezaný horní premolár do místa středního řezáku, který byl poškozen úrazem. Mezera v odběrovém místě se vyřeší pomocí ortodontické léčby tak, aby nevznikla mezera. Jedná se o perspektivní metodu zejména u dětských pacientů, protože ošetření pomocí dentálního implantátu či fixního můstku není možné z důvodu růstu čelistí. Přenesený zub se po připojení tvarově upraví pomocí dostavby či ošetření korunkou. Právě digitalizace nám v případě autotransplantace může významně pomoci. Na základě CBCT dat lze získat velice přesnou představu o velikosti stádia vývoje donorového zubu a též vyhodnotit anatomickou situaci v příjmovém místě. Z CT dat lze segmentovat data zubu, který se poté vytiskne z biokompatibilního materiálu a umožňuje kontrolu preparace kostní štoly pro přenášený zub (tj. jestli je dostatečně prostorná či zda je potřeba preparaci doplnit). V některých případech lze využít postup navigované implantologie, kdy lze zhotovit pro základní preparaci kostní štoly chirurgickou šablonu, která se dosadí na zubní oblouk a přes kterou se připravuje v plánované pozici.

Příspěvek má stručně shrnout a ilustrovat uvedenou problematiku.



Ilustrace 3D tištěného modelu (vlevo) a extrahovaného zubu.

Práce byla podpořena projektem Cooperatio 207030 Dental Medicine/LF1.

středa 11:10 (S)

Ján Staňo a Martin Bartoš

Materiály pro 3D tištěné fixní provizoria v stomatologické protetice – mechanické vlastnosti

Stomatologická klinika 1. LF UK a VFN, Kateřinská 32, Praha

jan.stano@vfn.cz

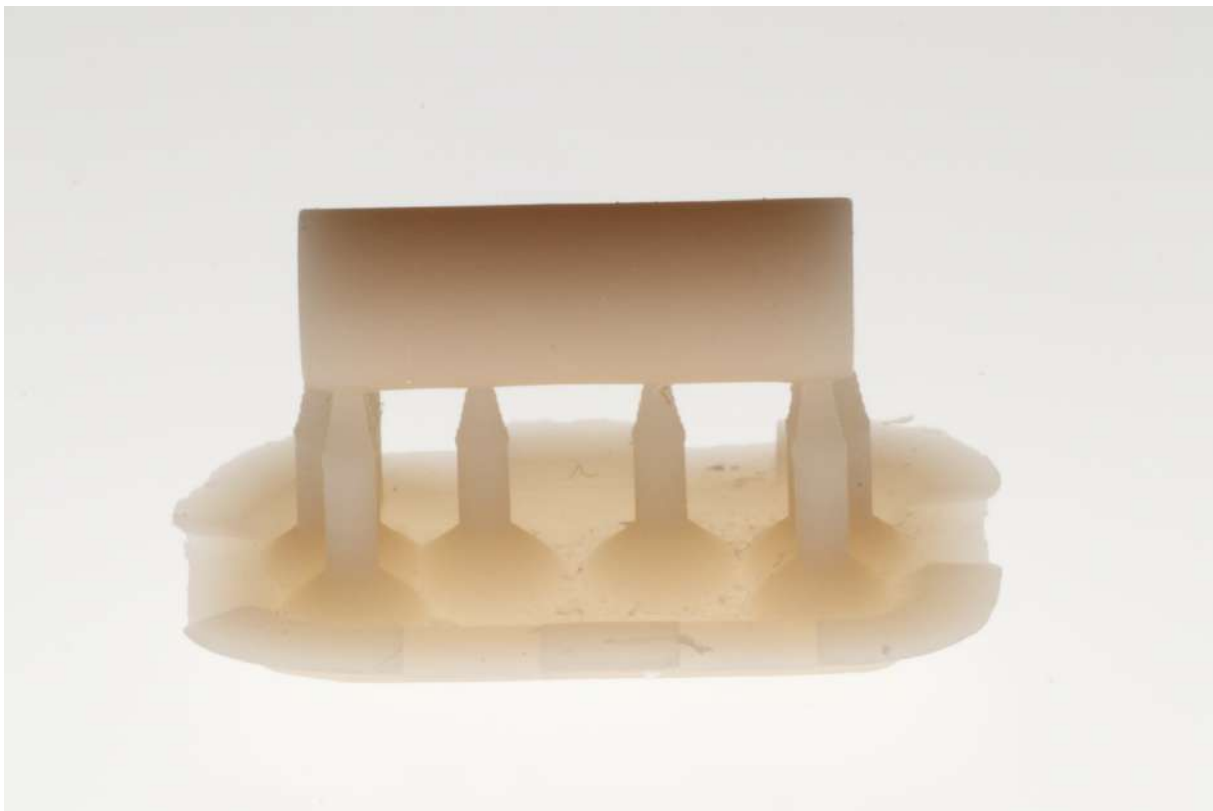
3D tisk je technologie dnes už rutinně používaná v zubních laboratořích i ordinacích zubních lékařů. Od výroby pomocných výrobků a pomůcek (modely, chirurgické šablony) se 3D tisk dál vyvíjí směrem k výrobkům dočasně nebo trvale fixovaným v dutině ústní. Na našem pracovišti jsme se nyní v rámci výzkumu zaměřili mj. na materiály pro 3D tisk provizorních fixních protetických prací.

Tato oblast aplikace zažívá v poslední době výrazný rozvoj, na což pochopitelně reagují i výrobci dentálních materiálů, a to zaváděním nových materiálů na trh. V klinické praxi je pro uživatele



velice náročné až nemožné výhody a nevýhody jednotlivých materiálů identifikovat, a tedy zajistit jejich správné použití a optimální indikaci. Přetrvává též nedostatek výzkumných prací a studií uvedené problematiky, což často uživatele odkazuje pouze na informace uváděné výrobcem.

V naší výzkumné práci jsme se zaměřili na srovnání vybraných na trhu dostupných materiálů pro fixní provizorní protetické práce (např. korunka). V současně probíhající první fázi projektu dochází k srovnání standardizovaných testovacích tělísek, a to jejich mechanických vlastností (pevnost v tlaku a pevnost v ohybu) a vnitřní struktury (defekty, porozita) pomocí mikro-CT. Připravujeme jak srovnání jednotlivých materiálů určených pro 3D tisk od různých výrobců, tak jejich komparaci s materiály určenými pro stejnou skupinu výrobků zpracovanou však jinými procesy výroby (CNC frézování, konvenční zhotovení laborantem, zhotovení intra orálně).



Obr. 1. 3D vytištěný objekt pro mechanickou zkoušku pevnosti v tlaku. Testovací objekt po vyjmutí z 3D tiskárny a očištění lázni v izopropylalkoholu.

Práce byla podpořena projektem Cooperatio 207030 Dental Medicine/LF1.

středa 11:30

Luboš Řehounek a Aleš Jíra
Numerické posouzení gyroidního dentálního implantátu

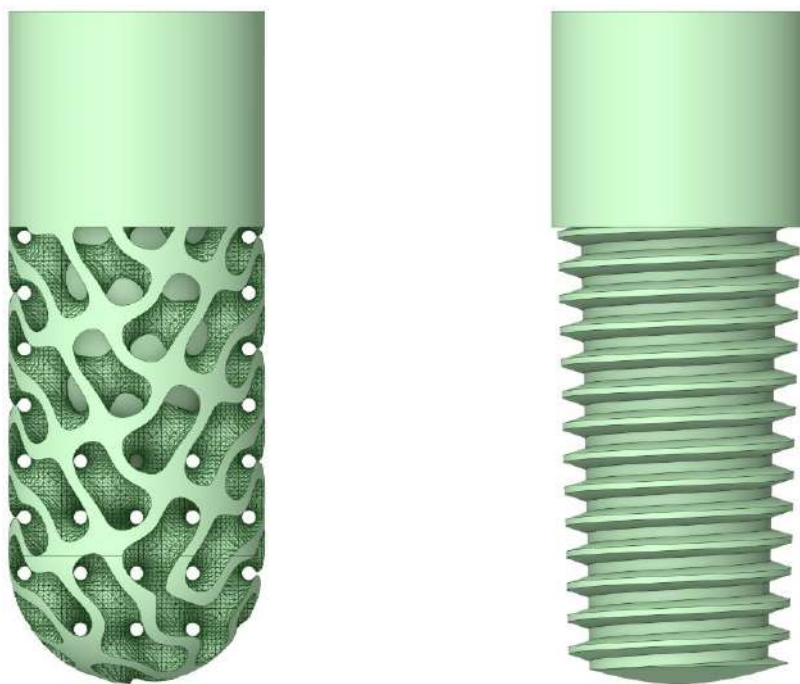
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Praha

lubos.rehounek@fsv.cvut.cz

Navzdory tomu, že se konvenční, homogenní implantáty těší vysoké míře úspěšnosti operací, tak retrospektivní studie stále poukazují na to, že nejvíce dentálních implantátů selže v ranných



stádiích po implantaci. V případě aseptického uvolnění se tomu dá zabránit aplikací porézního povrchu anebo změnou materiálu implantátu. Obě změny mají za důsledek snížení celkové tuhosti implantátu, přiblížení se materiálovým vlastnostem lidské kosti a zmenšení důsledků stress shielding efektu. Námi nabízená alternativa je aplikace porézní, gyroidní vrstvy na homogenní dřík implantátu. Tento implantát je dále podroben numerické analýze metodou QCT/FEA (Quantitative Computer Tomography-based Finite Element Analysis) na anonymizovaném CT skenu humánní mandibuly. Výsledky simulací ukazují, že gyroidní implantát skutečně vylepšuje distribuci napětí v oblasti okolo implantátu (snižuje napětové špičky o desítky procent), ale dávají také mnoho nových otázek k zodpovězení. Mezi ty hlavní patří zejména verifikace numerického modelování takto komplexní struktury z hlediska kontaktu mezi kostí a implantátem, míra osteointegrace a její implementace do softwaru a volba okrajových podmínek modelu – zde se dá za nejvýznamnější uvést volba fixace celého modelu a to buď formou jednoduchého, krátkého bločku mandibuly anebo například analýzou celé čelisti. Mnozí zahraniční autoři volí jednodušší, dvoufázový (kortikální a spongiózní) model s malým výřezem čelisti, tato práce ale prezentuje kompletní model mandibuly individuálního pacienta.



Obr. 1 Ukázka analyzovaného možného geometrického řešení nového, gyroidního dentálního implantátu (vlevo) a jeho konvenční varianta pro porovnání (vpravo). Obrázky jsou vygenerované geometrické modely ve formátu STL.

středa 11:50

Filip Hanák, Dominik Ďurica a Vojtěch Havlas

Použití biodegradabilních materiálů z hořčíkové slitiny v ortopedii

Klinika dětské a dospělé ortopedie a traumatologie 2.LF UK a FN Motol, Praha

hanak.filip@gmail.com

Implantáty z hořčíku jsou relativně novou generací vstřebatelných implantátů, jeví se jako nadějná alternativa oproti současně používaným materiálům z biodegradabilního polymeru v oblasti ortopedie a traumatologie. Implantáty z hořčíkových slitin disponují výhodným biologickým chováním a optimálními mechanickými vlastnostmi. Tato práce shrnuje problematiku



klinického použití hořčíkových implantátů v ortopedii a traumatologii v historickém a současném kontextu. Zároveň prezentujeme dvouroční klinické a radiografické výsledky u skupiny 18 dětských pacientů po refixaci osteochondrálních fragmentů kolenního kloubu pomocí šroubů a pinů z hořčíkové slitiny MAGNEZIX (MgYREZr).

Práce je finančně podpořena Agenturou pro zdravotnický výzkum Ministerstva zdravotnictví, projekt číslo NU20-08-00150.

středa 14:10

Tomáš Novotný^{1,2,3}

Možnosti využití metody 3D tisku v ortopedii

¹ Ortopedická klinika Fakulty zdravotnických studií Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem a Krajské zdravotní a. s. – Masarykovy nemocnice v Ústí nad Labem, o. z.

² Ortopedická klinika, Lékařská fakulta v Hradci Králové, Univerzita Karlova v Praze

³ Fyziologický ústav, Akademie věd České republiky, Praha

tomas.novotny@kzcr.eu

Metody 3D tisku přinesly do ortopedie čtyři zcela inovativní směry, které začíná tento obor testovat, používat, následně evaluovat a také kriticky hodnotit. Těmito směry jsou a) Pro pacienta specifické instrumentace, b) Pro pacienta specifické implantáty, c) Úprava povrchových a strukturálních vlastností konvenčních implantátů, d) Biomedicínské modely.

Pro pacienta specifické instrumentace byly jednou z prvních použitých aplikací 3D tisku v ortopedii, při kterých byla podle zobrazovací metody 3D tiskem vyrobena forma pro výrobu implantátu. Dodnes takto přetrvává, například v podobě individuálně zhotovovaných šablon pro osteotomie. Výsledky této metody nejsou dle literatury pro schopného chirurga přínosem, a tak se dá postupně předpokládat její nahrazení například metodami počítačové navigace či virtuální reality, které dokážou lépe zhodnotit dynamické parametry lidského těla.

Pro pacienta specifické implantáty vstupují aktuálně do běžného použití u složitých ortopedických případů se ztrátou skeletu. Na základě plánování zobrazovacích metod jsou vyráběny na míru pacienta složité a často objemné implantáty s možností inovativních biologických a fyzikálních vlastností. Zásadním limitem zůstává cena a míra komplikací přiměřená rozsáhlým skeletárním operacím. Individuálně jsou vyráběny i drobné implantáty na míru pacientů, jako jsou dlahy či šrouby.

S vyšší dostupností metod 3D tisku dochází stále častěji k jejich použití při úpravě povrchů konvenčně vyráběných a dodávaných implantátů. Na našem pracovišti jsou tyto implantáty používány na denní bázi, dle prvních hodnocení s velmi dobrým výsledkem. Právě inovace místa kontaktu lidského těla s implantátem bude v následujících letech velmi důležitým krokem, pro dosažení rovnováhy, mezi osteokondukční a antibakteriální vlastností jejich povrchů.

Biologické modely jak anatomických, tak patologických situací pro výuku či předoperační plánování budou vzhledem k dostupnosti metody nabývat na významu. V naší nemocnici je pro tuto potřebu založena laboratoř společně sdílená Neurochirurgickou a Ortopedickou klinikou. Ta



má za cieľ, nastaviť a zjednodušiť tento postup do sobešťačnosti pre rutinné použitie. Otázkou pre budúcnosť bude všeobecná miera použitia a možná forma úhrady v rámci systému zdravotníctva.

streda 14:40

Martin Kožár a Barbora Šišková

Aplikačná forma biodegradovateľných materiálov a ich efektivita pri abscentujúcich štruktúrach

Klinika malých zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Košice

Martin.Kozar@uvlf.sk

Aktívne zahájenie hojenia chronických defektov kože je náročným procesom vzhľadom na komplexnosť krokov terapie, pozostávajúcu z cieleného očistenia rany, odstránenia nekrotických tkanív, lokálnej alebo systémovej kontroly infekcie, ochrany okolitých tkanivových štruktúr a podpory regenerácie abscentujúceho tkaniva. Rôznorodé nedostatky bežne používaných konvenčných metód terapie otvárajú nové možnosti v podobe využitia biomateriálov a ich potenciálu pri terapii chronických rán a abscentujúcich štruktúr [2]. V praxi sa stretávame s rôznymi kombináciami syntetických aj prírodných materiálov vo forme špongií, hydrogélů, fólií, hydrokoloidů a iných foriem [3].

Kolagén a želatína, ako prírodné biodegradovateľné materiály sú široko používané pri terapii rán a distribúcii liečiv, vďaka ich prírodnému charakteru, biologickej odbúrateľnosti, biokompatibilite a nízkej toxicite [4]. Jedným z najčastejšie používaných syntetických polymérov pre medicínske aplikácie je polylakrolaktón (PCL) ktorý vyniká vďaka jeho pomalej biodegradácii a biokompatibilným vlastnostiam [5,6]. Ako veľmi výhodná vystupuje kombinácia prírodných a syntetických materiálov a možnosti výroby kompozitů, ktoré majú vylepšené vlastnosti, pričom negujú nevýhody jednotlivých zložiek používaných osobitne [7].

Cieľom klinických prípadových štúdií je dôkaz efektivity terapie chronických rán a abscentujúcich tkanivových štruktúr po aplikácii prírodných a syntetických biodegradovateľných materiálov. Klinických pacientů predstavujú prípady referované na Kliniku malých zvierat s rozsiahlymi chronickými poraneniami a abscentujúcimi tkanivovými štruktúrami. Rozsah poškodenia a návrh terapie bol vždy zhodnotený po primárnom klinickom vyšetrení s posúdením celkového zdravotného stavu. Makroskopické ukazovatele s ohľadom na rozsah, lokalizáciu, hyperémiu, edém, sekréciu, tvorbu granulačného tkaniva, nekrotizáciu a kontrakciu okrajů rany predstavujú limitujúce faktory a zároveň ukazovatele stavu hojenia defektu tkaniva. Mikrobiálna kultivácia je súčasťou klinického vyšetrenia poranenia tkaniva s nastavením na cielenú systémovú antibiotickú terapiu.

Primárnym krokom v terapii bol proces čistenia ranového lôžka a povrchu tkaniva od kontaminantů a nekrotického tkaniva. Do súboru klinických prípadových štúdií boli zaradené prírodné bovínne kolagénové krytie – Suprasorb® C (Lohmann&Rauscher, DEU), kombinácia prírodného a syntetického materiálu - GELITA-SPON STANDARD GS-002 (GELITA MEDICAL, DEU) a PCL a syntetické povrchové krytie PCL. Biodegradovateľné materiály boli na mieste poškodenia kože fixované naložením vonkajšieho krytia.

Na základe sledovania pacientů, ktorým boli na rany aplikované rôzne formy biodegradovateľných materiálov – prírodné, syntetické alebo ich kombinácia sú hodnotené



niektoré parametre, avšak primárne sa jedná o rýchlosť uzavretia defektu oproti ostatným typom terapie. Nevýhodou v nemožnosti uniformného posúdenia rany je u klinických pacientov rôznorodosť etiológie, lokalizácie a rozsahu. U všetkých pacientov však šlo o poškodenie kože a okolitých štruktúr po zlyhaní predchádzajúcej konvenčnej terapie. Aplikácia biodegradovateľných materiálov preukázala efektivitu v procese hojenia rany – stimulovala proces hojenia rany, podporila prerastenie zdravého granulačného lôžka a kontrakciu okrajov rany, čo dokazuje pozitívny efekt na jednotlivé fázy hojenia s úspešným uzavretím defektu, navrátením funkčnosti poškodených tkanív a dosiahnutím uspokojivého kozmetického efektu. Dĺžka terapie pri jednotlivých pacientoch zodpovedala priamo úmerne lokalizácii, rozsahu poranenia, absencii štruktúr, prítomnosti prebiehajúcej infekcie a nekrotického tkaniva.

Pri hodnotení a primárnom zámere overenia účinnosti aplikácie biodegradovateľných materiálov pri absentujúcich štruktúrach bol pomerne častý výskyt chronických rán a ich zdĺhavé hojenie. Tieto rany sú veľkou terapeutickou výzvou pre rýchle uzavretie kožného defektu s navrátením funkčnosti poškodených tkanív. Chronické rany so stratou tkanivovej substancie sú vo viacerých prípadoch limitujúcim faktorom pre správny výber terapie. Aplikácia biodegradovateľných materiálov je veľmi vhodným riešením pri rozsiahlych chronických poraneniach oproti bežne používaným metódam terapie. Vďaka cielenej aplikácii biodegradovateľných materiálov je u väčšiny pacientov, kde zlyhali predchádzajúce tradičné postupy terapie pozorovaný rýchly nástup uzavretia poranenia s obnovou funkčnosti poškodených tkanív a kozmetický efekt v maximálnej možnej miere.

Pod'akovanie

Spracovanie príspevku bolo podporené projektom APVV-20-0278: Degradovateľné kovové biomateriály s riadeným uvoľňovaním liečiv a projektom KEGA 016UVLF-4/2022: Implementácia moderných audiovizuálnych metód do výučby predmetu klinická prax v študijnom odbore všeobecné veterinárske lekárstvo.

Literatúra

- [1] ZUBIN, Elena, et al. Regenerative therapy for the management of a large skin wound in a dog. *Clinical case reports*, 2015, 3.7: 598.
- [2] JONES, Ruth Ellen; FOSTER, Deshka S.; LONGAKER, Michael T. Management of chronic wounds—2018. *Jama*, 2018, 320.14: 1481-1482.
- [3] NEGUT, Irina; GRUMEZESCU, Valentina; GRUMEZESCU, Alexandru Mihai. Treatment strategies for infected wounds. *Molecules*, 2018, 23.9: 2392.
- [4] GEORGE, Archana; SHAH, Priyanka A.; SHRIVASTAV, Pranav S. Natural biodegradable polymers based nano-formulations for drug delivery: A review. *International journal of pharmaceutics*, 2019, 561: 244-264.
- [5] VAN DER SCHUEREN, Lien, et al. An alternative solvent system for the steady state electrospinning of polycaprolactone. *European Polymer Journal*, 2011, 47.6: 1256-1263.
- [6] NEPPALLI, Ramesh, et al. Poly (ϵ -caprolactone) filled with electrospun nylon fibres: A model for a facile composite fabrication. *European polymer journal*, 2010, 46.5: 968-976.
- [7] JAFARI, Arman, et al. Bioactive antibacterial bilayer kola/gelatin nanofibrous scaffold promotes full-thickness wound healing. *International journal of pharmaceutics*, 2020, 583: 119413.

**středa 15:10 (S)**

Lucie Košinová¹ a Petr Písařík^{1,2}
Modifikace povrchu implantátu pomocí laseru

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Kladno

² Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Praha

kosinluc@fbmi.cvut.cz

Bakteriální infekce spojené s kovovými implantáty jsou závažným problémem, který postihuje značné množství lidí se zubními nebo ortopedickými implantáty.

Modifikace povrchu za použití laseru je litografie, pomocí níž je možné na povrchu implantátu vytvářet různé struktury. Tyto struktury mohou ovlivňovat některé pro nás zajímavé povrchové vlastnosti implantátu jako je smáčivost, volná povrchová energie (docílení zvýšení nebo snížení adherence a profilace buněk) a antibakteriální vlastnosti (snížení vzniku infekce).

Femtosekundové laserem indukované strukturování povrchu je slibnou technikou pro velkoplošné vytváření nano a mikroměřitek, které mohou účinně modifikovat optické, elektrické, mechanické a tribologické vlastnosti materiálů. To vede ke zvýšení atraktivity laserem indukovaných periodických povrchových struktur.

Byly testovány varianty vícestupňového postupu modifikace povrchu materiálu Ti6AL4V s cílem určit nejlepší kombinaci, která poskytuje antibakteriální účinek a zároveň zvyšuje bioaktivitu bez snížení biokompatibility.

Poděkování: Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou agenturou Českého vysokého učení technického v Praze (grant č. SGS22/131/OHK4/2T/17).

středa 16:00

**Dominik Rejman¹, Duy Dinh Do Pham¹, Věra Jenčová²,
Miriam Kaňuchová³, Jan Bayram⁴, Ivana Grossová⁴, Hubert Šuca⁴,
Lukáš Urban^{3,5}, Kristýna Havlíčková², Vít Novotný⁶, Petr Mikeš²,
Viktor Mojr¹, Nikifor Asatiani², Eva Kuželová Košťáková²,
Martina Maixnerová⁷, Alena Vlková⁸, Dragana Vítovská⁹,
Hana Šanderová⁹, Alexandr Nemec^{7,10}, Libor Krásný⁹, Robert Zajíček⁴,
David Lukáš² a Peter Gál^{3,4,5}**

NANO-LPPO: Nové antibakteriální krytí pro prevenci a hojení ran

¹ Ústav organické chemie a biochemie, AV ČR, v.v.i., Praha

² Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Technická univerzita v Liberci, Liberec

³ Lékařská fakulta, Univerzita Pavla Josefa Šafárika v Košiciach, Košice, Slovenská republika

⁴ Klinika popáleninové medicíny, 3. lékařská fakulta, Univerzita Karlova, Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha



⁵ Východoslovenský ústav srdečních a cévních chorob, Košice, Slovenská republika

⁶ Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace, Liberec

⁷ Centrum epidemiologie a mikrobiologie, Státní zdravotní ústav, Praha

⁸ Oddělení welfare pokusných zvířat, Státní zdravotní ústav, Praha

⁹ Mikrobiologický ústav, AV ČR, v.v.i., Praha

¹⁰ Ústav lékařské mikrobiologie, 2. lékařská fakulta, Univerzita Karlova, Praha

dominik.rejman@uochb.cas.cz

Aktivní obvazy na rány přitahují velkou pozornost při reparaci a regeneraci měkkých tkání, včetně hojení ran na kůži infikované bakteriemi. Vzhledem k tomu, že široké používání antibiotik vede k rezistenci na léky, předkládáme zde nový koncept obvazů na rány založený na polykaprolaktonovém nanovlákněném scaffoldu (NANO) uvolňujícím lipofosfonoxin druhé generace (LPPO) jako antibakteriální látku. Nejprve jsme in vitro prokázali, že LPPO uvolněný z NANO působí antibakteriálně a zároveň nenarušuje proliferaci/diferenciaci fibroblastů a keratinocytů. Zadruhé jsme na myším modelu prokázali, že NANO naložené LPPO významně snižuje počty *Staphylococcus aureus* v infikovaných ranách hodnocených 7 dní po operaci. Kromě toho rychlost degradace a následného uvolňování LPPO v infikovaných ranách usnadňovaly také lytické enzymy vylučované inokulovanými bakteriemi. A konečně, LPPO vykazoval zanedbatelnou až žádnou systémovou absorpci. Závěrem lze říci, že kompozitní antibakteriální obvaz na bázi NANO-LPPO snižuje bakteriální zátěž a podporuje reparaci kůže s potenciálem pro léčbu ran v klinických podmínkách.

Systémové užívání antibiotik je v současné době charakteristickým znakem léčby infekcí (popálenin), ale může mít za následek škodlivé vedlejší účinky, ať už v důsledku přímé toxicity, nebo tím, že přispívá ke vzniku rezistentních mikroorganismů. Navíc mnoho v současnosti používaných lokálních antimikrobiálních látek působí cytotoxicky na keratinocyty a fibroblasty, což může zpomalovat hojení rány. Z tohoto pohledu musí účinná lokální antimikrobiální látka působit v křehké rovnováze mezi potřebou kontrolovat růst mikrobů v lůžku rány a potenciálním rizikem, že látka zhorší hojení rány.

Již dříve jsme informovali o syntéze nových sloučenin označovaných jako lipofosfonoxiny (LPPO), které vykazují významnou antibakteriální aktivitu proti širokému spektru bakterií, včetně multirezistentních kmenů, přičemž v baktericidních koncentracích nejsou cytotoxické pro lidské buňky. LPPO působí prostřednictvím permeabilizace bakteriální membrány, což vede k jejímu narušení a buněčné smrti. Dosud jsme syntetizovali a testovali dvě generace LPPO. První generace LPPO vykazovala významnou antibakteriální aktivitu proti grampozitivním patogenům. Další modifikace vedly k druhé generaci LPPO se zlepšenou antibakteriální aktivitou proti grampozitivním i gramnegativním bakteriím. Následně byly vybrané LPPO druhé generace úspěšně hodnoceny jako antibakteriální přísady do kostního cementu.

Běžné obvazy na rány, jako je gáza, polymerní obvaz nebo vata, nemohou zabránit vysychání ranného ložiska a bakteriální infekci a je třeba je vyměňovat, což často vede k poškození hojící se tkáně. Proto je vývoj aktivního antibakteriálního a reparaci/regeneraci podporujícího (např. kmenovými/progenitorovými buňkami nebo růstovým faktorem), ideálně biologicky odbouratelného obvazu na rány klíčem k další terapii směřující k normálnímu hojení plně kontrolovaným způsobem. Tváří v tvář obrovskému množství klinicky schválených obvazů na rány je lákavé najít ty, které mají nejspolehlivější klinicky relevantní vlastnosti. V této souvislosti je jedním z nejslibnějších materiálů nanovlákněný obvaz na rány na bázi polykaprolaktonu (PCL)



vyrobený metodou elektrospinningu, který napodobuje původní architekturu nativní extracelulární matrix (ECM) a je biologicky odbouratelný, degradovaný na přirozeně se vyskytující metabolit 6-hydroxyhexanovou kyselinu. Udržuje také odpovídající vlhkost a podporuje výměnu plynů v místě poranění. Kromě toho byl PCL scaffold schválen americkým Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) pro biomedicínské aplikace, např. jako chirurgický steh a/nebo endodontický materiál.

Mikroorganismy si mohou vyvinout rezistenci vůči běžným antimikrobiálním léčivům. Na základě struktury a základního mechanismu účinku, který se liší od mechanismu účinku klinicky používaných antibiotik, je však méně pravděpodobné, že si mikroby vyvinou zkříženou rezistenci vůči LPPO. Vzhledem k tomu, že elektrospunované nanovláknenné scaffoldy jsou potenciálně užitečné v lékařských aplikacích, jako je hojení ran a podávání léčiv, naložili jsme obvaž na bázi PCL s LPPO, abychom otevřeli nové obzory směrem k novým přístupům ke kontrole infekce ran. Náš nový koncept byl ověřen na modifikovaném myším modelu hojení ran narušeného zlatým stafylokokem a na sérii experimentů in vitro provedených na keratinocytech a fibroblastech.

Tato práce byla podpořena projektem National Institute of Virology and Bacteriology (Programme EXCELES, ID Project No. LX22NPO5103) - Funded by the European Union - Next Generation EU.

středa 16:30

Richard Kolečák a Jiří Dostál

Možnosti rekonstrukce tvrdé pleny mozkové v neurochirurgii

Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Plzeň, Plzeň

richard.kolejak@gmail.com

Tvrdá plena mozková je jedním ze tří mozkových obalů. Mezi její funkce patří zejména bariérová, ochranná funkce, kdy tvoří nejtužší vrstvu mezi lebečními kostmi, dalšími mozkovými obaly a mozkem samotným, a funkce podpůrná, zejména pro cévy, které v ní vedou. Při operačním přístupu k mozku dochází nevyhnutelně k jejímu cílenému přerušení, tzv. durotomii. V nejlepším případě chirurg přistupuje ke konci výkonu k její rekonstrukci prostou suturou. Není ale výjimkou situace, kdy je tvrdá plena nenávratně poškozená z různých důvodů, a je nutno ji rekonstruovat za pomoci tzv. duroplastiky. Na plastiku tvrdé pleny se používá řada materiálů, od nejstarších, mezi které patří měkké tkáně pacienta, až po materiály moderní, jako jsou syntetické durální náhrady, nebo náhrady zvířecího původu. V této přednášce se budeme věnovat přehledu materiálů pro durální rekonstrukci a jejich výhodám i nevýhodám.

Práce je realizována v rámci projektu profiBONE (TO01000309), který je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR a fondů EHP z Islandu, Lichtenštejnska a Norska, práce je dále finančně podpořena programem Cooperatio, vědní oblast NEUROVĚDY.



**Jitka Luňáčková¹, Martin Bartoš¹, Lucie Vištejnová², Pavel Klein²,
Marek Kindermann², Robert Král³ a Vojtěch Havlas⁴**

Mikro-CT obraz rozhraní Mg materiálů a kostní tkáně

¹ Stomatologická klinika 1. LF UK a VFN, Praha

² Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova, Plzeň

³ Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Praha

⁴ Fakultní nemocnice v Motole, Klinika dětské a dospělé ortopedie a traumatologie, Praha

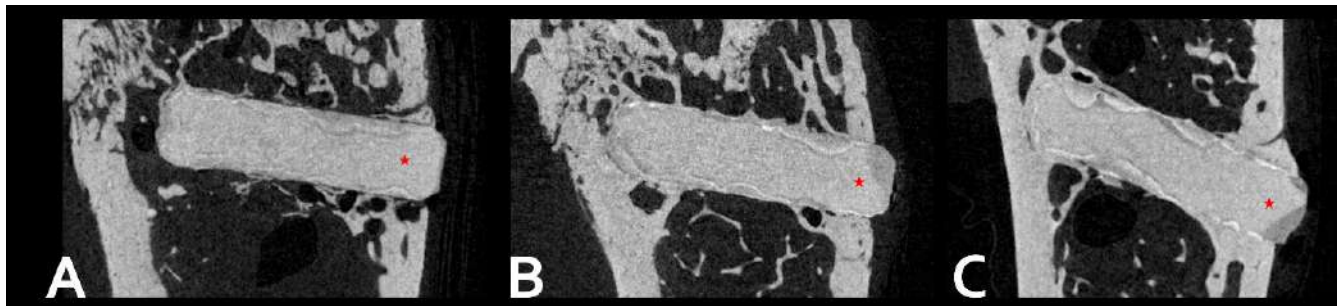
jitka.lunackova@vfn.cz

Materiály na bázi hořčíku (Mg) patří na poli biomedicíny mezi perspektivní zástupce biodegradovatelných kovů. Jedním z důvodů je, že odbourání korozních produktů Mg je zajištěno přirozenými metabolickými procesy a materiály jako takové jsou tělem dobře snášeny. Biomedicínské využití těchto materiálů by bylo obzvláště přínosné pro dětské pacienty, u kterých dochází k dynamickému růstu organismu.

V rámci uvedeného projektu byly vyvinuty nové slitiny Mg-3Y (<3,5 w% yttria) a Mg-3Y-4Li (3,5 w% yttria, 4,0 w% Li), které byly následně testovány na animálním modelu potkana kmene Wistar (dospělý jedinec, samec, hmotnost > 480 g). Zmíněné hořčíkové materiály byly implantovány do kondylu femuru, a to ve formě šroubů či pinů. Vzorky (celé femury) byly extrahovány po definované době hojení (8, 12 a 24 týdnů), fixovány 4 % formaldehydem, naskenovány pomocí mikro-CT (SkyScan 1272, Bruker micro-CT, Belgie) a dále histologicky zpracovány.

Cílem naší mikro-CT analýzy bylo objasnit zejména míru degradace Mg slitin v reálném kostním prostředí, což se ukázalo jako značně problematické. Pozorovali jsme, že s postupující degradací hořčíkového implantátu vznikají v původním materiálu zóny s různou rentgenovou denzitou, tedy zjevně i jiným složením. Dále docházelo ke vzniku kostních trámčů, které byly v kontaktu s degradujícím hořčíkovým implantátem, avšak hranici mezi kostní tkání a implantátem nebylo možné spolehlivě určit. Sdělení se bude věnovat problematice mikro-CT obrazu rozhraní Mg materiálů, jejich degradačních produktů a kostní tkáně.

Práce byla podpořena projektem Cooperatio 207030 Dental Medicine/LF1 a Agenturou pro zdravotnický výzkum Ministerstva zdravotnictví, projekt číslo NU20-08-00150.



Obr.: Mikro-CT snímky implantátů ze stejné hořčíkové slitiny po 8 týdnech (A), 12 týdnech (B) a 24 týdnech hojení (C). Implantáty označeny červeně.

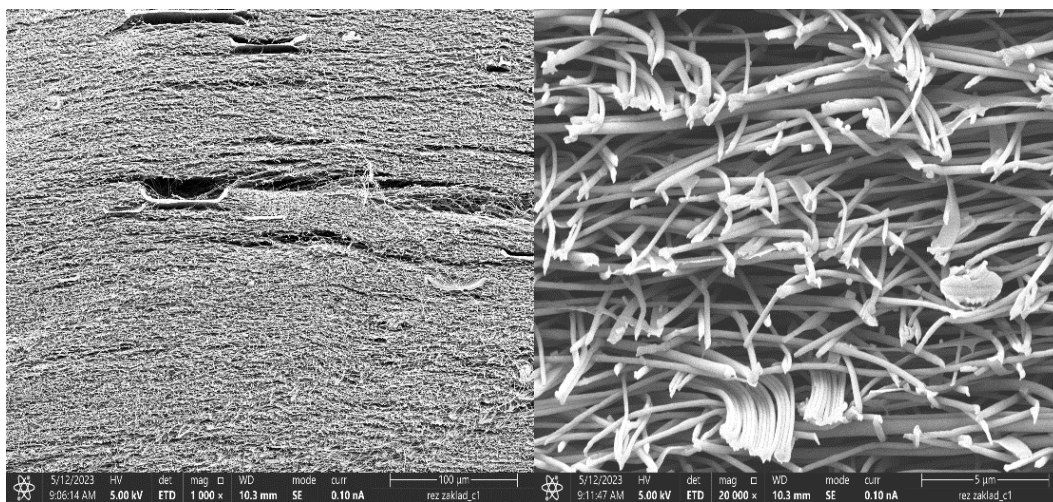
**středa 17:10 (S)****Ján Kužma^{1,2}, Tomáš Suchý^{1,2}, Lukáš Horný¹ a Zbyněk Sucharda²****Je možné zosieťovať kolagénne vlákna pomocou suchého tepla?**

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Praha

² Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., Oddělení kompozitních a uhlíkových materiálů, Praha

kuzma@irmsm.cas.cz

Tento příspěvek se zabývá fyzikálním siet'ováním elektrostaticky zvlaknených kolagénových vrstiev a možnosťou kombinovania sietovacích metód za účelom cieleného dosiahnutia požadované štruktúry a mechanických vlastností. Elektrostaticky zvlaknený materiál bol vystavený suchému teplu s prístupom atmosféry a taktiež vo vákuu. Následne bol vystavený chemickému siet'ovaniu za použitia EDC/NHS. Zmeny v makroštruktúre boli sledované pomocou SEM.



Obr. 1 Ukážka snímku mikroštruktúry elektrostaticky zvlakneného kolagénového materiálu vystaveného siet'ovaniu.

Autori ďakujú za finančnú podporu tejto práce poskytnutou prostredníctvom projektu SGS22/149/OHK2/3T/12

středa 17:30**Dominik Ďurica****Zobrazovací metody a 3D tisk v ortopedii – předoperační plánování a terapie**

Klinika dětské a dospělé ortopedie a traumatologie 2. LF UK a FN Motol, Praha

dominik.durica@fnmotol.cz

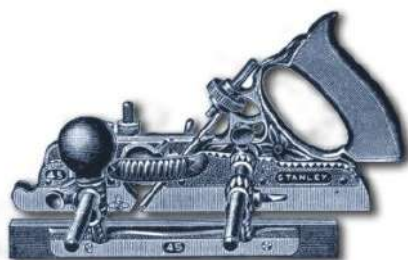
Zobrazovací metody tvoří nedílnou součást denní praxe specialistů většiny medicínských oborů. V ortopedii a traumatologii hrají nezastupitelnou roli a v průběhu své více než 100 let trvající



evoluce se rozvinuly od planárního zobrazení až po prostorové rekonstrukce zkvalitňující diagnostiku a terapii. S rozvojem technologií se se nadále stírá hranice mezi digitálním zobrazením a fyzickou aplikací, čímž se otevírají nové možnosti perioperační navigace a počítačově asistovaných intervencí.

Využitím dat z běžně dostupných zobrazovacích metod (CT a MRI) a vhodného softwaru jsme schopni vytvořit virtuální 3D modely, odstranit vzniklé artefakty a pomocí 3D tisku zhotovit také fyzické modely. Technologie je v dnešní době dostatečně přesná, rychlá a levná na zhotovení modelů pro předoperační plánování a odchylka mezi virtuálním a fyzickým modelem je zanedbatelná. Zhotovením modelu postižené části muskulo-skeletálního systému pacienta můžeme přesněji plánovat operaci, snížit počet perioperačních komplikací, omezit traumatizaci tkání a v konečném důsledku zkrátit operační čas. V rámci praktické aplikace na našem pracovišti jsme metodu využili v předoperačním plánování při korekci těžkých osových deformit a v budoucnosti se chceme zaměřit také na zhotovení individualizovaných resekčních šablon. Technologie digitálních zobrazení a 3D tisku v současnosti patří mezi hlavní nástroje, které otevírají nové možnosti diagnostiky a individualizace terapie pro pacienta.

Práce je finančně podpořena Agenturou pro zdravotnický výzkum Ministerstva zdravotnictví, projekt číslo NU20-08-00150.



Schoeller

INSTRUMENTS

PRODEJ, SERVIS A VALIDACE LABORATORNÍCH PŘÍSTROJŮ

- Hlubokomrazicí boxy
- CO₂ inkubátory
- Centrifugy
- Biohazard a laminární boxy
- Robotické linky
- Multifunkční readery
- Lednice
- Autoklávy a další...





21.9.2023

ČTVRTEK
Č. 1. De 11

WORKSHOP AI

MICHAL KAŠPÁREK | Z NATVRDLÉ HRAČKY CHYTRÁ POMOCNICE
ČTVRTEK | 9:00 - 12:00

Správně definovaná otázka nebo úkol jsou důležité pro získání použitelné odpovědi nebo výstupu. To platí pro všechny úrovně komunikace v pracovním i v osobním životě. Až donedávna jsme chtěli odpovědi pouze od živých bytostí. Se vstupem umělé inteligence (AI) do našich běžných životů se nám naskytla možnost ptát se a požadovat odpovědi a reakce od stroje. Jeho fungování si každý možná představuje úplně jinak.

Abychom si v tom udělali trochu pořádek, připravili jsme pro nás všechny workshop vedený Michalem Kašpárkem, editorem Samizdatu, datového týmu Českého rozhlasu.

Na workshopu si vyzkoušíme, jak se ptát („promptovat“) ChatGPT, abychom dostali relevantní odpovědi při:

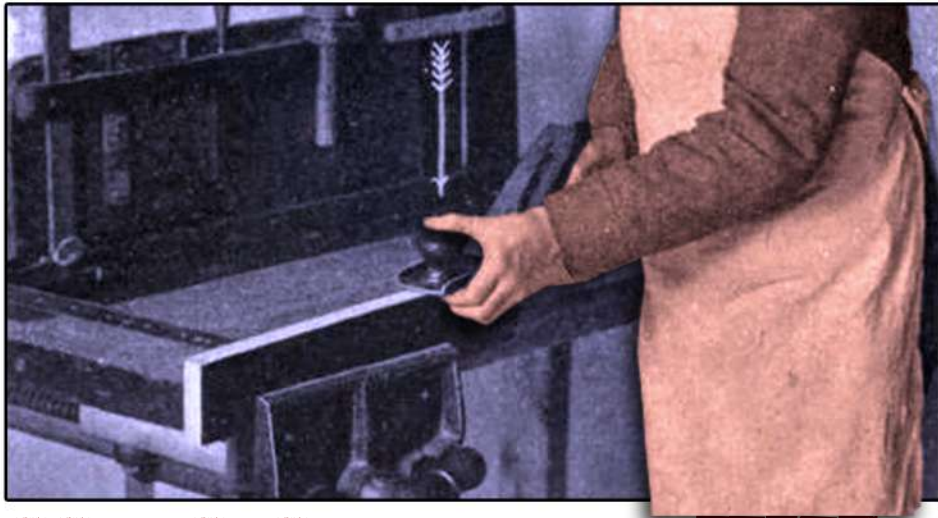
- * brainstormingu a generování nápadů
- * editování, oponování a vylepšování textů
- * hromadném zpracování materiálů

Workshop je vhodný pro ty, kteří ChatGPT doteď nevyzkoušeli, i pro ty, kteří si ChatGPT volají přes API. Budeme ladit konkrétní dotazy („prompty“), zároveň ale půjdeme po principech fungování GPT i podobných služeb, takže nabyté know-how přečká případné změny systémů.



MICHAL





22.9.2023

PÁTEK
SALT



David Chvátíl a Václav Olšanský
Ozařování biologických materiálů na mikrotronu MT 25

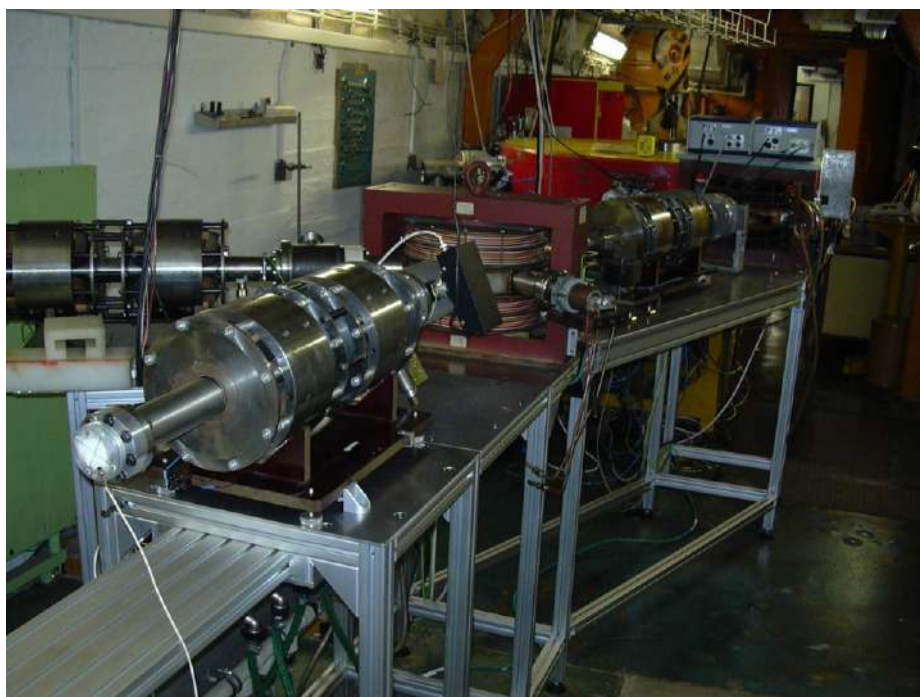
Ústav jaderné fyziky AV ČR, v.v.i.

chvatil@ujf.cas.cz

V Ústavu jaderné fyziky je provozováno několik urychlovačů částic. Nejmenší z nich je mikrotron. Mikrotron MT25 je vysokofrekvenční kruhový urychlovač elektronů. Slouží jako zdroj relativistických elektronů (primární elektronový svazek), sekundárních fotonových svazků (brzdné záření) a neutronů z jaderných reakcí. Urychluje elektrony na energie v rozsahu 6–25 MeV. Mikrotron je hojně využíván pro experimenty v oblasti jaderné fyziky. Jedna z hlavních aplikací prováděných v mikrotronové laboratoři je fotonová aktivační analýza. Využívá zejména reakci (gama, n) a slouží ke kvalitativnímu i kvantitativnímu stanovení různých izotopů ve zkoumaném materiálu. Pomocí jaderných reakcí se na mikrotronu mohou vyrábět radiofarmaka. Dále se využívá pro testování radiační odolnosti různých materiálů a elektronických součástek, testování nových typů detektorů částic, produkci nanodiamantů a pro mnoho dalších aplikací.

Svazky vysokoenergetických částic z mikrotronu lze ovšem použít i pro nejaderné metody. Provádí se ozařování za účelem změny fyzikálních a chemických vlastností materiálů. Jedná se zejména o radiační polymerizaci a síťování materiálů. Mikrotron bývá také často využíván pro radiační sterilizaci.

Vzhledem k tomu, že tento seminář je zaměřen na problematiku biomateriálů, bude referováno o experimentech, při kterých se v mikrotronové laboratoři ozařovaly biologické materiály. Bude popsáno, jaké materiály byly v poslední době na mikrotronu ozařovány a jakým způsobem bylo ozařování prováděno.



Obr. 1 Mikrotron MT25



**Vladimír Havránek, Anna Macková, Mariapompea Cutroneo,
Petr Malinský a Olexander Romaněnko**

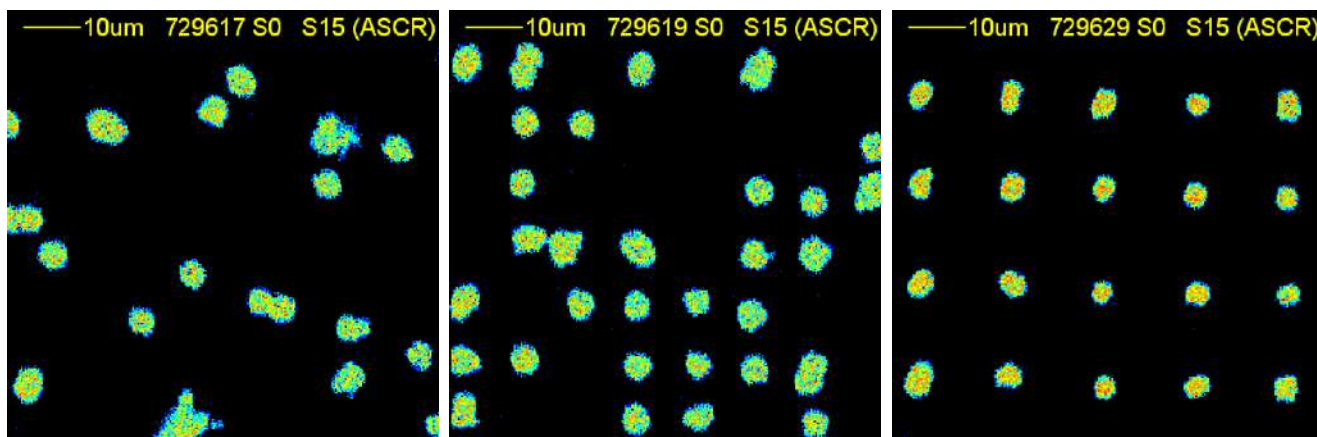
**Využití vysokoenergetické iontové mikrosondy k přípravě
a charakterizaci biologických a polymerních vzorků, novinky
z TANDETRONU**

Ústav jaderné fyziky AVČR v.v.i., Řež u Prahy

havranek@ujf.cas.cz

Lehké a středně těžké energetické urychlené ionty, jako jsou H, He, C, N, O, poskytované 3MV Tandetrone (lineárním elektrostatickým urychlovačem v Řeži u Prahy) a zfokusované v trase iontové mikrosondy na rozměr svazku i menší než $1\mu\text{m}$, lze úspěšně využít k analýzám i modifikaci zkoumaného vzorku. Typické energie iontů při těchto experimentech se pohybují v rozmezí 1–12 MeV (maximum pro H^+ je 6MeV a pro He^{++} 9MeV). Analyzovat či modifikovat lze najednou až plochu $1\times 1\text{mm}$ (v některých případech i mírně větší), s tím, že k obsluze větší plochy, či geometrie, lze využít posun, či natočení, pomocí 4-osého výměníku vzorků ve více běžích po sobě.

V poslední době jsme se intenzivně zabývali vytvářením různých struktur v polymerních fóliích (PET, PMMA, PDMS, COC apod.) a dalších materiálů (GO, RGO apod.) zejména pomocí vícenásobně nabitých iontů C, N a O. Některé vzory jde zvýraznit (zviditelnit, dotvořit) následným leptáním v příslušném roztoku. Výsledné struktury můžeme následně využít v optických aplikacích, jako senzory nebo i v biologických experimentech jako membrány či podložky pro kontrolovaný růst buněk. Volbou materiálu vzorku, plošné dávky iontů i dobou leptání lze ovlivnit tvar, hloubku a další vlastnosti připraveného vzorku. Vytvořené struktury můžeme na mikrosondě v analytickém módu také charakterizovat. Zejména metodou STIM, která zobrazuje energetické ztráty iontů při průchodu vzorkem, které jsou úměrné tloušťce vzorku v daném místě. Prvkové složení a jeho laterální rozložení pak lze sledovat metodami PIXE a RBS. Plně proleptané póry o velikosti 2–4 μm v různém prostorovém uspořádání, každý vytvořený průletem jediného iontu O^{5+} skrz 6 μm PET fólii, ukazuje obrázek 1.



Obr. 1 Náhodný, náhodně regulární a regulární vzor, vytvořený ozařováním 6 μm PET fólie jednotlivými ionty O^{5+} s energií 12MeV a následným leptáním v 5N NaOH po dobu 150min. Mapa plně vyleptaných pórů je zobrazena metodou STIM s 3MeV částicemi alfa.



Petr Písařík, Jen Remsa a Jan Mikšovský
Thin films prepared by hybrid techniques

Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Department of Natural Sciences, Kladno

Institute of Physics of the CAS, Department of Optical and Biophysical Systems, Praha

petr.pisarik@fbmi.cvut.cz

Thin films prepared by hybrid techniques are nowadays central in many technological fields, especially in the medical field. Hybrid systems combine the advantages of different techniques (Pulsed Laser Deposition, Magnetron sputtering, Ion Bombardment and Radio Frequency Discharge) to create layers with high quality, precision and functionality. One of the areas where thin films prepared by hybrid techniques are applied is in medicine, for the improvement of implants by thin film coating with new biomaterials.

Biocompatible thin films represent an innovative approach in the field of biomedicine and biotechnology. These layers are designed to be applied to existing implants, such as mainly implants in the cardiovascular and orthopaedic field.

Some properties of the films are not always ideal and it is therefore advisable to tailor the layer to the specific application. One example of modifying the properties of thin films (diamond-like carbon) is doped (Figure 1). By adding dopant to the layer, greater multifunctionality and improved properties can be achieved. Dopants in the layer allow to modify the contact angle and surface energy, to reduce internal stresses and thus increase adhesion to the substrate, or to reduce surface roughness, friction coefficient or wear. Most importantly, however, they improve biocompatibility and haemocompatibility, or increase antibacterial effectiveness.

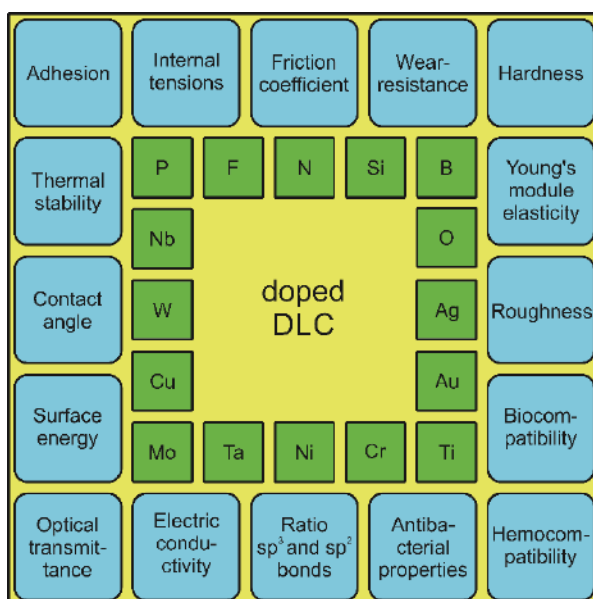


Fig. 1 Diamond-like carbon admixtures and the properties that can be modified with them [1, 2]



Finally, the results of different layers prepared using hybrid systems – dual pulsed laser deposition (Figure 2A), pulsed laser deposition with ion bombardment (Figure 2B) and pulsed laser deposition combined with magnetron sputtering (Figure 2C) will be presented.

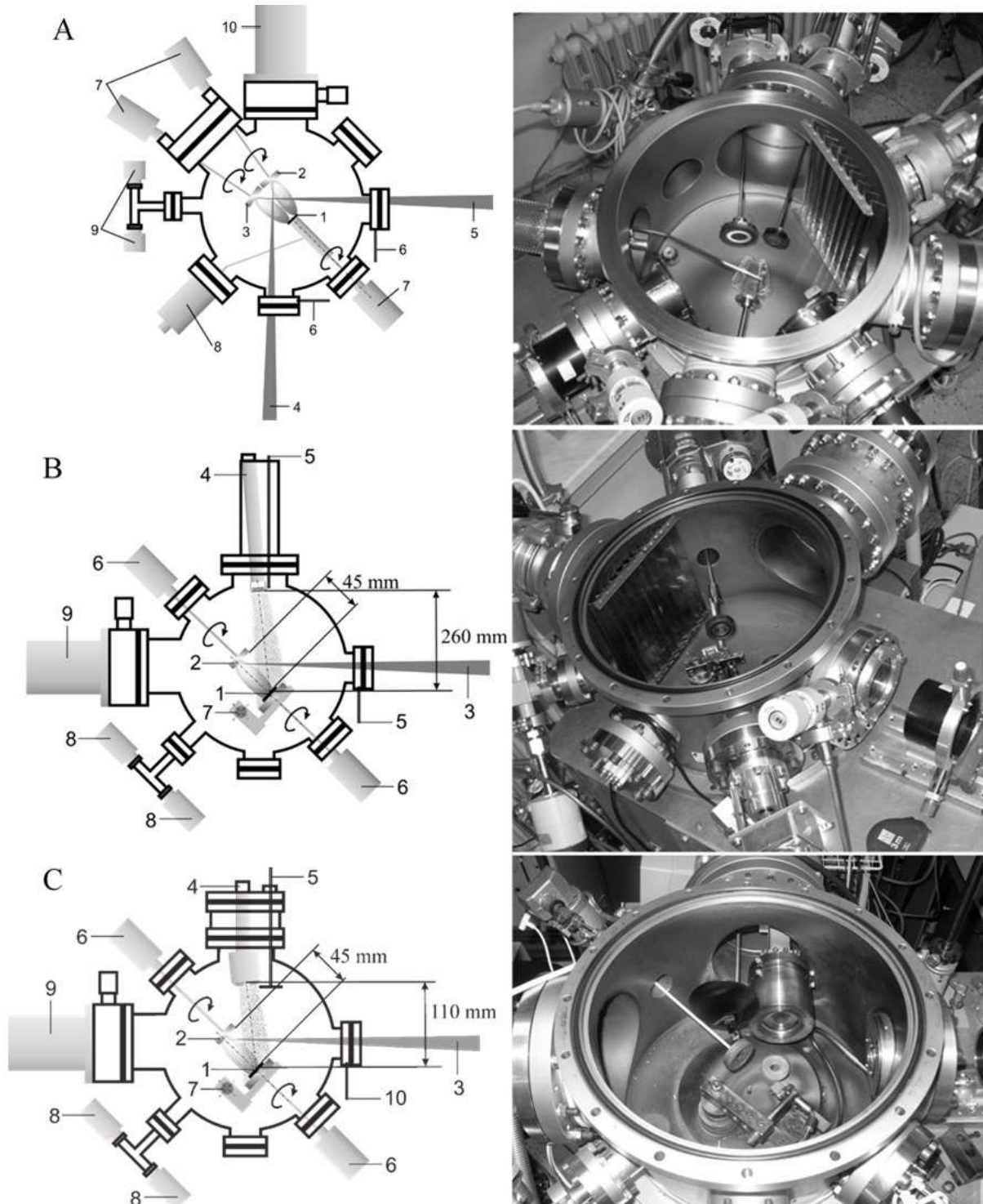


Fig. 2 Hybrid systems for the preparation of biocompatible layers. A) Schematic of dual PLD deposition system: 1 - Substrate, 2 - Graphite target, 3 - Chromium, titanium or silver target, 4 - Laser beam 1, 5 - Laser beam 2, 6 - Gas flow (Ar), 7 - Rotation, 8 - RF electrode, 9 - Vacuum gauges, 10 - Turbomolecular pump, B) Schematic of PLD deposition system with ion bombardment: 1 - Substrate, 2 - Graphite target, 3 - Laser beam, 4 - Ion gun, 5 - Gas flow (Ar), 6 - Rotation, 7 - RF electrode, 8 - Vacuum gauge, 9 - Turbomolecular pump, C) Schematic of PLD deposition system with magnetron sputtering: 1 - Substrate, 2 - Graphite target, 3 - Laser beam, 4 - Magnetron, 5 - Magnetron shield, 6 - Rotation, 7 - RF electrode, 8 - Vacuum gauge, 9 - Turbomolecular pump, 10 - Gas flow (Ar). [1]

**References**

- [1] PÍSAŘÍK, P.: Dopace diamantu podobného uhlíku pro použití v medicíně, Kladno, 2016, 117 s. ČVUT v Praze, FBMI. Disertační práce.
- [2] SANCHEZ-LOPEZ, J. - FERNANDEZ, A.: Doping and alloying effects on DLC coatings, In: DONNET, C. - ERDEMİR, A.: Editors, Tribology of Diamond-like Carbon Films: Fundamentals and Applications. Springer Verlag, New York (2008).

Acknowledgements: This work was supported by the Student Grant Agency of the Czech Technical University in Prague (grant no. SGS22/131/OHK4/2T/17).

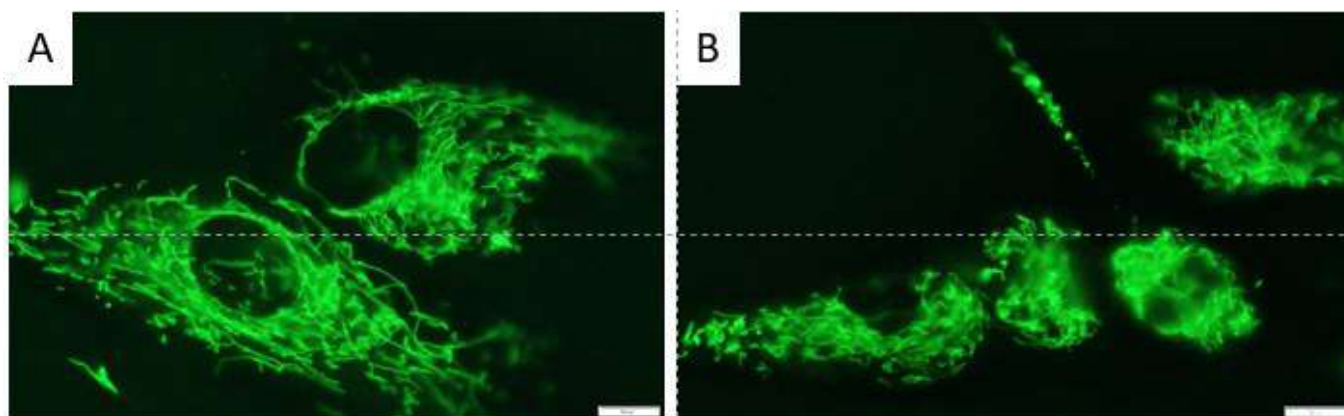
pátek 11:00**Marie Hubálek Kalbáčová^{1,2} a Blanka Bílková²****Překvapivý vliv různého množství FBS a kyslíku na buněčné analýzy**

¹ Fakulta zdravotnických studií, Technická univerzita v Liberci, Liberec

² Ústav patologické fyziologie, 1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova, Praha

marie.hubalek.kalbacova@tul.cz

Experimentátoři zabývající se sledováním buněčné odpovědi na různé stresory – léčiva/jedy, nanomateriály/mikromateriály, viry/bakterie a další – používají fluorescenční sondy, kterými detekují různé buněčné pochody a stavy (např. počet buněk barvením jader, energetický metabolismus barvením mitochondrií a jiné). Ale některé pokusy musí ze své podstaty probíhat třeba bez přítomnosti fetálního bovinního séra (např. virová infekce) nebo je žádoucí porovnat chování buněk v normoxických (20% O₂ při inkubaci) nebo hypoxických (1-5% O₂ při inkubaci) podmínkách. Porovnáváním různých analýz (fluorescenčních i založených na jiném principu) jsme přišli na pár případů, kdy je stav buněk experimentátorem nastavenými podmínkami tak pozměněný, že má významný vliv na fluorescenční barvení (rychlost a množství vstupující barvičky do buněk) a tím se dosahují zkreslené výsledky.



Obr. 1 Mitochondriální síť lidských fibroblastů kultivovaných 1h v médiu s 5 % FBS (A) a bez FBS (B). Barvení – MitoTracker Green – 30 min – 100 nM.



Vítězslav Březina **O samovolném chování buněk**

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Ústav komplexních systémů, Laboratoř tkáňových kultur, Nové Hradky

brezinavita@gmail.com

Dnes chci vaši pozornost odvést od testování biokompatibility, možná toxicity někam ke společné úvaze o tom jak se vlastně naše buňky, které trápíme na různých površích, nebo v různých chemických roztocích při našem zásahu chovají. Je tedy na místě otázka po jisté samovolnosti chování buněk na nějakém povrchu, nejsou-li ovlivňovány nějakou látkou způsobující taxu (chemotaxu, elektrotaxu, thymotaxu), popřípadě hledáním reprodukčního partnera. Tedy situaci, když jsou buňky (lhostejno jestli ty na které jsme zvyklí, nebo jiné buňky, třeba prvoků, nebo řas, rozsivek či sinic v bentosu). Těch modelů pro nalezení odpovědí je mnoho.

Dobrym modelem jsou pochopitelně kultivované buňky savců, vykazující morfologii fibroblastoidní. To jsou ty linie L929, 3T3, MG63, a třeba buňky odvozené z plicních tkání, jakéhokoli savce, třeba morčete, králíka, psa, anebo třeba buňky odvozené z neoplastických tkání. Pokud je nezkoumáme jako primokultury v časných pasážích (uvádí se devět), jsou stejně transformované a jejich počet chromosomů je přibližně hypotriploidní. Příklad takové přirozené transformace jsem na tomto fóru v minulosti uváděl.

Podobně jsem uváděl i lokomoční chování buněk a zmiňoval jsem i rozdíly mezi lokomocí a migrací. Tedy tak, že lokomoce je pouhý pohyb buněk, kdežto migrace je pojem komplexnější, uváděl jsem migraci jako současný projev lokomoce a reprodukce, v poslední době bych k tomu ještě přidal (po zkušenostech s vláknitými materiály z Liberce) densitu rostoucí populace, to je vícevrstevné kolonie, či vrstvy buněk. Opět existuje řada modelů, jak tyto jevy studovat.

Uvedl jsem i známý vztah mezi strukturou, funkcí a pohybem. V našich pokusech zkoumající biokompatibilitu „biomateriálů“ je lokomoce (tedy pohyb) velmi produktivním dynamickým projevem. Pravda je zapotřebí užití metody sběrné kinematografie, ale to je v dnešní době metoda dost obvyklá po celém světě. V zahraničí o ní mluví jako o „Live cell kinetic imaging“ a je hojně užívána pro dokumentaci jako kvalitativní, nebo kvantitativní analýza obrazu.

Pokusím se v presentaci uvést metodu, která snad umí kvantifikovat lokomoční potenciál buněčných linií a jak lze této výzkumné metody užít i při hodnocení povrchů biomateriálů, nebo působení různých výluhů na kultivované buňky.



Jakub Bumba, Šárka Beranová a Pavlína Tláškalová
Amniová membrána: bioaktivní scaffold pro regenerativní medicínu

Ústav komplexních systémů, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Nové Hradky

jbumba@frov.jcu.cz

V současnosti se pro regenerativní medicínu využívají různé typy syntetických či přírodních biomateriálů. Ačkoliv jsou syntetické materiály snáze dostupné a lépe modifikovatelné, jejich osazení živými buňkami je náročnější, jelikož buněčné kolonie pro svůj růst preferují co nejpřirozenější prostředí, kterému se syntetické materiály ne vždy dostatečně přibližují. Toto přirozené prostředí však mohou nabídnout zejména decelularizované přírodní materiály, které si zachovávají svoji nativní 3D strukturu a tvoří tak lešení pro migraci buněk a osídlení buněčnými koloniemi. Buňky jsou vnímavé na strukturu a tuhost tkáně, proto se nejlépe osazují tzv. scaffoldy (lešení na bázi extracelulární matrix se zachovanou 3D strukturou), které pocházejí z původní tkáně.

Cílem této práce je příprava scaffoldu na bázi decelularizované lidské tkáně (amniová membrána, kožní tkáň, nervová tkáň) s následným osazením mezenchymálními kmenovými buňkami. Pro vývoj tohoto typu scaffoldu budou využity různé typy lidských tkání a buněk, což zajistí maximální přiblížení nativní struktury poškozené tkáně. Poškozenou tkáň tak bude možné opravit tkání decelularizovanou identické struktury, tloušťky a typu. V rámci projektu bude dále řešeno osazení připraveného scaffoldu mezenchymálními buňkami. Díky monitorování přirozených projevů buněk na scaffoldu metodou Live-cell imaging a pozorování případných odchylek od standardního chování, bude možné zhodnotit biokompatibilitu materiálu a případně optimalizovat proces přípravy scaffoldu.

Mezenchymální buňky jsou známé pro svůj regenerativní potenciál a svým působením dokáží stimulovat hojení a obnovu poškozené tkáně. Této skutečnosti bude využito při přípravě tzv. bioaktivního scaffoldu čili transplantátu osazeného mezenchymálními buňkami, které při transplantaci podpoří regeneraci poškozené tkáně a urychlí proces hojení. V tomto případě se bude jednat o produkt moderní terapie, u kterého bude po ukončení projektu dále hodnocena bezpečnost a účinnost. V budoucnu bude možné nahradit mezenchymální buňky vlastními buňkami pacienta (při náhradě kožního krytu například keratinocyty pacienta) nebo kmenovými buňkami pacienta (z krve, kostní dřeně, tuku apod.).

Tato práce byla podpořena Technologickou agenturou České republiky v rámci projektu TAČR TREND FW06010688.



POSTERY

**úterý 21:00 – 22:30****Martin Braun¹, Monika Šupová¹, Tomáš Suchý^{1,2},
Šárka Rýglová¹ a Margit Žaloudková¹****Sledování vlivu ozařování a mechanického zatěžování na změny
chemického složení kolagenní hmoty**

¹ Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., Oddělení kompozitních a uhlíkových materiálů, Praha

² České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Praha

braun@irsm.cas.cz

Kolagen je nejvýznamnějším strukturním proteinem v živočišné říši a je velmi hojně využívaným biomateriálem s řadou aplikací i v oblasti tkáňového inženýrství. Biochemické a biomechanické vlastnosti i struktura kolagenní hmoty však významně závisí na působení vnějších vlivů jako je působení radiace, mechanické zátěže (extrémně vysokého tlaku) nebo dalších faktorů uplatňujících se v průběhu zpracování.

Tato práce je proto zaměřena na studium změn chemického složení testované kolagenní hmoty v závislosti na expozici různé intenzitě působícího záření a mechanického tlaku. Konkrétně jde o kvantitativní analýzu obsahu glykosaminoglykanů (GAGs) vázaných na kolagen v různých testovaných matricích podrobených zmíněnému namáhání. K separaci složek vzorku a analýze GAGs je v naší laboratoři použita metoda vysokoúčinné kapalinové chromatografie v reverzní fázi (RP-HPLC) ve spojení s citlivou fluorescenční detekcí.

Získané výsledky obsahu GAGs v odlišně exponovaných vzorcích kolagenní hmoty budou následně korelovány také s dalšími nálezy a parametry zjišťovanými u téhož biomateriálu pomocí jiných metod chemické a strukturální analýzy (např. infračervená spektrometrie, SEM). Očekáváme, že tyto poznatky přispějí k bližšímu porozumění mechanismům, při nichž dochází ke změnám ve složení, struktuře, stabilitě a stupni degradace kolagenu.

Poděkování: Autoři tímto děkují za finanční podporu projektu GAČR (grant č. 21-07851S) a za výbornou technickou spolupráci při zpracování vzorků Martině Křížkové z ÚSMH AV ČR, v.v.i.

úterý 21:00 – 22:30**Antonín Brož¹, Ivan Jirka², Roman Matějka^{1,3}, Jana Štěpanovská^{1,3},
Martina Doubková¹, Petr Sajdl⁴, Jan Drahoukoupil⁵, Oleksandr
Voločanskij², Terézia Futóová¹ a Lucie Bačáková¹****Modifikace povrchu silikalitového filmu určeného k potahování
ortopedických implantátů**

¹ Fyziologický ústav AV ČR, v.v.i., laboratoř biomateriálů a tkáňového inženýrství, Praha

² Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i., oddělení nízko-dimenzionálních systémů, Praha



³ České vysoké učení technické v Praze, fakulta biomedicínského inženýrství, oddělení biomedicínské Technologie, Kladno

⁴ Vysoká škola chemicko-technologická, ústav energetiky, Praha

⁵ Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i., oddělení materiálové analýzy, Praha

antonin.broz@fgu.cas.cz

V této práci byla studována biokompatibilita silikalitového filmu (**SF**) narostlého na slitině TiAl6V4. Vnější povrch **SF** byl modifikován (i) alkalickým leptáním, (ii) následným opracováním v radiofrekvenční kyslíkové plazmě (O_2 RF), (iii) kalcinací při $500^\circ C$ a (iv) kalcinací následovanou opracováním v O_2 RF plazmě. Chemické složení, krystalinita, topografie a smáčivost vzorků byly charakterisovány pomocí úhlově rozlišené fotoelektronové spektroskopie, rentgenové difrakce, rastrovací elektronovou mikroskopií a měřením kontaktního úhlu s vodní kapkou. Vnější povrch neopracovaného **SF** byl pokryt nezeolitickou defektní SiO_x fází (NZP) s uhlovodíkovými řetězci koordinovanými Si-C vazbou. Koncentraci NZP lze minimalizovat opracováním v O_2 RF plazmatu. Experimenty provedené s lidskou linií osteoblastů SAOS-2 ukázaly, že NZP může ovlivnit buněčnou aktivitu, proliferaci; všechny studované modifikace vnějšího povrchu **SF** však lze považovat za biokompatibilní. Osteogenní diferenciaci byla dále studována na primárních lidských mezenchymálních kmenových buňkách za normálních „statických“ podmínek a také při „dynamické“ kultivaci za pulzujícího hydrostatického tlaku a při smykovém namáhání. Výsledky RT qPCR a imunofluorescenční mikroskopie naznačují, že leptané a plazmou ošetřené **SF** jsou nejslibnější pro osteogenní diferenciaci buněk.

úterý 21:00 – 22:30

**Jana Brtníková¹, Yana Demydenko², Eva Černá¹,
Lenka Michlovská¹ a Lucy Vojtová¹**

**Modifikované polysacharidové hydrogely jako vhodný
substrát pro růst buněk**

¹ CEITEC – Středoevropský technologický institut, VUT, Pokročilé biomateriály, Brno

² Fakulta chemická, Vysoké učení technické, Ústav chemie potravin a biotechnologií, Brno

jana.brtnikova@ceitec.vutb.cz

Hydrogely jsou v současnosti velmi oblíbeným materiálem pro tvorbu syntetické extracelulární matrice (ECM), jelikož dokáží simulovat přirozené trojrozměrné (3D) prostředí mnoha měkkých tkání. Na rozdíl od běžně známých materiálů používaných pro tkáňové kultury, jako jsou plast nebo sklo, které vytváří pouze dvourozměrné (2D) prostředí, tyto materiály neumožňují sledovat skutečné chování *in vivo* a jsou příliš jednoduché na to, aby napodobovaly přirozené buněčné prostředí. Hydrogely se tedy nabízejí jako vhodná alternativa ECM, která hraje klíčovou roli ovlivňující buněčnou adhezi, migraci, proliferaci a diferenciaci.

Tato práce se zabývá přípravou a charakterizací stabilních hydrogelů na bázi soli karboxycelulózy, která byla vybrána pro svoji biokompatibilitu, biodegradabilitu a cenovou dostupnost. Byly připraveny vzorky hydrogelů, které byly pro zvýšení stability modifikovány a fyzikálně a chemicky síťovány. Následně byl sledován vliv typu modifikace, způsobu síťování a koncentrace na fyzikální (hydrolytická stabilita, transparentnost, reologické vlastnosti) a chemické vlastnosti (Infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací – FTIR, nukleární magnetická rezonanční spektroskopie



– NMR, termogravimetrická analýza – TGA). Reologická měření prokázala viskoelastické a tixotropní chování připravených hydrogelů. Pomocí FTIR a NMR analýz byla ověřena přítomnost vzniku nových funkčních skupin. A teplotní stabilita byla zjištěna pomocí TGA analýzy. Byly připraveny stabilní transparentní hydrogely, jejichž vlastnosti by mohly poskytnout vhodné prostředí pro buněčný růst. V další fázi experimentů budou hydrogely s nejlepší stabilitou a vhodnými mechanickými vlastnostmi sledovány z hlediska jejich biologických vlastností.

Tato práce byla podpořena projektem č. TN02000017-003 spolufinancovaným se státní podporou Technologické agentury České republiky v rámci Programu Národního Centra Kompetence a dále za podpory výzkumné infrastruktury CzechNanoLab (ID LM2023051, MŠMT, 2023–2026), CEITEC Vysoké učení technické v Brně.

úterý 21:00 – 22:30

Eliška Galčíková¹, Jan Krčil¹, Vladimír Mára¹, Lucie Pilsová¹ a Jiří Režnar² **Problematika recyklace titanových slitin**

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav materiálového inženýrství, Praha

² Advanced Metal Powders s.r.o., Kravaře

eliska.galcikova@fs.cvut.cz

Titan a jeho slitiny dnes patří mezi stále více a více žádané materiály. Ovšem, je známo, že výroba titanu tzv. Krollovým procesem je nákladný a málo efektivní proces. Jako možné řešení se jeví recyklace titanového šrotu (kusové zbytky, třísky po obrábění atd.) Recyklace je však, kvůli kontaminaci šrotu nežádoucími plyny, řeznými kapalinami a materiály z řezných/obráběcích nástrojů, problematická. Dochází rovněž ke vzniku oxidických vrstev, což zapříčiňuje vysoká afinita titanu ke kyslíku. Z těchto důvodů se většina titanového šrotu ve formě třísek nevrací jako recyklovatelný materiál, ale využívá se k výrobě ferotitanu jako dezoxidačního činidla na výrobu oceli. [1]

V současné době existuje několik metod (EBM, PAM, VAR, Cold Crucible VIM), pomocí kterých se k recyklaci titanových slitin přistupuje. Jedná se ovšem o energeticky náročné metalurgické technologie. [2] Vzniká tedy potřeba přímé metody recyklace titanového šrotu, která by efektivně dezoxidovala recyklovaný materiál. Vhodná metoda recyklace, která by umožňovala využít titanový šrot k získání materiálů srovnatelných s primárními slitinami, by do značné míry mohla ovlivnit situaci na trhu s titanovými slitinami.

Tato práce má za cíl zhodnotit možnosti recyklace titanových slitin metodou plazmového přetavování. Posuzována je dosahovaná čistota slitin, chemické složení a výsledná mikrostruktura, konkrétně u Titanu Grade 2 a slitin Ti-6Al-4V a Ti-6Al-2Sn-4Zn-6Mo. Předložená práce představuje prvotní výsledky, které slouží k ověření postupu recyklace, s cílem metodu následně použít pro komplexnější β titanové slitiny (např. Ti-Nb-Zr), které se jeví jako perspektivní materiály pro biomedicínské aplikace.

Zdroje

- [1] TAKEDA, O., T. OUCHI a T. OKABE. Recent Progress in Titanium Extraction and Recycling. *Metallurgical and Materials Transactions B* [online]. 2020, **51**(4), 1315-1328 [cit. 2022-11-10]. ISSN 1073-5615. Dostupné z: doi:10.1007/s11663-020-01898-6



[2] TAKEDA, O. a T. OKABE. Recycling of Ti. *Extractive Metallurgy of Titanium* [online]. Elsevier, 2020, 363-387 [cit. 2022-11-10]. ISBN 9780128172001. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-817200-1.00016-8

Poděkování: Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva průmyslu a obchodu v rámci Programu TREND (FW06010136) a podporou Fakulty strojní ČVUT SGS (SGS23/162/OHK2/3T/12).

úterý 21:00 – 22:30

**Šárka Hauzerová¹, Maxim Lisnenko¹, Juan Pablo Pérez Aguilera¹,
Andrii Shynkarenko² a Věra Jenčová¹**

**Interakce myších fibroblastů s vlákněným modelem připraveným
metodou tažení jednotlivých vláken**

¹ Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Katedra chemie, Liberec

² Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů a automatizace, Liberec

sarka.hauzerova@tul.cz

Nosiče pro tkáňové inženýrství a regenerativní medicínu mají za cíl rychlejší a efektivnější regeneraci poškozené tkáně. S rozvojem tkáňových nosičů se také vyvíjejí metody pro testování biokompatibility těchto materiálů. Z etických, ekonomických a statistických důvodů existuje neustálý tlak na testování materiálů *in vitro*. Tato studie se zaměřuje na sledování interakce buněčné linie 3T3 myších fibroblastů s polymerovými materiály určenými pro tkáňové inženýrství z různých perspektiv. Součástí práce je vývoj vlákněného modelového systému, který umožňuje sledovat interakci buněk s polymerním materiálem dynamicky v čase pomocí optické mikroskopie. Vlákněný modelový systém v podobě vlákněné mřížky byl připravován metodou tažení (drawing) vláken z polymerní kapky.



Obr. 1 Příprava vlákněného modelového systému metodou drawing (A) a schéma testování buněčné interakce s vlákněným modelem (B).

Výhodou této metody je 95% orientace vláken v daném směru. Dále je možné ovlivňovat celkový počet vláken v testovacím modelu a jejich vzájemný rozestup. Vyrobené vlákněné modely byly osazeny buněčnou linií 3T3 myších fibroblastů a v průběhu 3 dnů byla sledována interakce buněk s polymerními mikroválky pomocí metody Live Cell Imaging (LCI). LCI metoda je založena na pořizování snímků z konkrétního místa v určitých časových intervalech. Vlákněný modelový



systém připravený metodou drawing je unikátní v absenci činidel, které bychom museli při použití jiných *in vitro* metod použít k vizualizaci buněk.

Autoři tímto děkují finanční podpoře projektu SGS TUL 21484.

úterý 21:00 – 22:30

Kristýna Havlíčková¹, Věra Hedvičáková¹, Kateřina Strnadová¹, Šárka Hauzerová¹, Maxim Lisnenko¹, Manikandan Sivan², Divyabharathi Madheswaran², Eva Kuželová Košťáková¹, David Lukáš¹, Jan Valtera³ a Věra Jenčová¹

Studium degradace kompozitních nití s nanovlákněným obalem

¹ Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Katedra chemie, Oddělení bioinženýrství, Liberec I

² Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra netkaných textilií a nanovlákněných materiálů, Liberec

³ Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra textilních a jednoúčelových strojů, Liberec

kristyna.havlickova@tul.cz

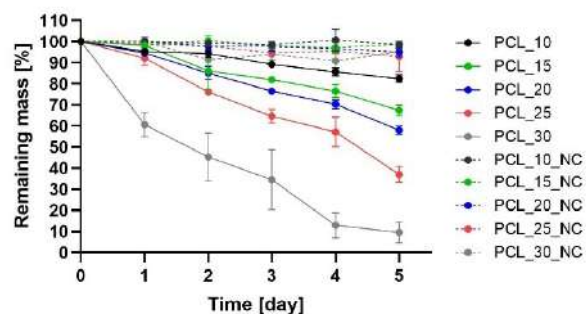
V rámci experimentu byly kompozitní nitě podrobeny akcelerované enzymatické degradaci. Jádro kompozitní nitě sestávalo z polyamidového multifilu (PA.6), obal byl tvořen nanovlákněnou vrstvou z polykaprolaktonu (PCL, blend molekulových hmotností 45 000 a 80 000 g/mol), která byla nanášena AC elektrickým zvlákněním. Byly připraveny dva typy nanovlákněného obalu: PCL obal a PCL obal s antibakteriální látkou – chlorhexidin (CHX). Během nanášení nanovlákněného obalu byly použity různé odtahové rychlosti (10, 15, 20, 25, 30 m/min).

Enzymaticky katalyzovaná degradace byla zaměřena na PCL biodegradabilní obal kompozitních nití. Vzorky byly po dobu 5 dní inkubovány na vyhřívané třepačce (37 °C, frekvence 50 rpm) v médiu, obsahující lipázu *Pseudomonas Cepacia* (koncentrace 2,5 U/10 mg substrátu), fosfátový pufr (PBS, pH 7,4) a azid sodný (koncentrace 0,02%). Výměna média probíhala po 24 hodinách. Výsledky byly porovnávány s negativními kontrolami (NC), které byly inkubovány pouze v PBS. Opláchnuté a vysušené vzorky byly podrobeny analýzám hmotnostního úbytku a morfologické analýze pomocí rastrovací elektronové mikroskopie (SEM) (viz obr 1).

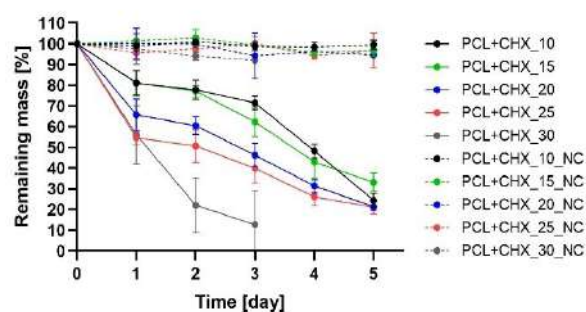
Z morfologické analýzy (SEM) a analýzy hmotnostního úbytku je možné sledovat určité trendy v chování nití vlivem enzymaticky katalyzované degradace. Rychlost odvíjení nitě během aplikace nanovlákněného obalu má výrazný vliv na průběh degradace, kdy s rostoucí odtahovou rychlostí nitě je získán tenčí obal o nižších navážkách. Tento fakt se v průběhu degradace jednotlivých skupin nití projevil rychlejší a masivnější degradací nití, které byly vytvořeny při vyšší odtahové rychlosti. Důvodem je nižší hmotnost předkládaného substrátu (obalu) enzymatickému médiu, kdy byla zachována stejná koncentrace enzymu pro všechny skupiny nití.



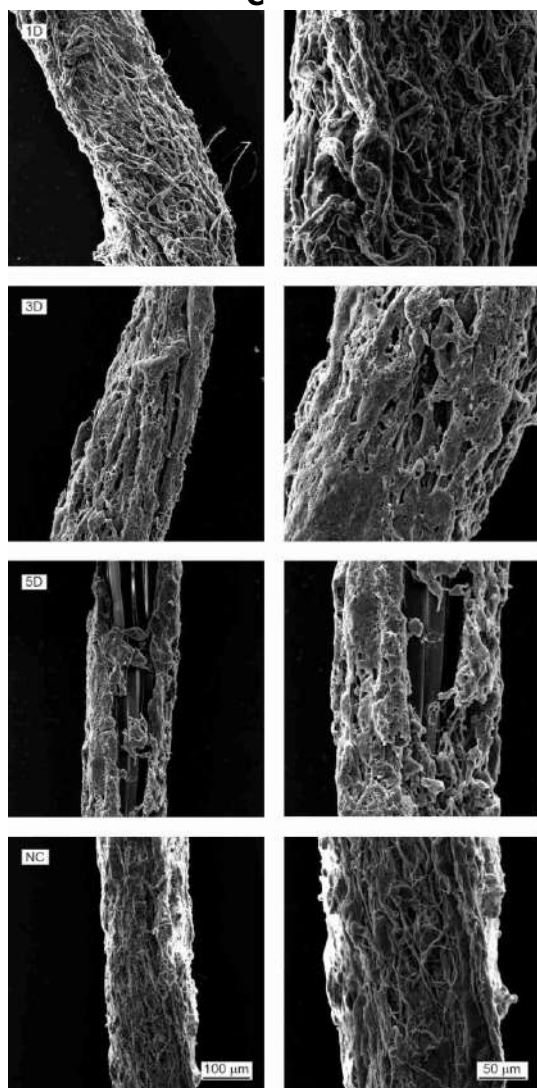
A PCL nanofibrous cover



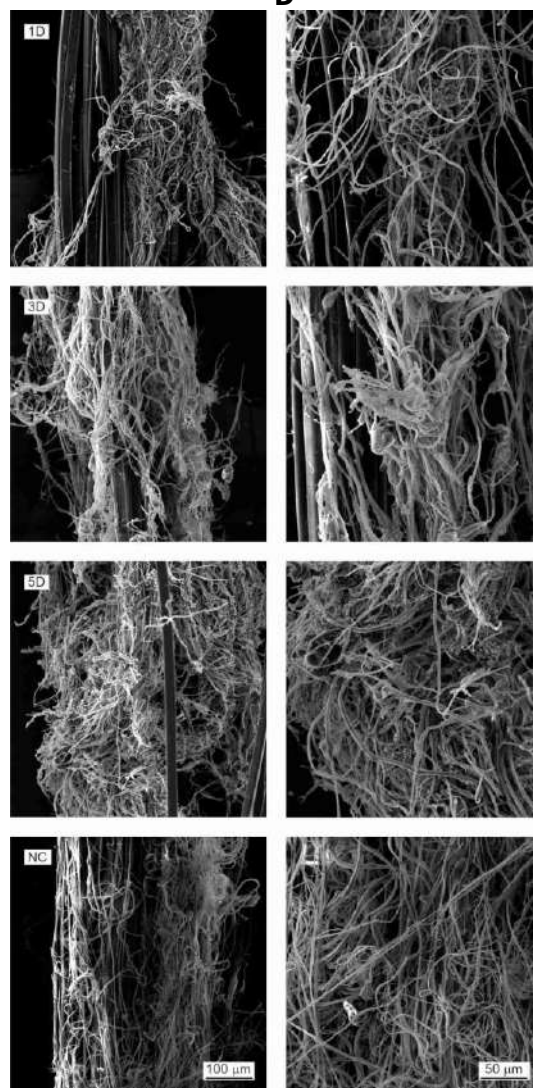
B PCL+CHX nanofibrous cover



C



D



Obr. 1: Graf zachycující průběh degradace PA.6/PCL (A) a PA.6/PCL+CHX (B) kompozitních nití vlivem lipázy (koncentrace 2,5U/10mg substrátu) po dobu 5 dní. SEM snímky zachycující testované nitě PA.6/PCL₂₀ (D) a PA.6/PCL+CHX (D) po 1, 3, 5 dnech degračního experimentu v porovnání s negativními kontrolami (NC). Měřítka 100 μm a 50 μm.

Důležitým faktorem během degradace nití byla také přítomnost aktivní inkorporované látky (CHX). Přítomnost CHX pravděpodobně způsobuje snížení produktivity zvláknování, aplikovaný PCL+CHX nanovláknenný obal dosahuje při totožných zvláknovacích podmínkách nižších hmotností. Zároveň je struktura obalu daleko méně kompaktní, více rozvolněná a nadýchaná v porovnání s PCL obalem. Kombinace „načechrané“ struktury obalu a přítomnost CHX, pravděpodobně vedla k lepší smáčitelnosti, posléze pronikání vody do struktury, difuzi CHX a výraznějšímu enzymatickému



štěpení PCL řetězců. V konečném důsledku byly pozorovány pro stejné časové body degradace vyšší hmotností úbytky pro PCL obaly s inkorporovaným CHX.

Poděkování

Tato práce byla provedena díky finanční podpoře grantového projektu SGS TU v Liberci v rámci projektu SGS-2021-4007.

úterý 21:00 – 22:30

Jiřina Havránková^{1,2}, Lucie Vištejnová^{1,2}, Pavel Klein¹, Marie Štěpánková^{3,4}, Patrik Mik^{1,2}, Yaroslav Kolinko^{1,2} a Tereza Blassová^{1,2}

Kvantitativní histologická analýza hojení zlomenin žeber po chirurgické fixaci titanovými dlahami na experimentálním modelu miniprasete

¹ Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova

² Ústav histologie a embryologie, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova

³ 3. Lékařská fakulta, Univerzita Karlova

⁴ Klinika hrudní chirurgie, Fakultní nemocnice Basilej, Basilej

jirina.havrankova@lfp.cuni.cz

Východisko: V léčbě zlomenin žeber je preferována konzervativní terapie nad možností fixace zlomenin pomocí dlahy. Konzervativní přístup je doprovázen dlouhou a bolestivou rekonvalescencí a dlahová osteosyntéza není dostatečně obhájena z pohledu reakce povrchu žeber na pevně přiložené dlahy. Tato studie se zaměřila na kvantitativní histologickou analýzu kostních výbrusů připravených z hojících se žebních zlomenin stabilizovaných titanovými dlahami na modelu miniprasete.

Cíle: Cílem této práce bylo zhodnotit proces hojení zlomenin žeber metodou kvantitativní histologické analýzy. Hodnocenými parametry byly plošné podíly původní kosti, nově tvořené kosti a vaziva a chrupavky u žeber stabilizovaných pomocí titanové dlahy a u žeber bez fixace.

Metodika: Jako experimentální model byla použita dospělá miniprasata s ukončeným růstem kostry. V experimentální skupině (n=5) byla provedena osteotomie šesti žeber s následnou operativní stabilizací pomocí titanové dlahy. Kontrolní skupina (n=5) byla ponechána bez stabilizace. Tři a osm týdnů po operaci byla zvířata usmrcena a 6 hojených žeber bylo explantováno pro analýzu procesu hojení. Ze třech žeber z každého zvířete byly zhotoveny výbrusy a tři žebra byla odvápněna a použita na parafínové řezy a další část studie. Vzorky pro výbrusy byly fixovány 4 % formaldehydem, a vytvrzeny a zpracovány na výbrusy o tloušťce mezi 70-90 µm. Pro vizualizaci tkání byly obarveny roztokem 20% Giemsovy azur-eosin-methylenové modři. Výbrusy byly použity pro kvantitativní histologickou analýzu, kdy byl hodnocen plošný podíl původní kosti, nově vytvořené kosti a plošný podíl vaziva a chrupavky.

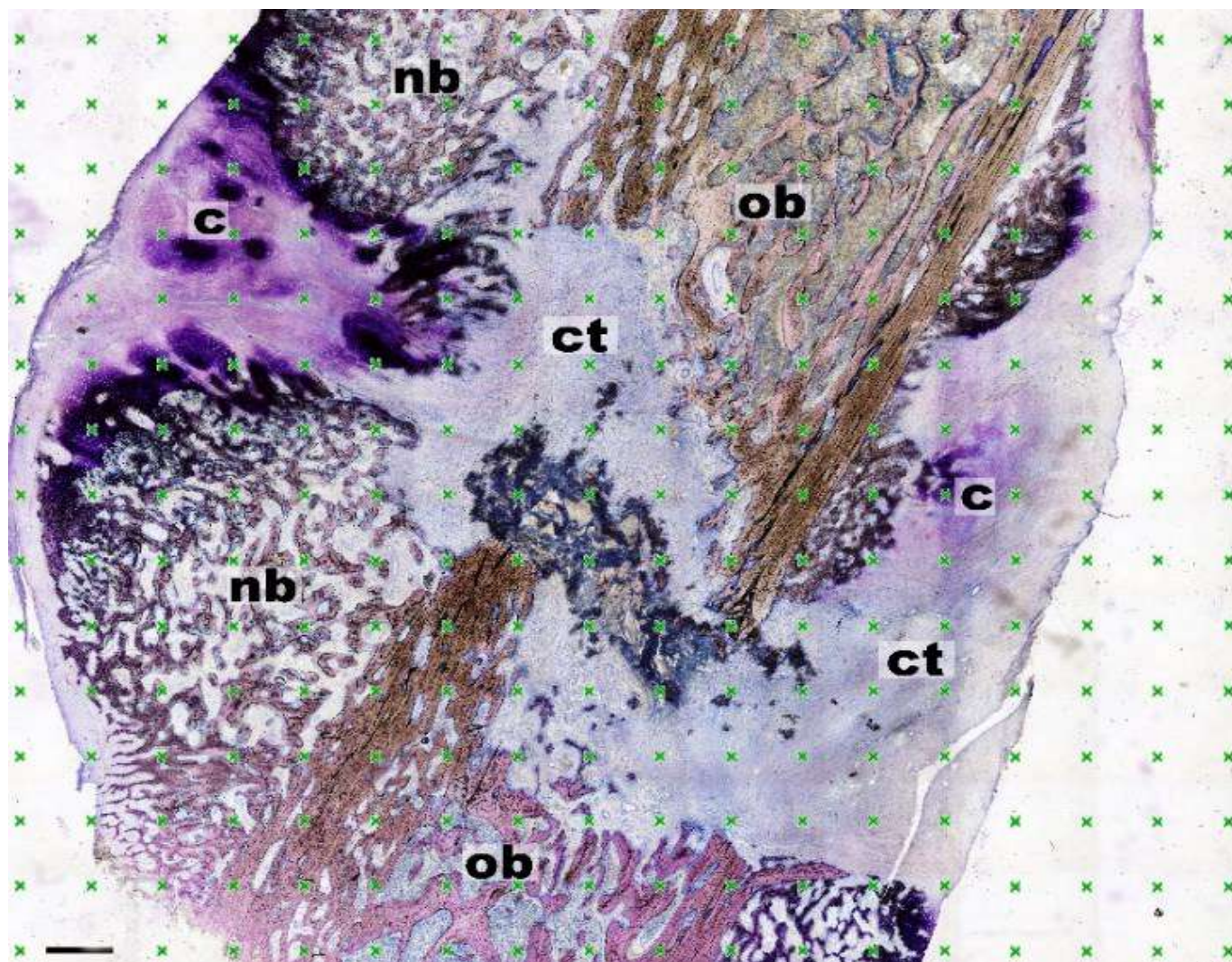
Kvantitativní analýza výbrusů žeber byla provedena za využití Stereologer 11 software na mikroskopu Nikon Eclipse Ti-U. K hodnocení plošných podílů původní kosti, nově vytvořené kosti, chrupavky a vaziva byla použita bodová mřížka. Plošný podíl jednotlivých složek byl vypočten tak, že byl součet bodů, které protínaly konkrétní strukturu, vydělen celkovým počtem bodů v mřížce. Data byla statisticky zpracována pomocí nepárového t-testu.



Výsledky: Plošný podíl původní kosti byl vyšší u fixované skupiny. Při porovnání obou skupin v čase se plošný podíl původní kosti v čase snižuje. V porovnání s nefixovanou skupinou je plošný podíl novotvořené kosti u fixované skupiny vyšší po třech týdnech hojení, naopak nepatrně nižší po osmi týdnech. Při porovnání obou skupin v čase se plošný podíl novotvořené kosti v čase zvyšuje. Plošný podíl chrupavky a vaziva byl po třech týdnech hojení nižší u fixované skupiny, po osmi týdnech byl plošný podíl u obou skupin stejný.

Závěr: Z výsledků kvantitativní histologické analýzy vyplývá, že u fixovaných žeber je velikost svalu, který se formuje okolo zlomeniny, menší. Zároveň data ukazují, že u fixované skupiny se konce zlomeniny drží blíže u sebe, proto je u fixovaných vzorků v porovnání s nefixovanými vyšší plošný podíl původní kosti. Dále je z výsledků možné usoudit, že fixace nemá žádný negativní vliv na vznik nové kosti.

Podpora: Práce byla finančně podpořena Grantovou agenturou Univerzity Karlovy (GAUK), 1468218 a programem Cooperatio, výzkumná oblast MED/DIAG.



Obr. 1. Příklad kvantitativní histologické analýzy zastoupení jednotlivých typů tkání u hojící se zlomeniny žebra bez fixace; c = chrupavka, ct = vazivo, nb = nově vytvořená kost, ob = původní kost.



Vojtěch Homuta^{1,2}, Šárka Hauzerová², Maxim Lisnenko², Jaroslav Mikule², Pavel Kejzlar³, David Lukáš² a Eva Kuželová Košťáková²

Postprocesní úpravy biodegradabilních elektricky zvlákněných nanovláken – povrchově strukturovaná nanovlákná

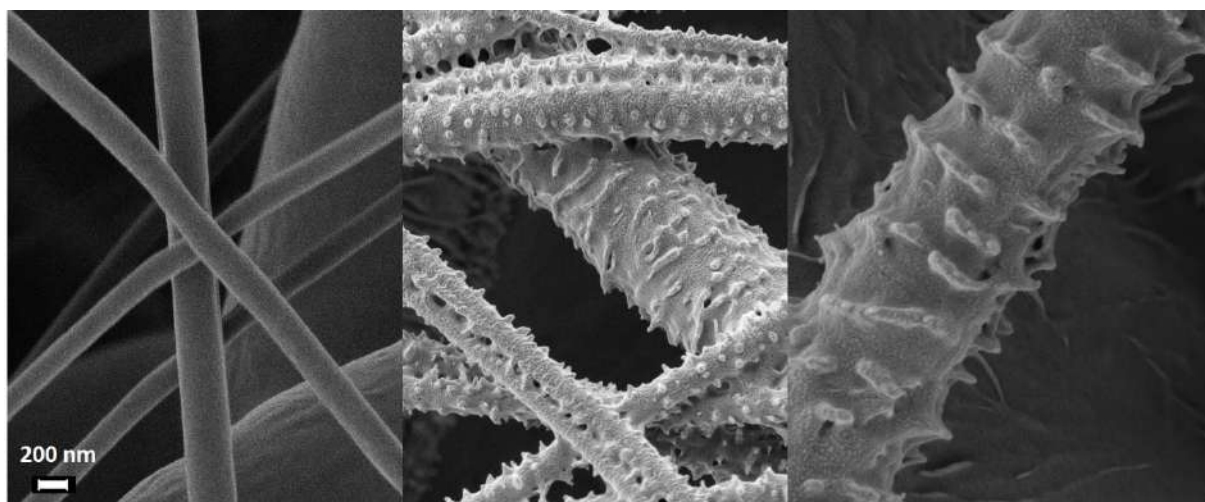
¹Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií, Liberec

²Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Katedra chemie, oddělení bioinženýrství, Liberec

³Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Liberec

eva.kostakova@tul.cz

Při výrobě polymerních nanovláken jako biomateriálů lze modifikovat jejich morfologii a strukturu nejen typem vybrané technologie jejich výroby a zvolenými procesními a materiálovými podmínkami ale i postprocesně. Jednou z možných postprocesních úprav je tvorba nanovláken typu shishkebab (NFSK) respektive nanovláken „zdobených“ vyčnívajícím periodickým vzorem polymerních krystalů. Tvar a vzdálenost těchto výstupů lze zřejmě řídit nejen strukturou a typem základních polymerních nanovláken ale i parametry postprocesní úpravy. Tématem tohoto příspěvku je představení optimalizovaných postprocesních úprav stejnosměrným proudem elektricky zvlákněných nanovláknenných materiálů z polykaprolaktonu. Postprocesní úpravy byly prováděny zředěnými roztoky polykaprolaktonu o stejné či rozdílné molekulové hmotnosti v různých typech směsí rozpouštědlo/nerozpouštědlo či v částečných rozpouštědlech. Příklady základních vláken i výsledných nanovláknenných struktur jsou uvedeny na obr. 1.



Obr. 1 Snímky z rastrovacího elektronového mikroskopu elektricky zvlákněných nanovláken z polykaprolaktonu základních (vlevo) a po post procesní úpravě pro získání shishkebab struktury (ve středu a vpravo).

Cílem výroby nanovláken se strukturou shishkebab je charakterizace jejich fyzikálně-chemických a morfologických vlastností a následná možnost studia vlivu na tvorbu biofilmu, viabilitu mikrobiální populace a zároveň biokompatibilitu z hlediska interakce s eukaryotickými buňkami.

Poděkování: Autoři děkují ze podporu tohoto výzkumu z projektu GAČR 23-05154S Interakce prokaryotických a eukaryotických buněk s nanovláknny s různou morfologií a strukturou.

**úterý 21:00 – 22:30**

Vojtěch Hybášek, Ester Duchková, Jitřenka Jírů a Jaroslav Fojt
Elektrochemická příprava fosforečnanových vrstev na biodegradabilní
zinkové slitině

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemické technologie, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, Praha

hybasekv@vscht.cz

Moderní zinkové materiály navrhované pro biomateriálové využití přinášejí řadu výzev jak z hlediska korozního inženýrství, tak i z pohledu mikrobiologického, přičemž se ukazuje jednoznačná propojenost problematiky obou oborů. Degradace zinkových materiálů zahrnuje vznik řady nerozpustných korozních produktů, jejichž přítomnost dále ovlivňuje reakci organismu spojenou s odezvou materiálu, kde jde zejména o lokalizované formy degradace, které mohou ovlivnit jak mechanickou odolnost, tak i lokální koncentrace uvolněných iontů. Správně provedené korozní a mikrobiologické zkoušky by měli tento dynamický vývoj simulovat, tak aby mohly být materiály vhodně designovány zejména z hlediska prediktibilní degradace. Nicméně pro reálnou aplikaci je rovněž nutné absolutorium zkoušek dle normativy, která je jen omezeně flexibilní.

Řešením dané situace by mohly být úpravy povrchu, jejichž úkolem je zrovnoměnit rozpouštění v čase – potlačení rychlého rozpouštění na začátku expozice vedoucího až k toxickým koncentracím kovových iontů a zároveň omezení vzniku přednostně korodujících míst vedoucích k předčasné ztrátě integrity materiálu. V rámci práce byly testovány elektrochemické postupy příprav vrstev na fosforečnanové bázi s různými druhy morfologie vedoucí k řádovému zpomalení rozpouštění již v úvodních fázích expozice.

Práce byla uskutečněna za finanční podpory Grantové Agentury České republiky, projekt 23-05592S.

úterý 21:00 – 22:30

Ema Chudobová^{1,2}, Šárka Hauzerová², Kristýna Havlíčková², Luboš
Běhálek³, Jana Müllerová³, Věra Jenčová², David
Lukáš² a Eva Kuželová Košťáková²

Rozfukování polymerních roztoků pro in situ aplikace nanovlákných
materiálů v medicíně

¹ Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií, Liberec

² Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Katedra chemie, oddělení bioinženýrství, Liberec

³ Technická univerzita v Liberci, Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace, Liberec

ema.chudobova@tul.cz

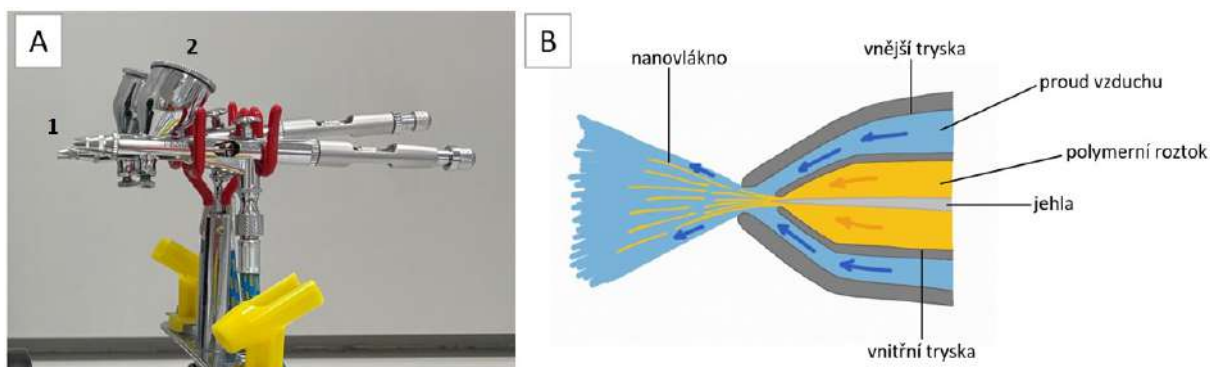
Nanovlákné tkáňové nosiče (scaffoldy) jsou v současné době intenzivně zkoumány pro použití jako kryty ran. Pro hojení ran mají tyto materiály velký význam v podobnosti s extracelulární matrix. Nanovláknna se pak stávají podpůrnou konstrukcí pro adsorpci proteinů a následný růst



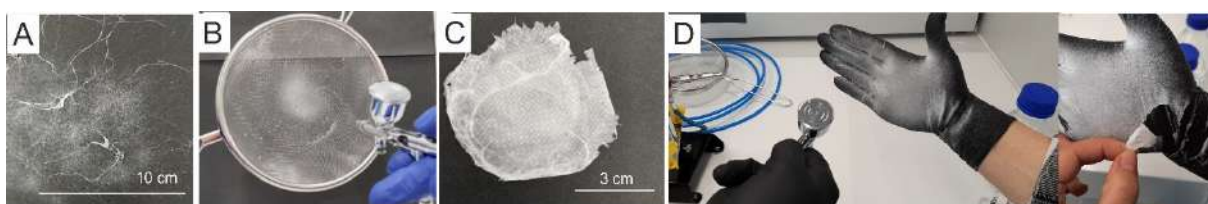
buněk. Nejčastějším materiálem pro tvorbu scaffoldů jsou biokompatibilní a biodegradabilní polymery, které jsou připraveny do podoby roztoků. Následně jsou tyto roztoky přetvářeny do formy nanovláken metodami využívající různých sil (elektrických, aerodynamických, hydrodynamických...). Scaffoldy se nyní vyrábějí nejčastěji pomocí elektrického zvlákňování (elektrospinningu), kdy se využívá vysokého elektrického napětí buď stejnosměrného nebo střídavého. Výzvou v hojení ran do budoucna je nanášení nanovláknenných materiálů – scaffoldů přímo na místo potřeby (in situ), k čemuž není elektrické zvlákňování vhodné.

Pro specifickou aplikaci tvorby nanovláken in situ se jeví jako vhodná metoda zvlákňování rozfukováním polymerních roztoků (air-jet spinning), kdy k tvorbě vláken dochází s využitím pouze proudu vzduchu. Jedním ze zařízení, které je používáno pro air-jet spinning, je komerční airbrush (viz Obr.1). Pro tvorbu nanovláken je do nádoby airbrushu nalit polymerní roztok, který zároveň stéká na vnitřní jehlu. Poté je stisknuta spoušť, a je tak uvolněn ventil přívodu stlačeného vzduchu z kompresoru. Spoušť je zároveň propojena s jehlou. Pohybem spouště směrem od špičky airbrushu se jehla posouvá dozadu a tvoří se prostor ve vnitřní trysce pro průtok polymerního roztoku. Ten steče na okraj trysky po jehle. Vnější tryskou proudí vzduch okolo vnitřní trysky s polymerním roztokem. Pokud aerodynamická síla proudu vzduchu překoná povrchové napětí kapky roztoku, na povrchu kapky jsou formovány trysky. Proud vzduchu pak dluží trysky ve vlákna, která jsou nakonec unášena ven z airbrushu (viz Obr. 1B). Výsledná vlákna jsou poté sbírána na kolektor. Kolektorem tedy může být papír či sítko (viz Obr. 2A-C), je také možné zvlákňovat na lidskou ruku (viz Obr. 2D) či přímo na poškozenou tkáň. Potenciální výhodou air-jet spinningu je přesně cílené zvlákňování na rány různých rozměrů či tvarů a případná regulace tloušťky vrstvy.

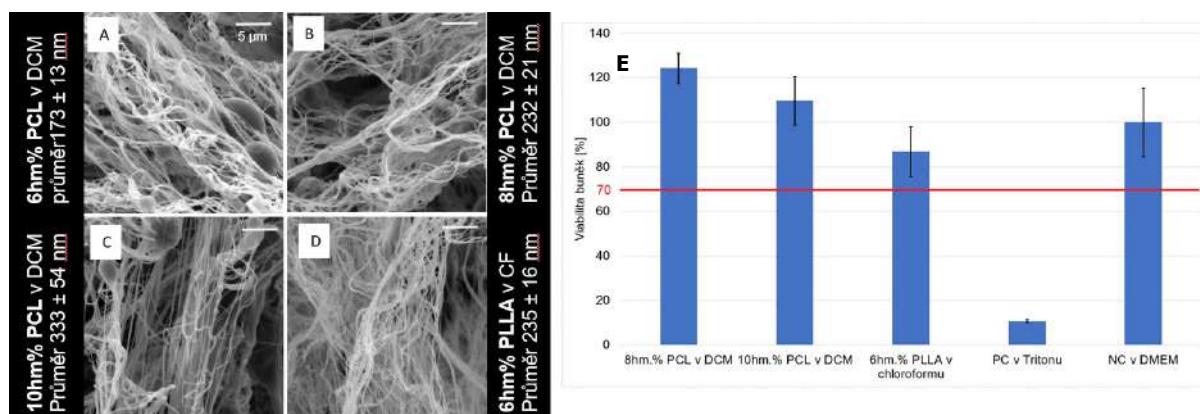
V tomto příspěvku bude představena úvodní studie zaměřená na optimalizaci polymerních roztoků pro tvorbu nanovláknenných vrstev pomocí rozfukování polymerních roztoků prozatím pro standardní postup aplikace. Vzniklá vlákna air-jet spinningem byla zkoumána z hlediska morfologie pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu (viz Obr. 3A-D), obsahu zbytkových rozpouštědel ve vláknech metodou FTIR a jejich stupně krystalinity použitím DSC. Dále byla studována jejich cytotoxicita pomocí in vitro testů (viz Obr. 3E).



Obr. 1 Zařízení pro tvorbu nanovláken pomocí technologie rozfukování polymerního roztoku: A) Fotografie dvou „pistolek“ airbrush na stojánku s označenou tryskou (1) a nádobkou na polymerní roztok (2); B) Schéma principu zvlákňování pomocí airbrushu v jeho trysce.



Obr. 2 Fotografie z výroby nanovláknenných vzorků technologií rozfukování polymerního roztoku: A) zvlákňování na papír; B) zvlákňování na kovové sítko; C) vzorek nanovláken sejmutý z kovového sítka a D) zvlákňování přímo na ruku v černé rukavici.



Obr. 3 Snímky z rastrovacího elektronového mikroskopu vybraných zvláknovaných materiálů (PCL pro různé koncentrace polymeru v roztoku a PLLA), měřítko představuje 5 μ m (A-D) a výsledky in vitro testů cytotoxicity dle normy ČSN EN ISO 10993-5 (855220) (E).

Pro aplikaci nanovláknových materiálů přímo in situ je nutné dále studovat vhodné polymerní materiály včetně vhodných rozpouštědel, parametrů nastavení zvláknovacího zařízení, studovat teplotní změny prostředí i případné rány, věnovat se možnosti práce ve sterilním prostředí atd. Nicméně rozfukování polymerního roztoku je jistě vhodnou technologií pro další rozvíjení tohoto postupu aplikace nanovláken.

Poděkování: Autoři děkují Katedře chemie FP TUL za finanční podporu účasti Emy Chudobové na konferenci.

úterý 21:00 – 22:30

Pavlaína Jančová¹ a Lucie Vištejnová^{1,2}

Kultivace hepatocytů ve formě 3D sferoidů pro účely vývoje *in vitro* modelu NAFLD

¹ Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova

² Ústav histologie a embryologie, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova

pavlina.jancova@lfp.cuni.cz

Nealkoholové ztučnění jater (non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD) je časté chronické onemocnění, jehož závažnější forma nealkoholová steatohepatitida může vyústit až v cirhózu nebo hepatocelulární karcinom. Momentálně není dostupná žádná léčba, která by progresi nemoci zastavila. Význam tohoto onemocnění dokládá i skutečnost, že NAFLD je na předních příčkách indikací pro jaterní transplantace. Proto je kladen důraz na výzkum tohoto onemocnění a hledání léčebných možností. Příkladem výzkumu je vytvoření relevantních *in vitro* modelů, které přispějí k popisu ne zcela pochopené patogeneze NAFLD. Překážkou při kultivaci hepatocytů je jejich rychlá dediferenciace bránící dlouhodobé kultivaci, která je pro modelování NAFLD nezbytná. Řešení nabízejí metody 3D kultivace. Bylo ukázáno, že kultivace ve formě 3D sferoidů napomáhá udržení viability a funkcí primárních hepatocytů po dobu několika týdnů. Avšak vzhledem k variabilitě mezi donory nejsou všechny primární hepatocyty vhodné pro formování sferoidů, což komplikuje práci při tvorbě modelu. Proto jsme vyzkoušely použití buněčné linie HepG2 jako levnější a pro kultivaci snadnější alternativy. HepG2 sferoidy jsme kultivovaly po dobu 4 týdnů a průběžně sledovaly buněčnou viabilitu, funkce a morfologii buněk. Vyzkoušely jsme



několik kultivačních podmínek, zejména odlišné nasazovací hustoty a složení média, s cílem udržet viabilitu sferoidů po celou dobu kultivace. Bohužel se ukázalo, že HepG2 buňky jsou kvůli své vysoké proliferační aktivitě vhodné pouze pro krátkodobou kultivaci 3D sferoidů. Při kultivaci delší než 1 týden se nám nepodařilo udržet jejich průměr pod 300 μm a tím docházelo ke smrti buněk uprostřed sferoidů. Poster shrne naše zkušenosti s přípravou modelu a objasní důvody nevhodnosti HepG2 sferoidů pro dlouhodobé kultivace.

Práce je podpořena projektem č. 454122 Grantové agentury Univerzity Karlovy, projektem SVV č. 260 651 Univerzity Karlovy a programem Cooperatio, výzkumná oblast MED/DIAG.

úterý 21:00 – 22:30

Věra Jenčová¹, Šárka Hauzerová¹, Kristýna Havlíčková¹, Maxim Lisněnko¹, Renata Procházková², Bohdana Heczková², Šárka Jakůbková² a Eva Kuželová Košťáková¹

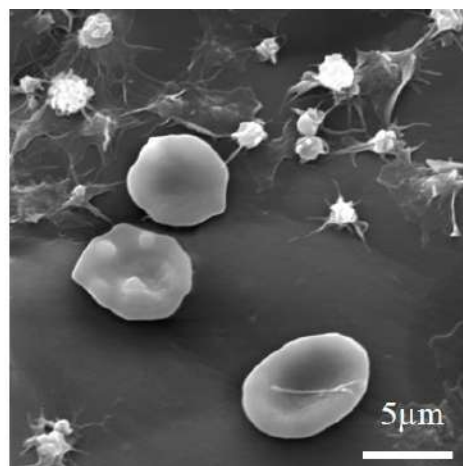
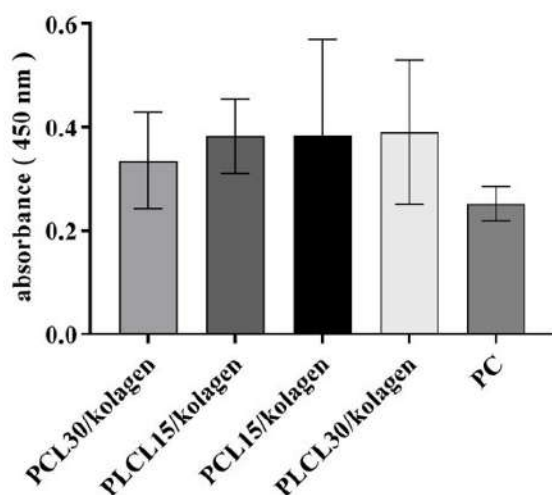
Hodnocení hemokompatibility vstřebatelných materiálů pro kardiovaskulární chirurgii

¹ Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, ČR

² Krajská nemocnice v Liberci, ČR

vera.jencova@tul.cz

V rámci vývoje materiálů pro kardiovaskulární chirurgii je důležité hodnotit tyto materiály i z hlediska jejich hemokompatibility. Jedná se o testování interakce materiálu se složkami lidské krve a je nezbytným testem např. u materiálů vyvíjených jako cévní bandáže a cévní náhrady, nicméně vhodné je toto testování např. i u krytů ran. Konkrétně se jedná o testy na hemolýzu, trombogenicitu a koagulaci. Hemolýza erytrocytů je analyzována z důvodu možného poškození membrány červených krvinek vlivem kontaktu s materiálem. Trombogenicita je schopnost materiálu vyvolat aktivaci trombocytů. Ta je vyvolána kontaktem trombocytů s materiálem, kdy dochází k jejich více či méně akcelerované aktivaci.



Obr. 1 Graf vyjadřující analýzu trombogenicity kompozitních materiálů a snímek z elektronového mikroskopu zachycující krevní buňky (erytrocyty a trombocyty) adherované na kompozitním materiálu PLCL/kolagen.



V rámci testů koagulace je sledováno ovlivnění rychlosti koagulace při kontaktu materiálu s krevní plazmou. V této práci byla hodnocena hemokompatibilita kompozitních materiálů určených pro použití jako bandáže velkých cév. Jedná se o kompozit složený z několika vrstev nanovláknenného materiálu (na bázi biodegradabilních polyesterů), které byly prosyceny kolagenem. Materiály byly testovány do 3 měsíců po sterilizaci gama zářením. Z výsledků je zřejmé, že výsledné kompozity nemají negativní vliv na hemolýzu a koagulaci, byl pozorován pouze jejich trombogenní účinek. Na trombogennicitu dle získaných dat nemá výrazný vliv složení polyesterové nanovláknenné složky. Trombogenní účinek je dále výraznější u materiálů po sterilizaci.

Poděkování

Tato práce byla provedena díky finanční podpoře MZ ČR, projekt číslo NU20-02-00368

úterý 21:00 – 22:30

Aleš Jíra¹ a Jiří Dupal²

Mechanické porovnání konvenčního a biodegradabilního implantátu pro osteosyntézu kotníku

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Praha

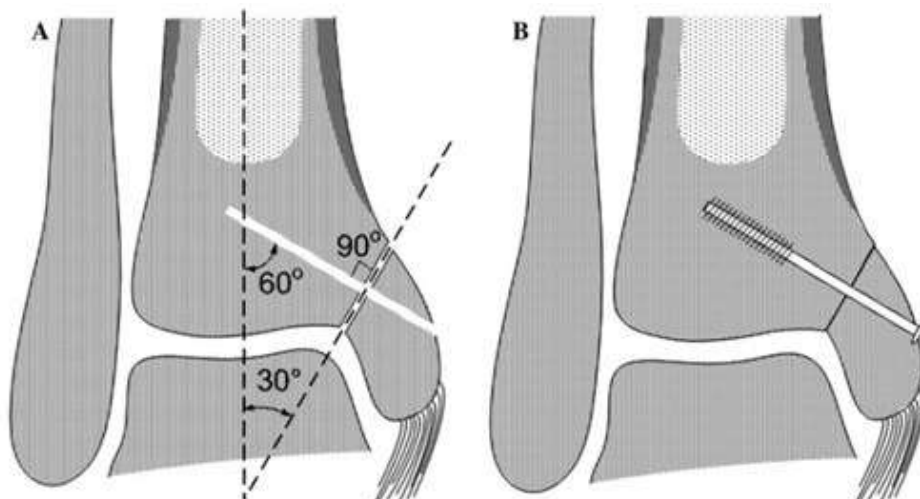
² Univerzita Palackého v Olomouci, Lékařská fakulta, Traumatologická klinika, Olomouc

jira@fsv.cvut.cz

Biodegradabilní implantáty v traumatologii skeletu se snaží minimalizovat invazivitu operačních výkonů a omezit rizika spojená s dlouhodobým používáním konvenčních implantátů. Použití konvenčních chrominiklových a titanových slitin vyžaduje nutný druhý operační zákrok pro odstranění implantátů a jejich vysoká únosnost není vždy plně využitelná. Tato práce si klade za cíl porovnat tyto konvenční implantáty s biodegradabilními implantáty na bázi magneziových slitin.

Doba hojení zlomení v oblasti kotníků je obvykle 8-12 týdnů a během hojení probíhá zpevňování v oblasti linie osteotomie. Po této době obvykle dochází k odstranění osteosyntetického materiálu. Tento krok by bylo možné vynechat v případě použití implantátu, který bude se vzrůstající tuhosti svalku resorbovat. Ovšem navzdory slibným vlastnostem magneziových implantátů stále existuje nedůvěra ortopedů a traumatologů vůči nim. Zaznívá otázka skutečné pevnosti a stability osteosyntézy v porovnání s konvenčními implantáty (ocel, titan). Z tohoto důvodu bylo provedeno mechanické testování a retrospektivní analýza provedených osteosyntéz s chrominiklovými a magneziovými slitinami.

Laboratorní testování probíhalo na dolních koncích holeních kostí. Byla vytvořena simulace zlomeniny vnitřního kotníku pomocí osteotomie kosti a následně byla provedena osteosyntéza stabilizací osteotomie pomocí dvou kortikálních šroubů o průměru 3,5 mm. Šrouby byly zavedeny kolmo k linii osteotomie podle standardů AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) pro osteosyntézu takových zlomenin (Obr. 1). V jedné skupině byly použity standardní ocelové šrouby a ve druhé skupině magneziové šrouby. Délka šroubů se pohybovala mezi 36 a 40 mm v závislosti na velikosti kostního preparátu.



Obr. 1 Schématické znázornění realizované osteotomie následné osteosyntézy.

Při mechanickém testování byl vzorek umístěn do vyrobeného držáku a fixován pomocí tří šroubů v oblasti epifýzy a dvojice šroubů v oblasti diafýzy. Takto uchycený vzorek ve vnitřním pouzdře, byl stabilizován do ideální pozice pomocí vnějšího pouzdra a následně vetknutý do čelistí, které zajistili stálou stabilitu celého systému. Takto uchycený vzorek byl cyklicky zatěžován až do porušení.

Cyklické zatěžování se řídilo funkcí sinus s minimální silou (10 N) a maximální silou (50, 75, 100, 125 ... N) a frekvencí 4 Hz. Po dosažení 10 000 opakování byla maximální síla navýšena o 25 N a pokračovalo se v testování. Postupně docházelo ke dvěma variantám porušení. U biodegradabilních implantátů došlo ve všech případech k únavovému lomu implantátů v místě linie osteotomie při dosažení ~25000 opakování, což odpovídá meznímu zatížení 100 N (Obr. 1a). Naopak u konvenčních implantátů bylo porušení signalizováno nadměrnou deformací v místě osteotomie (výrazné oddálení fragmentů) při ~15000 opakování (dva vzorky) a 48000 opakování (jeden vzorek) (Obr. 2b).



(a)



(b)

Obr. 2 Vzorek č. 2 po celkové destrukci Magneziových (degradabilních implantátů) – (a), a vzorek č. 4 po selhání spojení v oblasti linie osteotomie, kde došlo k otláčení implantátů do kosti a výraznému poklesu fragmentu – (b)

Tato studie ukazuje výrazné rozdíly v chování ověřovaných implantátů. Vždy je třeba zohlednit počáteční denzitu kosti a bylo by dobré studii doplnit detailním porovnáním denzity u jednotlivých



vzorků. Nicméně počáteční data ukazují slibné výsledky biodegradabilních slitin, které jsou sice mechanicky méně únosné, ale ve specifickém fyziologickém prostředí jsou ke kosti šetrnější v důsledku nižší tuhosti dosahují v průměru vyšší únosnosti. Ovšem pro ověření tohoto tvrzení bude třeba studii rozšířit o větší počet vzorků.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory projektu č. SGS23/152/OHK1/3T/11 uděleného Stavební fakultou ČVUT v Praze, za což děkujeme.

úterý 21:00 – 22:30

**Marek Kindermann¹, Patrik Mik², Martina Dolejšová¹, Pavel Klein¹,
Iveta Paurová¹ a Lucie Vištejnová^{1,2}**

Optimalizace metody zalévání tvrdých vzorků do PMMA za účelem přípravy kvalitních výbrusů

¹ Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova, Plzeň

² Ústav histologie a embryologie, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova, Plzeň

marek.kindermann@lfp.cuni.cz

Histologické zpracování tvrdých tkání těla (kost, zubní aparát) je nezbytnou součástí hodnocení reakce těla na implantované materiály. Lze jej provádět dvěma způsoby – tzv. dekalifikací, kdy je vzorek tkáně inkubován po několik týdnů až měsíců (podle velikosti vzorku) v prostředí kyseliny (např. mravenčí, chlorovodíková) nebo v prostředí EDTA, což je častěji používaná metoda, neboť nedochází k poničení antigenů, a výsledné histologické řezy lze barvit imunohistochemicky protilátkami. Dekalcifikované vzorky se dále zpracovávají jako jiné měkké tkáně pomocí parafinových řezů. Avšak, pokud je analyzovaný implantát kovové povahy (např. Ti, Mg) nebo keramika, nelze metodu dekalifikace a parafinových řezů použít, a je potřeba vzorek zpracovat tzv. výbrusovou metodou.

Metoda výbrusů pro zpracování tvrdých tkání byla pravděpodobně poprvé popsána v roce 1941 Alexandrem Randallem a Alanem W.C. Menziesem. Využili vlastností „plexiskla“, tj. polymethylmetakrylátu (PMMA) pro prosycení a zpevnění tvrdých a křehkých vzorků, které se nedaly běžně nakrájet na mikrotomu [1]. Hlavní kroky metody se používají dodnes. Standardně fixovaný a dehydratovaný vzorek je prosycen a zabudován do PMMA bločku, pevně přichycen na speciální podložní sklo a pomocí pily krájen na tloušťku 100–200 µm. Poté je broušen na konečnou tloušťku 5–10 µm. Takto připravené výbrusy se dají barvit většinou stejných přehledných barvení jako dekalifikované parafínové řezy. Často se využívá toluidinová modř, Massonův trichrom, hematoxylin/eosin, pikrosiriová červeň nebo barvení dle Giemsy [2,3]. Imunohistochemické barvení na výbrusech použít nelze.

Správné zabudování tvrdého vzorku do PMMA je jeden z nutných předpokladů pro získání kvalitního výbrusu. Velkým úskalím PMMA je jeho polymerace, kdy se jako iniciátor používá benzoyl peroxid, jeho reakce je exotermní, a v lepším případě vznikají v PMMA bločku nežádoucí bubliny, a v horším případě může být vzorek znehodnocen, neboť benzoyl peroxid je explozivní molekula. Z těchto důvodů je žádoucí hledat jiné iniciátory polymerace a jeden z možných je bis (4-*tert*-butylcyclohexyl)peroxydicarbonate (BBPD) [4].



Pomocí BBPD se nám podařilo připravit PMMA bločky kostních vzorků potkaních femurů s Mg implantáty bez bublin, zabarvení a znehodnocení vlastního vzorku. Teplota polymerace nepřesáhla 50°C a celkový čas potřebný pro vytvrzování PMMA nepřesáhl 7 dní.

- [1] Randall A a Menzies AWC. Histological sectioning of hard tissues by a new technique. *Science* 1941; 93, 189-190. DOI: 10.1126/science.93.2408.18
- [2] Rohrer MD a Schubert CC. The cutting-grinding technique for histologic preparation of undecalcified bone and bone-anchored implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 74, 73-78. DOI: 10.1016/0030-4220(92)90218-f
- [3] Donath K and Breuner G. A method for the study of undecalcified bones and teeth with attached soft tissues. The Säge-Schliff (sawing and grinding) technique. *J Oral Pathol* 1982; 11, 318-326. DOI: 10.1111/j.1600-0714.1982.tb00172.x
- [4] Buijs R and Dogterom AA. An improved method for embedding hard tissue in polymethyl methacrylate. *Stain Technol* 1983; 58, 135-141. DOI: 10.3109/10520298309066774

Práce je finančně podpořena Agenturou pro zdravotnický výzkum Ministerstva zdravotnictví, projekt číslo NU20-08-00150.

úterý 21:00 – 22:30

**Michala Klusáček Rampichová¹, Eva Šebová¹, Viraj P. Nirwan²,
Olga Kuten Pella³, Amir Fahmi² a Eva Filová¹**

Nanofibrous scaffold containing hyperacute serum for osteogenic differentiation of AT-MSC

¹ Institute of Experimental Medicine of the CAS v.v.i., Praha

² Rhine-Waal University of Applied Sciences, Kleve, Germany

³ OrthoSera GmbH, Krems an der Donau, Austria

michala.rampichova@iem.cas.cz

Hyperacute serum (HAS) is a blood derivative obtained by compressing platelet rich fibrin (PRF). HAS contains large amounts of growth factors that promote osteogenic differentiation of stem cells. In this study, we used scaffolds prepared by electrospinning of PLCL as a drug delivery system for HAS. Two types of scaffolds containing 1.8 and 2 wt% HAS were tested. A nanofibrous scaffold prepared from pure PLCL was used as a control. The scaffolds were seeded with adipose tissue-derived stem cells (AT-MSCs) and cell adhesion and proliferation were monitored by MTS metabolic activity assay, DNA quantification and confocal microscopy. Osteogenic differentiation of AT-MSCs was monitored as the production of typical osteogenic markers collagen I, osteocalcin, and alkaline phosphatase (ALP) activity for 28 days. Neither metabolic activity assay nor dsDNA quantification showed a positive effect of HAS on cell proliferation. Similarly, differences in cell adhesion and proliferation were not observed by confocal microscopy. Because cell proliferation was too low, there was no formation of a confluent layer of cells on the scaffolds, which is necessary for osteogenic differentiation and production of specific markers. HAS did not increase ALP activity in the samples, nor was collagen I and osteocalcin production observed by immunofluorescence staining and visualization by confocal microscopy. However, a significant increase in mineralization was observed by alizarin red staining (ARS) in the HAS-containing scaffold on day 28. Unfortunately, the results obtained did not show a positive effect of HAS. This



could be due to the low content of encapsulated HAS in the scaffolds. In future studies, we will mainly focus on optimizing the release of HAS from the scaffolds.

This study was financially supported by the HORIZON 2020 MSCA-RISE Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff Exchange Research Program, iP-Osteo project no. 824007.

úterý 21:00 – 22:30

**Kristýna Kubášová¹, Radek Sedláček¹, Tomáš Suchý^{1,2},
Lucie Vištejnová³, Maria Štěpánková⁴, Pavel Klein³,
Jitka Luňáčková⁵ a Martin Bartoš⁵**

Options for mechanical testing and evaluation of rib fractures

¹ Department of mechanics, biomechanics a mechatronics, Faculty of Mechanical Engineering, CTU in Prague.

² Institute of Rock Structure and Mechanics, Czech Academy of Sciences, Prague.

³ Biomedical Center, Medical Faculty in Pilsen, Charles University, Pilsen.

⁴ Department of Thoracic Surgery, University Hospital Basel. Switzerland.

⁵ Institute of Dental Medicine, First Faculty of Medicine, Charles University, General University Hospital in Prague, Prague.

kristyna.kubasova@fs.cvut.cz

Rib fractures are very common injuries, but there is no definitive answer to their treatment. There are two main approaches to this treatment – the conventional method and the surgical method. Different approaches are used to evaluate these methods, their growth and effectiveness, one of which is mechanical evaluation. It uses material parameters or structural parameters, which often give conflicting results. Therefore, all advantages and disadvantages must be considered.

This work is co-funded by SGS grant CTU number SGS22/149/OHK2/ET/12.

úterý 21:00 – 22:30

Maxim Lisnenko¹, David Lukáš¹, Jan Valtera², Jaroslav Beran², Ondřej Baťka², Ondřej Friedrich², Divyabharathi Madheswaran¹, Manikandan Sivan¹, Šárka Hauzerová¹, Věra Jenčová¹ a Eva Kuželová Košťáková¹

Výroba a charakterizace nanovláknenných nití založených na PVA pro hygienické a medicínské aplikace

¹ Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Katedra chemie, oddělení Bioinženýrství, Liberec

² Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra textilních a jednoúčelových strojů, Liberec

Maxim.Lisnenko@tul.cz

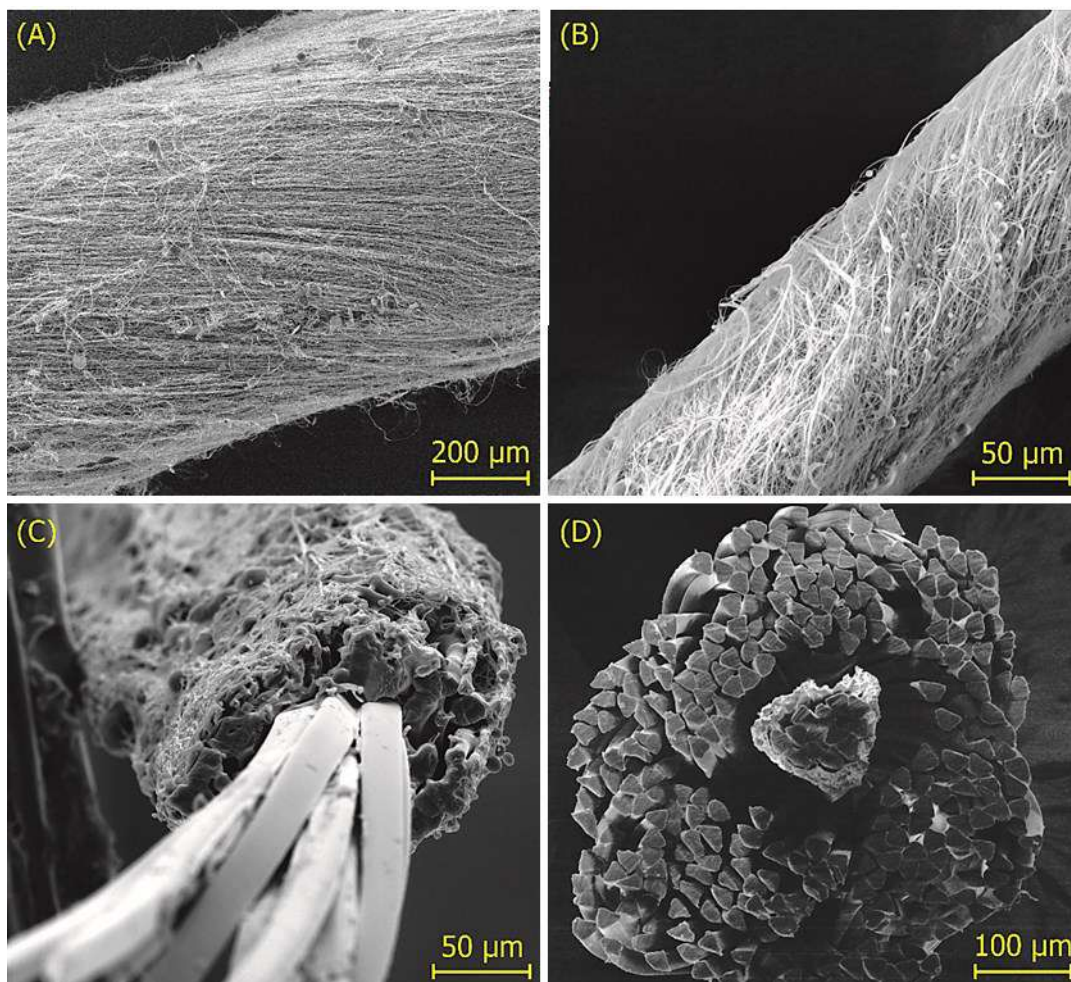
Nitě jsou základní textilní lineární strukturou, která je vyrobená z jednoho nebo několika vláken. Výroba kompozitních nití, které mají nanovláknena jako "plášť" a centrální mikrovláknena jako "jádro",



nebo stoprocentních nanovláknenných nití představuje technologickou výzvu. V posledních letech se podařilo dosáhnout poloproduční kontinuální výroby obou typů těchto nití pomocí elektrického zvlákňování s využitím střídavého proudu (AC electrospinning). Tato metoda umožňuje využití různých typů elektrod pro zvlákňování a také kombinaci různých polymerů.

Zájem o materiály založené na polyvinylalkoholu (PVA) stále roste, protože PVA je perspektivním materiálem pro biomedicínské aplikace. Tento zájem je způsoben především výhodami, které PVA poskytuje: vynikající biokompatibilita, nízká cytotoxicita, vysoká retence vlhkosti a propustnosti pro biologicky aktivní látky. Nanovláknenné materiály z PVA zároveň nabízejí velký potenciál jako nosiče vodorozpusťných biologicky aktivních látek. Rychlost rozpouštění PVA lze ovlivnit prostřednictvím dodatečné fyzikální stabilizace tohoto materiálu.

Získané výsledky (různé typy základních přízí, viz Obrázek 1) směřují k předpokladu, že tato strategie poskytne funkcionalizované fyzikálně zesíťované PVA nanovláknenné nitě, které najdou své využití v hygieně jako zubní nitě obsahující aktivní látky, v medicíně jako chirurgické šicí nitě nebo ve tkáňovém inženýrství jako utkané nebo spletené scaffoldy.



Obrázek 1: Snímky z elektronového mikroskopu představující různé typy kompozitních nití: (A) – 100% nanovláknenná nit z PVA se zákrutem; (B) – kompozitní nit, kde jádro tvoří PA6 a obal PVA s obsahem Lactoferinu; (C) – kompozitní nit s dvojitým obalem z PCL a PVA na vnější straně; (D) – řez spletanou nití z devíti jednotlivých nití, kde středová nit je tvořena kompozitní nití z „jádrového“ PA6 a „plášťových“ PVA nanovláken.

Poděkování: Autoři by tímto rádi poděkovali projektu TAČR 17927 / 176 (FW02020042) za finanční podporu a realizaci výzkumu.



**Kristýna Havlíčková, Maxim Lisnenko, Šárka Hauzerová,
Jaroslav Mikule, Pavel Kejzlar, Věra Jenčová,
Eva Kuželová Košťáková a David Lukáš**

Povrchově strukturovaná nanovlákná pro biologické aplikace

Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Katedra chemie, oddělení bioinženýrství

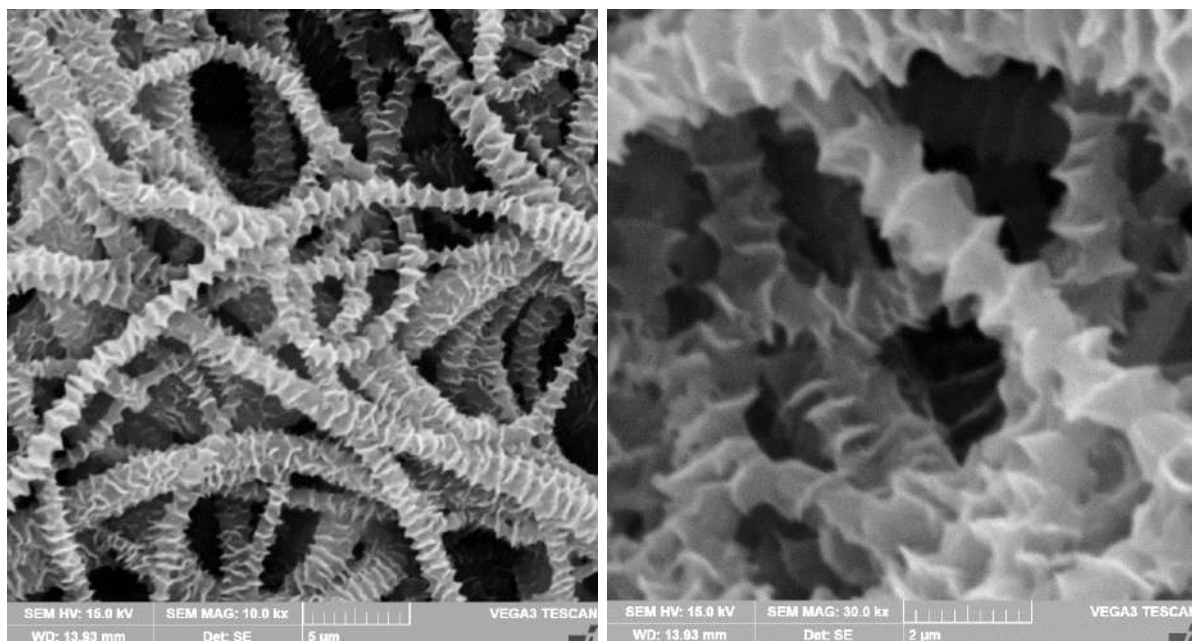
Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra materiálu

david.lukas@tul.cz

Morfologii nano a mikrovláken lze modifikovat během jejich přípravy metodou elektrického zvláknování. Elektrospinning je slibnou technologií, která vytváří nanovlákná o příhodné morfologii pro růst eukaryotických buněk.

Podskupina nanovláknenných biomateriálů, označovaná jako NFSK (nanofiber shish kebabs), má tzv. páteř zdobenou vystupujícím periodickým vzorem polymerních krystalů. Perioda krystalů může být vytvářena tak, aby měla charakteristický rozměr v řádu několika stovek nanometrů. Tyto špičaté struktury napodobují nano-pilíře na křídlech cikád a vážek. Ukázali jsme, že k podobné změně struktury nanovláken dochází také v důsledku jejich částečné enzymově katalyzované degradace. Amorfni části polymerních nanovláken jsou přednostně degradovány a zbývající části makromolekul vytvářejí krystalické struktury připomínající NSFK.

Pochopení interakce mezi NSFK a mikroorganismy (MO) by umožnilo omezit/podpořit tvorbu biofilmů, regulovat schopnost mikroorganismů pronikat do nanovláknenných materiálů a také řídit degradaci biologicky rozložitelných nanovláken.



Obr. 1 Nanovláknenné vrstvy vykazující typickou strukturu tzv. NFSK (nanofiber shish kebabs).

Poděkování: Autoři děkují za podporu tohoto výzkumu z projektu GAČR 23-05154S Interakce prokaryotických a eukaryotických buněk s nanovláknny s různou morfologií a strukturou.

**úterý 21:00 – 22:30**

**Přemysl Menčík, Kristýna Hlináková, Klára Lysáková,
Radek Přikryl a Lucy Vojtová**

Možnosti a výzvy 3D tisku cementového bioinkoustu

¹ CEITEC – Vysoké učení technické v Brně, Pokročilé biomateriály, Brno

² Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, Brno

mencik@fch.vut.cz

V oblasti materiálů pro regenerativní medicínu si metoda 3D tisku již vybudovala svou pevnou pozici. Každý materiál má ale své specifické vlastnosti, na které je třeba při 3D tisku reagovat. Ať je to precizní optimalizace tiskových parametrů, nebo přímo volba vhodné tiskové metody. V rámci mezinárodního projektu *profiBONE* orientovaného na vývoj resorbovatelných kostních cementů jsme se zaměřili na tisk personalizovaných struktur metodou materiálové extruze za laboratorní teploty. Pro tento účel jsme na CEITEC VUT upravili komerční 3D tiskárnu pro potřeby tisku našich materiálů. S novou tiskovou technologií však souvisí nastavení a optimalizace tiskových parametrů, jako je průtok materiálu, volba průměru tiskové trysky, tisková rychlost, nebo výška tiskové vrstvy. V neposlední řadě je nutno respektovat tokové vlastnosti materiálu a rozměry tištěného objektu. Z toho důvodu je třeba často ujít dlouhou cestu od návrhu k výtisku odpovídajícího tvaru. Ve své prezentaci se budu věnovat metodě 3D tisku cementové pasty a tiskových parametrů, které svou kombinací ovlivní kvalitu výtisku. Dále se budu věnovat možnostem, problémům, nalezeným limitům a potenciálu této tiskové metody.

Projekt profiBONE (TO01000309) je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu KAPPA a fondů EHP z Islandu, Lichtenštejnska a Norska.

úterý 21:00 – 22:30

**Katarína Mendová¹, Lukáš Horný¹, Hynek Chlup¹, Zdeněk Petřivý¹,
Jakub Kronek¹, Zbyněk Sobotka¹, Miroslav Kohan²,
Tomáš Balint² a Marek Schnitzer²**

**Mechanické vlastnosti 3D tlačeního polymérneho materiálu slúžiaceho
na výrobu cievnej náhrady**

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Praha.

² Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra biomedicínskeho inžinierstva a merania, Košice, Slovenská republika.

katarina.mendova@fs.cvut.cz

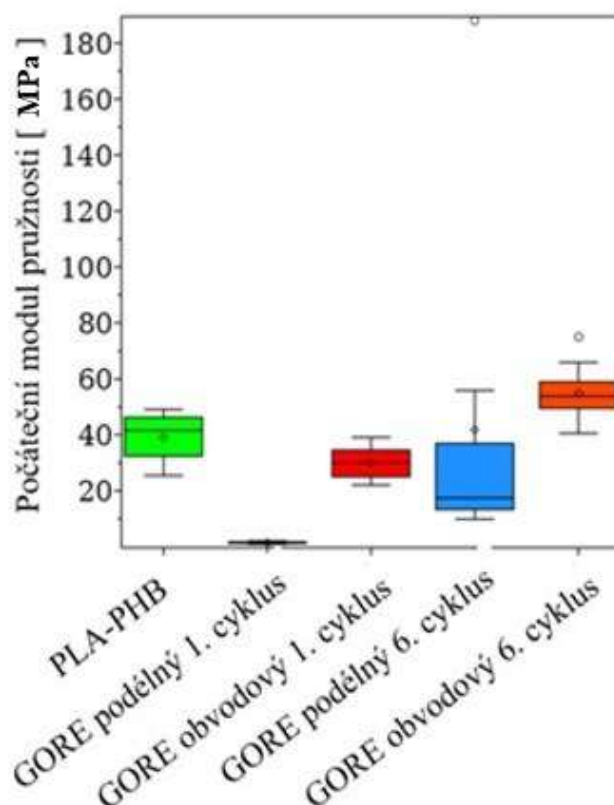
Cieľom nášho výskumu je pomocou 3D tlače vyrobiť cievne náhrady použitím polymérnych materiálov na báze PLA/PHB. Dosiahnuť požadovanú geometrickú zložitost' napodobňujúcu anatomickú štruktúru cievy umožňuje využitie moderných metód aditívnej výroby. Keďže využitie týchto materiálov je smerované do oblasti medicíny je nevyhnutné aby tieto materiály boli biokompatibilné, bioresorbovatelné a vykazovali potrebné mechanické vlastnosti. V prvej časti



štúdie sa určovali mechanické vlastnosti prúžkov 3D tlačeneho materiálu PLA-PHB pomocou jednoosých ťahových skúšok. Výsledky skúšok sa porovnávali s mechanickými vlastnosťami prúžkov vyrezanými z klinicky používanej cievnej náhrady GORE-TEX v obvodovom smere. Mechanická odozva PLA-PHB prúžkov v rozsahu lineárnej pružnosti bola podobná mechanickej odozve prúžkov z GORE-TEXu. Pozdĺžne orientované prúžky z GORE-TEXu boli v porovnaní s PLA-PHB prúžkami poddajnejšie. Z tohto dôvodu máme za cieľ zapracovať na príprave poddajnejšieho polymérneho materiálu.



Obr. 1 Vzorky 3D tlačeneých PLA-PHB prúžkov, upnutý PLA-PHB prúžok do čelustí trhacieho zariadenia.



Obr. 2 Krabicový graf porovnávajúci získané hodnoty počiatočného Youngovho modulu pružnosti.

Pod'akovanie

Tento výskum bol podporený projektom SGS22/149/OHK2/3T/12 Výzkum a vývoj metod a aplikací pro diagnostickou a terapeutickou biomechaniku.



**Lenka Michlovská¹, Eva Drápalová¹, Eva Černá¹, Ivana Chamradová¹,
Břetislav Lipový^{1,2}, Jakub Holoubek², Lukáš Vacek³, Filip
Růžička³, Markéta Hanslianová^{3,4}, Táňa Svobodová⁵,
Barbara Hrdličková⁵ a Lucy Vojtová¹**

**Cenově dostupné, netoxické a antimikrobiální hydrogely z polysacharidů
pryskyřice Karai a chitosanu pro hojení ran**

¹ CEITEC – Středoevropský technologický institut, Vysoké učení technické, Pokročilé biomateriály, Brno

² Klinika popálenin a plastické chirurgie Lékařské fakulty, Masarykova univerzita a Fakultní nemocnice Brno, Brno

³ Mikrobiologický ústav FN u sv. Anny Brno a Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno

⁴ Oddělení klinické mikrobiologie, Fakultní nemocnice Brno, Brno

⁵ Enantis, Brno

lenka.michlovska@ceitec.vutbr.cz

Nejnovější trendy v managementu hojení ran a vývoj obvazů nové generace směřují k přírodním polymerním materiálům s důležitými prospěšnými vlastnostmi, jako jsou antimikrobiální účinky, obnovitelnost, snadnější proces přípravy a biologická aktivita. Cílem tohoto příspěvku je příprava a hodnocení in vitro unikátní biopolymerní směsi složené z přírodních polymerů na bázi kladně nabitého polysacharidu chitosanu a záporně nabitě pryskyřice Karaya. U směsi těchto polysacharidů byl prokázán synergický antimikrobiální účinek proti specifickým kmenům jak gram pozitivních, tak gram negativních bakterií a kvasinek. Tato polymerní směs byla použita pro přípravu hydrogelového filmu a stanovení vlivu složení na fyzikální vlastnosti (bobtnání v různých rozpouštědlech, pH, mechanismus difúze, hydrolytická stabilita, mechanické a optické vlastnosti). Zatímco čistá pryskyřice Karaya s poly(vinylalkoholem) vykazovala nejvyšší hydrolytickou degradaci, nejnižší hodnotu degradace vykazovala směs poly(vinylalkoholu) a pryskyřice Karaya s chitosanem, a to kvůli silným fyzikálním interakcím. Testy cytotoxicity provedené s hydrogelovými extrakty za použití dvou různých modelů in vitro, adherentních fibroblastů (NIH3T3) a neadherentních suspenzních B-lymfocytů (BaF3), vykazovaly vynikající biokompatibilitu a žádnou cytotoxicitu. Jak se očekávalo, antimikrobiální aktivita 3denních filmových extraktů ukázala významně zlepšený antimikrobiální účinek směsí zahrnujících biopolymer chitosanu. Fyzikální a biologické vlastnosti připravených hydrogelů na bázi biopolymerů splňují požadavky moderních obvazů na rány.

Poděkování: Tato práce byla podpořena Ministerstvem zdravotnictví České republiky v rámci projektu č. NU20-05-00166. Všechna práva vyhrazena.

**úterý 21:00 – 22:30****Jan Mikšovský^{1,2}, Petr Písařík^{1,2} a Jan Remsa^{1,2}****Biokompatibilní piezoaktivní tenké vrstvy připravované pulzní laserovou depozicí**

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra přírodovědných oborů, Kladno

² Fyzikální ústav AV ČR, Praha

jan.miksovsky@fbmi.cvut.cz

V tomto výzkumu jsme se zaměřili na možnosti přípravy hydroxyapatitových (HA) vrstev pomocí metody pulzní laserové depozice a studium jejich elektroaktivních vlastností. Hlavním cílem bylo ověřit možnosti testování piezoelektrických vlastností hydroxyapatitových materiálů, které jsou připraveny ve formě tenkých vrstev pomocí metody double beam laser interferometry (DBLI) a single beam laser interferometry (SBLI).

Spolu s piezoelektrickými vlastnostmi byly studovány další vlastnosti jako depoziční rychlost, vliv parametrů depozice na drsnost povrchu, smáčivost, ořezuvzdornost a tribologie, složení a morfologie povrchu. Vzorky materiálů byly připraveny jak na křemíkových substrátech, tak na reálných slitinách používaných pro výrobu implantátů.

Hydroxyapatitové materiály, jako součást tvrdých tkání, jsou známy svým elektroaktivním chováním a jsou popsány příznivé účinky tohoto chování na odezvu tvrdých tkání při jejich srůstání a hojení. Je zde ale předpoklad, s ohledem na chování jiných materiálů, že tento elektroaktivní projev může být pro systémy tenkých vrstev menší než u bulkových materiálů. Přesvědčivé studie na toto téma zatím chybí. Metoda DBLI a případně SBLI by mohly být cestou, jak přispět k lepší charakterizaci piezo vlastností takovýchto materiálů ve formě tenkých vrstev.

úterý 21:00 – 22:30**Karolína Morávková^{1,2}, Miroslava Rysová^{1,2}, Šárka Hauzerová³,
Michal Řezanka³, Kateřina Kubová² a Alena Ševců¹****Vliv složení nanovláken na odpověď simulovaného vaginálního prostředí *in vitro*.**

¹ Technická univerzita v Liberci, Ústav pro nanomateriály, nové technologie a inovace, Oddělení aplikované biologie, Liberec

² Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky a mezioborových studií, Ústav nových technologií a informatiky, Liberec

³ Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Katedra chemie, Liberec

⁴ Masarykova univerzita, Farmaceutická fakulta, Ústav farmaceutické technologie, Brno

karolina.moravkova@tul.cz

V posledních letech se z mnoha možných cest aplikace léčiv dostává do popředí zájmu také vaginální cesta. Přináší jak výhody, tak i obtíže, především díky svým cyklickým a lineárním



změnám a samočisticí schopnosti systému. Využití vaginální aplikace v humánním i veterinárním lékařství je široké, od léčby, přes hormonální substituce, řízení porodu až po systémovou léčbu bez zbytečného zatížení organismu.

Tato práce má za cíl vyvinout a charakterizovat nanovláknenné materiály, nové v kontextu vaginálních aplikací. Takové vrstvy musí splňovat parametry biokompatibility jak s mukózní vrstvou sliznice, tak i s přítomným mikrobiomem. Dále musí být buď dostatečně stabilní, případně jejich biodegradací produkty nesmí ovlivňovat vnitřní rovnováhu. Pro inkorporaci léčiva a jeho řízenou dopravu je ve vaginálním prostředí zásadní také otázka mukoadheze.

Materiály různého složení a stabilizace jsou v první fázi testovány *in vitro* na lidské vaginální buněčné linii VK2/E6E7 pro hodnocení biokompatibility a dále mikrobiologickými metodami pro hodnocení jejich interakce s komenzálními bakteriemi *Lactobacillus gesseri*, *L. crispatus* a *L. jenseni*. Jejich stabilita, případně míra biodegradace, je hodnocena v simulovaných vaginálních podmínkách a všechny měřené parametry jsou poté hodnoceny vzhledem ke složení a struktuře testovaných materiálů.

Poděkování: Tato práce byla finančně podpořena projektem SGS-2023-4406.

úterý 21:00 – 22:30

**Štěpán Podzimek, Radka Vrbová, Lucie Himmlová, Adéla Roubíčková,
Markéta Janovská, Tat'jana Janatová, Martin Bartoš a Alex Vinšů**
**Vliv pokročilých materiálů na bázi titanu na produkci pro- a
protizánětlivých cytokinů T lymfocyty hypersenzitivních pacientů**

Stomatologická klinika, Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, 1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova, Praha

stepan.podzimek@vfn.cz

Úvod: Kovové materiály využívané v medicíně se uplatňují především v chirurgii, ortopedii, stomatologii a kardiologii. Přes deklarovanou biokompatibilitu se z kovových slitin mohou uvolňovat kovové ionty i kovové partikule do okolních tkání a odtud i do celého organismu. Kovy mohou způsobovat lokální i systémové symptomy různorodého charakteru.

Metodika: U devatenácti pacientů hypersenzitivních na titan byl proveden odběr periferní krve pro izolaci T lymfocytů. Byl u nich proveden test MELISA® v rámci kterého byla otestována proliferace jejich T lymfocytů při kontaktu s roztoky solí titanu a stříbra, se vzorky základního titanového substrátu, titanového substrátu obohaceného stříbrem a s různými koncentracemi výluhů z těchto materiálů v čisté vodě, fyziologickém roztoku a umělé slině (celkem 34 testů u jednoho pacienta). U všech 19 pacientů byla znovu prokázána hypersenzitivita alespoň na jednu ze dvou testovaných solí titanu (TiO_2 a TiCl_3) a u 11 pacientů byla potvrzena současně i hypersenzitivita na stříbro. Z těchto testů bylo u každého pacienta odebráno 17 reprezentativních vzorků supernatantů pro stanovení 10 typických prozánětlivých a protizánětlivých cytokinů (IL-1 α , IL-1 β , IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, IL-13, MCP-1, IFN- γ a TNF- α , celkem 323 vzorků).

Výsledky: Produkce cytokinu IL-1 α byla nejvíce zvýšena po kontaktu se vzorky základního titanového substrátu a titanového substrátu obohaceného stříbrem, produkce cytokinu IL-1 β byla



nejvíce zvýšena po kontaktu s roztokem soli titanu (TiCl_3), produkce cytokinu IL-13 byla nejvíce zvýšena po kontaktu s roztokem soli stříbra, produkce cytokinů IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, MCP-1, IFN- γ a TNF- α nebyla významně ovlivněna po kontaktu s roztoky solí titanu a stříbra, se vzorky základního titanového substrátu, titanového substrátu obohaceného stříbrem ani s různými koncentracemi výluhů z těchto materiálů v čisté vodě, fyziologickém roztoku a umělé slině.

Závěr: Produkce cytokinů IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, MCP-1, IFN- γ a TNF- α nebyla významně ovlivněna po kontaktu se všemi testovanými vzorky, solemi titanu a stříbra byla nejvíce zvýšena produkce IL-1 β a IL-13. Produkce cytokinu IL-1 α byla nejvíce zvýšena po kontaktu se vzorky základního titanového substrátu a titanového substrátu obohaceného stříbrem.

Poděkování

Tato studie a prezentace byla podpořena projektem Cooperatio Dental Medicine 207030.

úterý 21:00 – 22:30

Jan Pokorný, Vojtěch Hybášek, Jiří Kubásek a Jaroslav Fojt **Degradace slitin zinku v modelových roztocích lidského organismu**

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta chemické technologie, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, Praha

pokorny@vscht.cz

Zinek a jeho slitiny jsou často diskutovanými materiály v oblasti biologicky odbouratelných biomateriálů díky své přijatelné rychlosti degradace a dobré biokompatibilitě. Tyto slitiny zároveň stimulují tvorbu nové kostní tkáně, což urychluje proces hojení. Významnou nevýhodou je však náchylnost k lokální korozi, která může způsobit, že materiál nebude plnit svou nosnou funkci po celou požadovanou dobu hojení. V důsledku toho se mnoho studií zaměřuje na in vitro korozní testy slitin na bázi zinku, které jsou prováděny ve vodných roztocích simulujících krevní plazmu. Tyto testy nám pomáhají pochopit základní mechanismy koroze těchto materiálů v lidském prostředí a poskytují informace o vhodnosti jejich použití.

V této práci byl zkoumán vliv přípravy zpracování na korozní chování slitiny Zn-1Mg a čistého zinku připravených z čistých prášků. Materiály byly připraveny kompaktizací metodou sintrace v plazmatu (SPS) a kombinací SPS a extruze. Pro simulaci prostředí lidského těla byly použity roztoky: minimální esenciální médium, Leibovitzovo médium a Leibovitzovo médium s přídavkem uhličitanových aniontů. Všechna tato média byla pro komplexnost systému doplněna 5 % fetálního bovinního séra. Během týdenní expozice v různých médiích se degradační procesy obecně zpomalily v důsledku tvorby nerozpustných korozních produktů a anorganických solí na povrchu. Materiály připravené metodou SPS obsahují oxidické obálky, které představují oblasti přednostního korozního napadení. Naproti tomu extrudované vzorky byly odolnější vůči degradaci v důsledku redistribuce mikrostruktury.

Tato práce byla podpořena z prostředků Grantové agentury České republiky, projekt č. 21-11439K.



Miroslava Rysová¹, Hana Tománková¹, Markéta Schaabová¹, Iva Víchová¹, Karolína Morávková^{1,2}, Kateřina Bobčíková¹, Marcela Munzarová³ a Alena Ševců¹

Vliv aditiv na antibakteriální účinnost a biokompatibilitu chitosanových nanovláken

¹ Technická univerzita v Liberci, Ústav pro nanomateriály, nové technologie a inovace, Oddělení aplikované biologie, Liberec

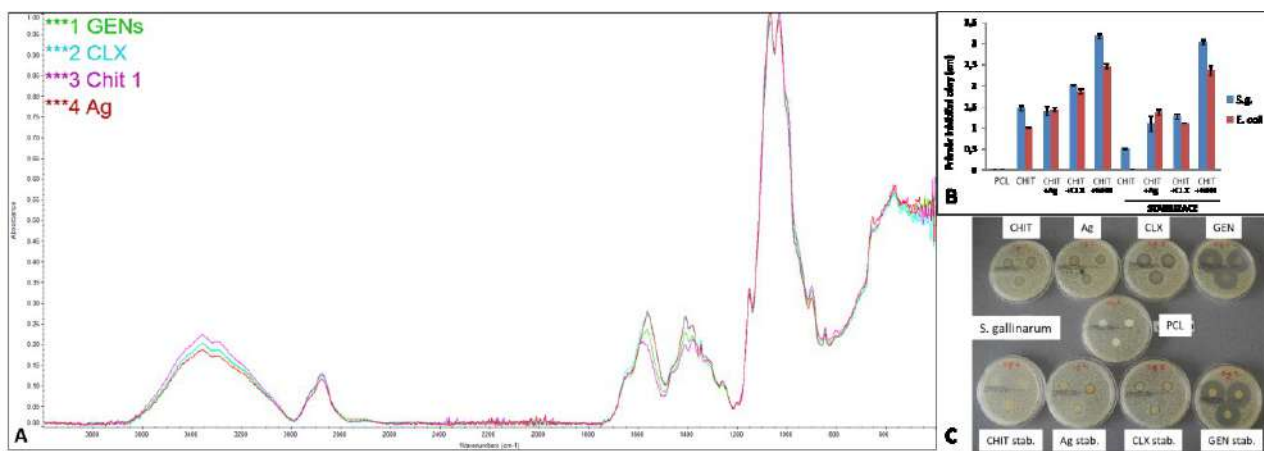
² Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky a mezioborových studií, Ústav nových technologií a informatiky, Liberec

³ Nano Medical s.r.o., Liberec

miroslava.rysova@tul.cz

Chitosan představuje unikátní polysacharid získávaný N-deacetylací chitinu a vykazující řadu unikátních vlastností využitelných v regenerativní medicíně, hojení ran a tkáňovém inženýrství. Zpracování do formy nanomateriálů zvyšuje specifický povrch a tím i možnost molekul chitosanu interagovat s buněčnou membránou. Tento jev vede zejména k umocnění přirozených antibakteriálních vlastností chitosanu proti řadě grampozitivních a gramnegativních bakterií. Bohužel, specifické procesy – zejména chemické modifikace a síťování molekul chitosanu, vedou ke snížení či úplné ztrátě jeho antibakteriálního účinku, který hraje tak významnou roli zejména při hojení kontaminovaných ran. K opětovnému zvýšení antibakteriálního účinku může být využito například dopování antibakteriálními látkami. Ty samozřejmě následně ovlivňují nejen antibakteriální účinnost chitosanových nanovláken, ale i jejich biokompatibilitu.

Pro účely této studie byl srovnán vliv inkorporace iontů stříbra, chlorhexidinu (CLX) a gentamicinu (GEN) a následné stabilizace na složení, morfologii a antibakteriální účinek nanovláken vůči modelovým bakteriálním kmenům *E. coli* a *S. gallinarum*. Hodnocena byla také biokompatibilita modifikace na lidských dermálních fibroblastech (NHDF) a keratinocytech Hacat *in vitro*.



Obr. 1 A. FTIR spektra chitosanových nanovláken bez/s aditivu. B., C. Vliv typu aditiva a úpravy na antibakteriální účinnost nanovláken vůči modelovým bakteriím (hodnoceno difuzní metodou).

Poděkování: Tento výzkum byl podpořen z prostředků projektu FW01010214 Biologicky aktivní materiály pro aplikace ve zdravotnických prostředcích financovaného agenturou TAČR.

**úterý 21:00 – 22:30**

**Lubica Staňková¹, Anna Kutová², Martina Doubková¹, Ondřej Kvítek²,
Kristýna Vejvodová², Barbora Vokatá³, Antonín Sedlář¹, Hazem Iddriss²,
Petr Slepíčka², Václav Švorčík¹ a Lucie Bačáková¹**

**Interaction of human dermal fibroblasts and endothelial cells with
plasma-modified bacterial nanocellulose.**

¹ Institute of Physiology, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague

² Department of Solid State Engineering, Institute of Chemical Technology, Prague

³ Department of Biochemistry and Microbiology, Institute of Chemical Technology, Prague

lubica.stankova@fgu.cas.cz

Unique properties of bacterial nanocellulose (BNC), such as high purity, water retention, microcrystallinity or non-toxicity, allow its application in various biomedical fields including tissue engineering. The biological effect of bacterial nanocellulose can be improved by physical or chemical modification such as drug or protein immobilization. Our research was focused on the effect of Ar⁺ plasma treated or non-treated air dried and lyophilized BNC on the adhesion and growth of normal human dermal fibroblasts (NHDF) as well as human umbilical vein endothelial cells (HUVEC). In both cell types a high cell viability was observed in all tested BNC membranes and the cells have grown preferentially on the plasma treated BNC. The positive effect of plasma treated BNC on the cell growth and viability was significant especially in normal human dermal fibroblasts (NHDF).

úterý 21:00 – 22:30

Tomáš Suchý^{1,2}, Josef Kolář², Lukáš Horný² a Margit Žaloudková¹
**Optimalizace mechanických a strukturních vlastností vstřebatelných
materiálů pro kardiovaskulární chirurgii**

¹ Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., Oddělení kompozitních a uhlíkových materiálů, Praha

² České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Praha

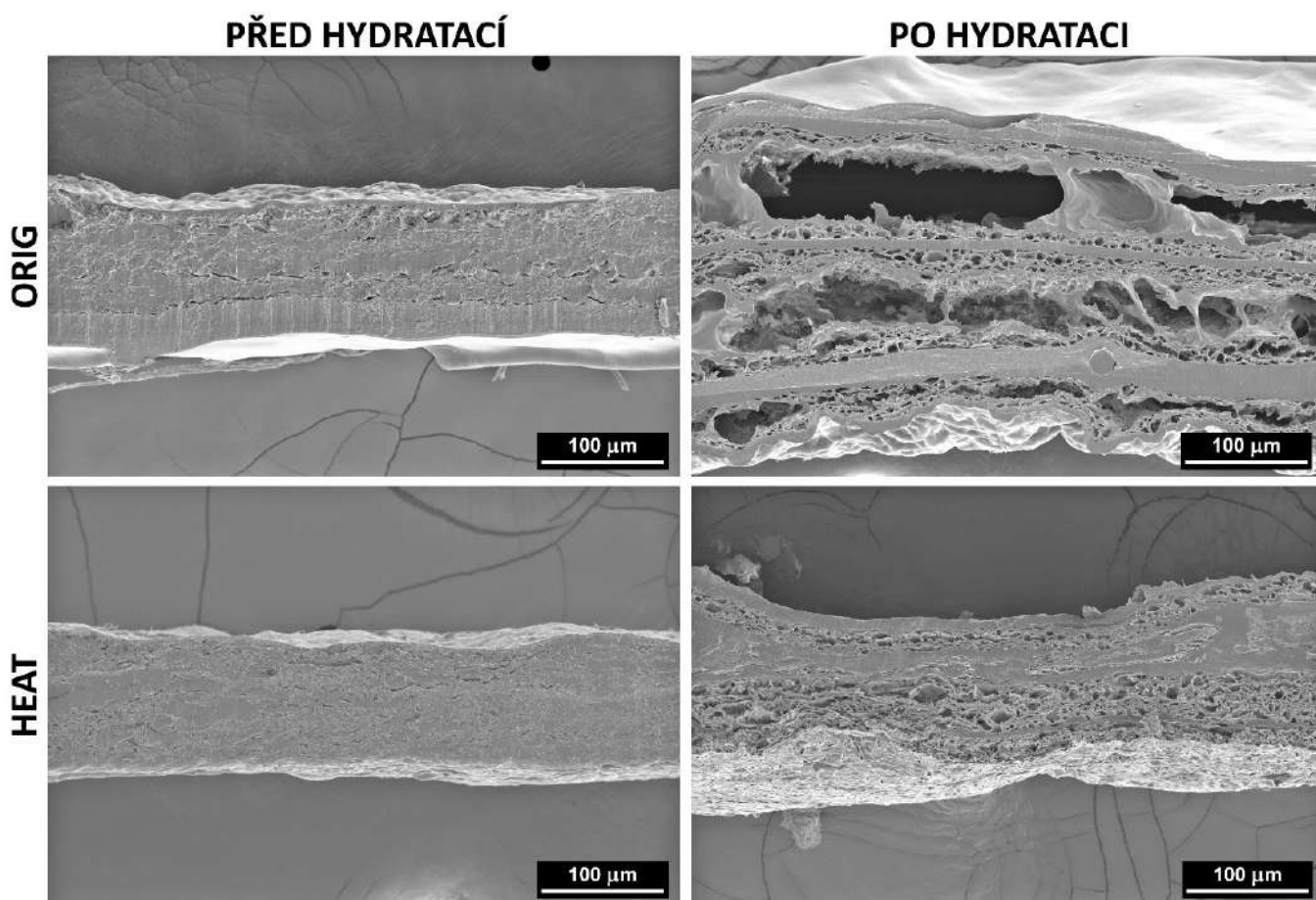
suchy@irsm.cas.cz

Řada současných zákroků cévní chirurgie je založena na mechanické interakci tepenné stěny a vnější výztuže. Typickým příkladem je použití bandáže plicnice pro léčbu komplexních vrozených vad u dětí. Bandážování plicnice je paliativní postup, který snižuje nadměrnou krevní cirkulaci u dětí, které trpí určitými vrozenými srdečními vadami, a tvoří první fázi intervence před úplným odstraněním srdeční vady. Princip spočívá v aplikaci bandáže kolem plicní arterie, která sníží průtok krve a současně poskytuje ochranu před ireverzibilní hypertenzí. Po uplynutí 4–10 měsíců, kdy již dětský pacient bandáž nepotřebuje, je nutno tuto bandáž odstranit reoperací nebo rozevřít pomocí katetru, což s sebou přináší další rizika pro pacienta. Cílem našeho projektu je navrhnout resorbovatelnou kompozitní bandáž na bázi biokompatibilních nanovláken kopolymeru ε-



kaprolaktonu a kyseliny L-mléčné, a kolagenové matrice s potřebnou dobou degradace a programovatelnými mechanickými vlastnostmi.

Bandáže jsou vystaveny náročným fyziologickým podmínkám, které vedou k jejich postupné strukturní degradaci nebo k postupné degradaci jejich mechanických vlastností. Nevýhodou těchto kompozitních materiálů je náchylnost k delaminaci, která je způsobena především hydrofobními vlastnostmi použité kopolymerní výztuže. Nekontrolovatelná delaminace jednotlivých vrstev po expozici v tělním prostředí pak zásadně ovlivňuje strukturní i mechanické vlastnosti bandáží a může být překážkou k jejich úspěšnému uplatnění v klinické praxi. Cílem této studie byla úprava způsobu přípravy těchto kompozitů pomocí různých technologických postupů – prosycení výztuže ultrazvukem, sušení za zvýšené teploty, vakuování nebo kondicionování výztuže ve fosfátovém pufru před prosycováním matricí. V příspěvku je diskutován vliv použitých technologií na strukturní a mechanické vlastnosti kompozitů vystavených simulovaným tělním podmínkám po dobu až 28 dnů.



Obr. 1 Ukázka řezů kompozitními bandážemi připravenými původním postupem (sušení za pokojové teploty; ORIG) a postupem se sušením za zvýšené teploty (37 °C; HEAT). Snímky z elektronového mikroskopu (zvětšeno 800x, měřítko 100 µm) ilustrují vliv krátkodobé hydratace (α -MEM, 37 °C) na delaminaci jednotlivých kompozitních vrstev při použití původního způsobu přípravy.

Autoři děkují za finanční podporu této práce poskytnutou prostřednictvím projektu č. NU20-02-00368 AZV MZČR.



**Eva Šebová¹, Michala Rampichová¹, Eva Filová¹,
Viraj P. Nirwan² a Amir Fahmi²**

How does the PLA and PCL block copolymer with hydroxyapatite nanoparticles affect bone remodelling?

¹ The Institute of Experimental Medicine, CAS, Prague

² Rhine-Waal University of Applied Sciences, Kleve, Germany

eva.sebova@iem.cas.cz

Biomaterials for bone regeneration must have properties such as biocompatibility and biodegradability. These materials should also promote osteoconductivity and osteoinductivity. In addition to autografts and allografts, synthetic grafts are used to treat bone defects. The presented study deals with the development of nano/microfibrous scaffolds with hydroxyapatite (HA) nanoparticles to improve properties important in bone regeneration. Scaffolds were prepared by electrospinning poly(L-lactide-co-caprolactone) with 0 (PL-CL), 3 (PL-CL-3HA) and 7 % (w/v) (PL-CL-7HA) of HA nanoparticles. To approximate the physiological conditions of bone, a coculture of THP-1 cell lines, capable of adhesion and fusion to osteoclasts (OC), and SaOS-2, as a model of osteoblasts (OB), was seeded onto the scaffolds. The cells were co-cultured on the materials for 21 days. On experimental days 7, 14, and 21, the metabolic and enzymatic activity parameters of the cells were monitored by the MTS assay and the alkaline phosphatase (ALP) activity assay, a marker of OB bone formation, and tartrate-resistant acid phosphatase (TRAP) activity assay, a marker of OC bone formation, respectively. We did not observe differences in cell metabolic activity throughout the experiment, with metabolic activity increasing with culture length. We observed the same results for ALP, except on day 14, when ALP activity was lower in cells on PL-CL carriers. TRAP activity was significantly increased in cells seeded on PL-CL compared to both samples with HA nanoparticles. We also observed lower TRAP activity values in cells cultured on HA samples on experimental day 14. Based on the results, we can conclude that HA-containing materials are able to promote bone remodelling to some extent by increasing ALP activity. Scaffolds PL-CL-3HA and PL-CL-7HA could be suitable materials for promoting the healing of bone defects. On the other hand, the pristine block copolymer without hydroxyapatite increased TRAP activity, which has an opposing effect and speaks to an increased rate of bone resorption.

This project has received funding from the European Union's HORIZON 2020 MSCA-RISE Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff Exchange Research Program under grant agreement no. 824007.

**Zdeněk Tolde¹, Aleš Jíra² a Jaroslav Fojt³**
3D tisk porézních beta-titanových slitin

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav fyziky, Praha

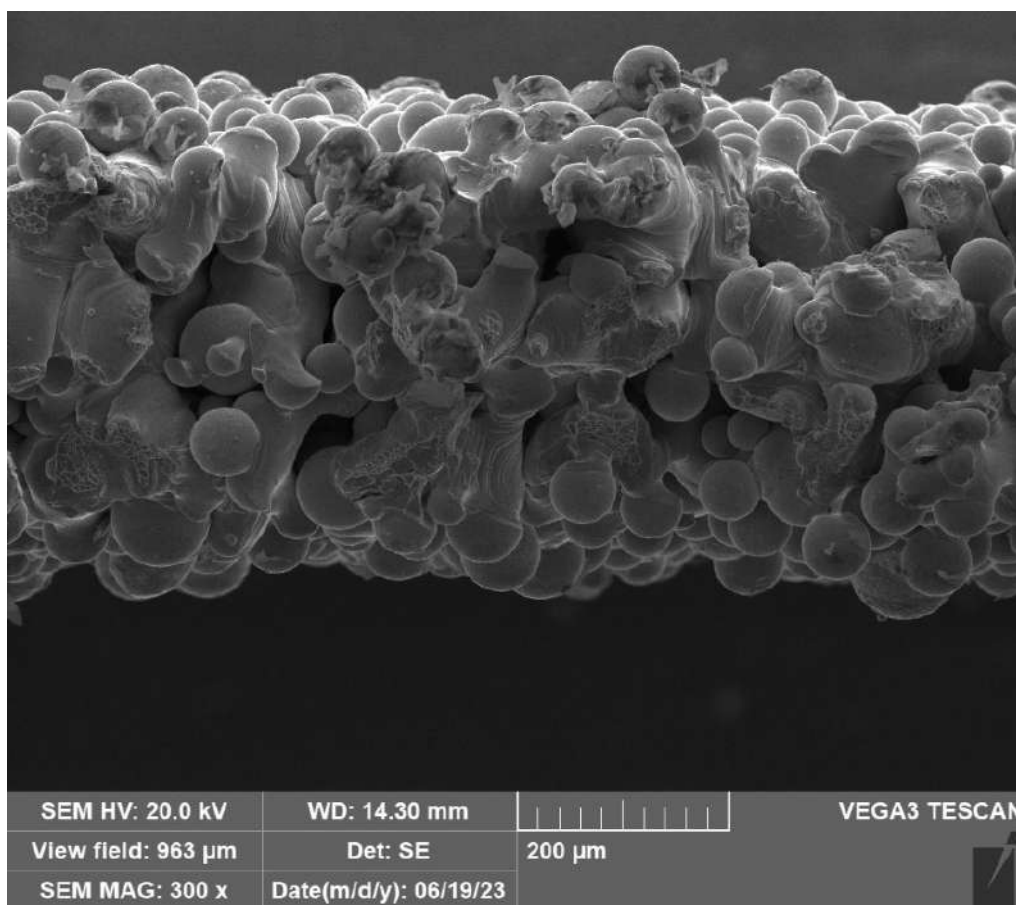
² České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Praha

³ Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, Praha

zdenek.tolde@fs.cvut.cz

Výroba vhodných porézních materiálů pro bioinženýrství, jako je gyroidní struktura, není triviální úkol. Technologie 3D tisku, která se objevila v posledním desetiletí, poskytuje efektivní možnost vytvářet takové materiály a dokonce i implantáty na míru pacientovi. Pro β titanové slitiny však nejsou vyřešeny parametry tisku, které se liší dle jednotlivých materiálů, parametrů prášku, požadavků na kvalitu výrobku a stav povrchu. Není vyřešen vztah tloušťky stěny a velikost pórů k mechanickým vlastnostem a osseointegraci implantátu, spolu s vhodnými numerickými modely a metodami.

V tomto příspěvku bychom rádi prezentovali výsledky tenkých tahových vzorků a problematiku spojenou s tiskem na hraně technologických možností současných 3D tiskáren.



Obr. 1 Ukázka lomové plochy 3D tištěného materiálu TiNbTaSn



**Lucie Vištejnová^{1,2}, Marek Kindermann¹, Pavel Klein¹, Eva Kuželová
Košťáková³, Tomáš Suchý⁴, Věra Jenčová³ a Jiří Moláček⁵
Návrh histologického hodnocení vstřebatelných materiálů pro
kardiovaskulární chirurgii**

¹ Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova, Plzeň

² Ústav histologie a embryologie, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova, Plzeň

³ Katedra chemie, oddělení bioinženýrství, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Technická univerzita v Liberci, Liberec

⁴ Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., Oddělení kompozitních a uhlíkových materiálů, Praha

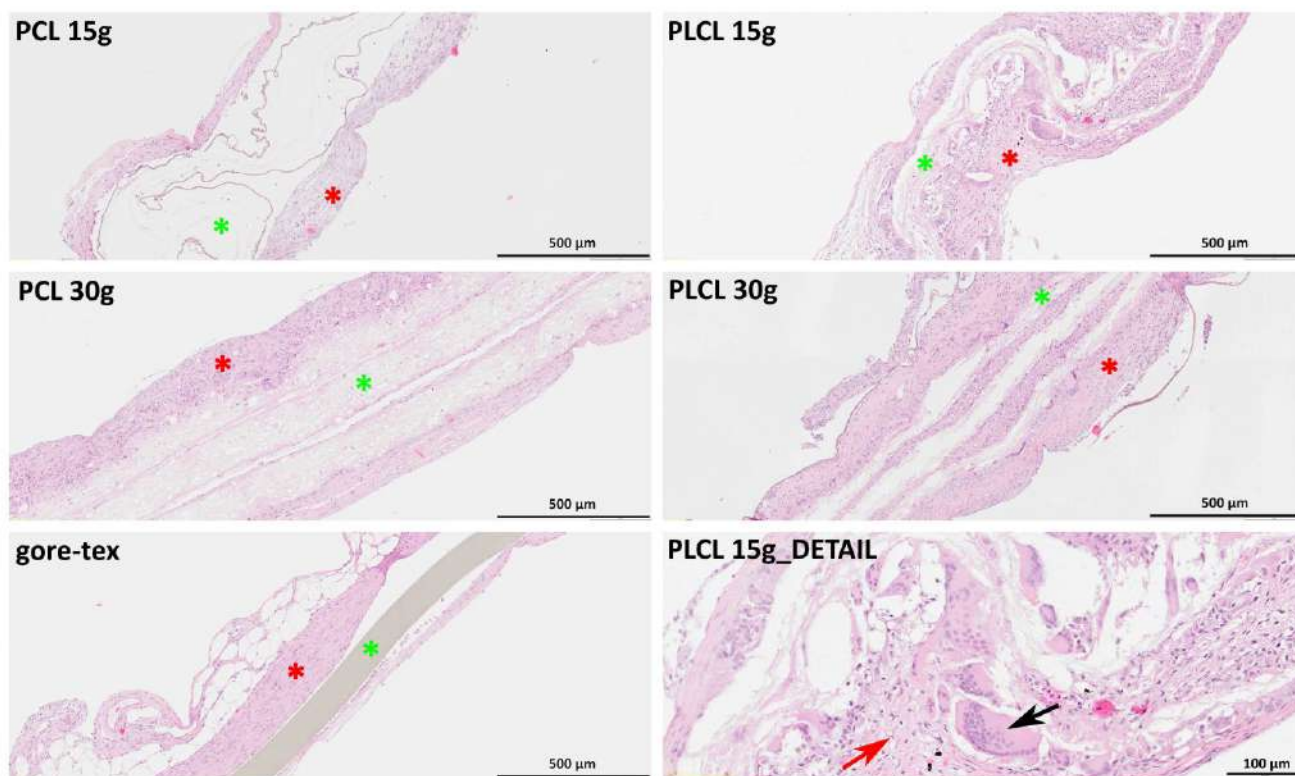
⁵ Chirurgická klinika, Fakultní nemocnice v Plzni, Univerzita Karlova, Plzeň

lucie.vistejnova@lfp.cuni.cz

Kardiovaskulární chirurgie se dnes neobejde bez rekonstrukčních operací, které vyžadují použití cévních štěpů nebo materiálů nahrazujících do určité míry funkci cévní stěny. Vrozené srdeční vady, degenerace chlopní nebo grafty při rekonstrukcích cév jsou nejčastější indikace pro aplikaci biologické nebo umělé náhrady. Typicky se používají autologní nebo xenogenní štěpy perikardia nebo umělé materiály jako jsou polytetrafluoroethylen (PTFE, gore-tex). Nevýhodou těchto materiálů je, že mohou v součinnosti s cévní stěnou kalcifikovat, jsou náchylné k infekcím a koagulačním komplikacím, a nemají schopnost růstu v případě dětských pacientů, což následně vyžaduje jednu nebo více re-operací. Z těchto důvodů je žádoucí hledat materiál, který by po požadovanou dobu uměl podpořit nebo nahradit funkci cév, a následně by byl z těla eliminován bez vedlejších účinků

V tomto projektu je vyvíjen kompozitní odbouratelný materiál pro kardiovaskulární chirurgii. Nanovlákná výztuž tvořená polymerem ϵ -kaprolaktonu (PCL), a nebo kopolymerem ϵ -kaprolaktonu a kyseliny L-mléčné (PLCL) je prosycena kolagenovou maticí a ve formě proužků (6 x 42 mm) je inkubována 1, 3, a 6 měsíců v peritoneu potkana pro zjištění rychlosti degradace v reálných tělních podmínkách. Jsou testovány 4 typy materiálů – PCL 15, PLCL 15, PCL30 a PLCL 30 (plošná hm. nanovláken g/m²) a jako kontrolní materiál je použit gore-tex. Explantované materiály jsou dále měřeny mechanicky, je analyzována struktura a složení a je provedeno histologické hodnocení.

Pilotní kvalitativní histologické hodnocení ukázalo dobře rozlišitelné struktury implantovaných proužků a vazivové tkáně prorůstající mezi jejich jednotlivé vrstvy. Ve vrostlé vazivové tkáni lze najít četné buňky vaziva (fibroblasty), červené krvinky (erytrocyty), imunitní buňky (neutrofily a makrofágy) a typické „giant cells“ – velké buňky vzniklé fúzí několika makrofágů a pravděpodobně degradující implantovaný materiál (Obr. 1). Na základě tohoto kvalitativního pozorování je navrženo kvantitativní histologické hodnocení plošných podílů materiálu, vaziva a imunitních buněk po dobu 1 – 6 měsíců. Výsledky měření napoví, jak rychle degradace implantovaných proužků probíhá a jaké biologické mechanismy se na něm podílejí.



Obr. 1 Příklady histologického zpracování implantovaných materiálů pro kardiovaskulární chirurgii. Na všech typech materiálů jsou patrné jejich jednotlivé vrstvy (zelená hvězdička) a vrůstající vazivo (červená hvězdička, červená šipka na detailu). U některých vzorků byly patrné "giant cells" pravděpodobně degradující implantovaný materiál (černá šipka na detailu).

Práce je finančně podpořena Agenturou pro zdravotnický výzkum Ministerstva zdravotnictví, projekt číslo NU20-02-00368.

úterý 21:00 – 22:30

**Petr Vlčák, Vojtěch Smola, Šimon Svoboda,
Josef Šepitka a Tomáš Horažďovský**

Vliv teploty na mechanické vlastnosti dusíkem dopovaných titanových slitin

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav fyziky, Praha

Petr.Vlcak@fs.cvut.cz

Titanové materiály jsou perspektivní biomateriály díky skvělé biokompatibilitě, vysoké pevnosti, výborné korozní odolnosti a nízkému modulu pružnosti ve srovnání s konkurenčními ocelovými nebo chrom-kobalt-molybdenovými slitinami. Vzhledem k jejich špatným tribologickým vlastnostem, nízké tvrdosti a pro posílení elektrochemické korozní stability se jeví velmi výhodné v povrchu titanu vytvářet tvrdé a stabilní nitridy. Nitridování iontovou implantací je nízkoteplotní proces, který je oproti klasické formě nitridace časově efektivní. Dopady žíhání / zvýšené teploty po iontové implantaci mohou mít vliv na difuzi implantovaného dusíku, stabilitu vzniklých nitridů a výslednou tvrdost. Tento příspěvek se proto zaměřuje na vliv poimplantačního žíhání na povrchovou tvrdost komerčně čistého titanu. Komerčně čistý titan grade II byl kineticky nitridován



urychlenými ionty dusíku s fluencí v rozsahu $(1-9) \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ a iontovou energií 90 keV. Poimplantační žíhání v rozsahu teplotní stability TiN (až 600 °C) vyvolalo degradaci tvrdosti pro titan implantovaný s vysokými fluencemi nad $6 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$, což vedlo k přesycení dusíkem. Teplotně indukovaná redistribuce intersticiálně umístěného dusíku v přesycené mřížce se jevila jako převládající mechanismus degradace tvrdosti.

úterý 21:00 – 22:30

**Lucy Vojtová, Klára Lysáková, Zuzana Kadlecová,
Alena Razsková a Přemysl Menčík**

Nízkoteplotní 3D tisk polymer/fosfátové kostní náhrady modifikované bioaktivními látkami

CEITEC – Vysoké učení technické v Brně, Pokročilé biomateriály, Brno
Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, Brno

Lucy.Vojtova@ceitec.vutbr.cz

V rámci projektu *profiBONE* vyvíjíme plně resorbovatelnou kompozitní náhradu kosti, kterou je možné vytisknout extruzí při nízké (laboratorní) teplotě do formy personalizovaného 3D modelu. Samotný polymer-keramický materiál se sice *in vivo* přestavuje do formy nové kosti (nepublikované výsledky), nicméně vhodná bioaditiva by mohla osseointegraci urychlit, případně by mohla zabránit nežádané infekci. My jsme se rozhodli použít růstový faktor, který urychluje hojení a regeneraci tkání. Neb se jedná o protein, bylo nutné zajistit, aby během tisku či vytvrzování kostního implantátu nedocházelo k exotermní reakci a nenastala denaturace proteinu. Proto byl použit kompozitní systém, který je izotermní a vytvrzuje se při teplotě lidského těla. Po vytvrzení byl implantát vložen do simulované tělní tekutiny při 37 °C a v jednotlivých odběrových časech bylo sledováno uvolňování aditivovaného proteinu. Nicméně, během preliminárních testů jsme nebyli schopni žádný protein detekovat Bradfordovou metodou pomocí UV-VIS, zřejmě kvůli velice nízké koncentraci proteinu, která byla pod detekčním limitem použité metodiky. Původně jsme si mysleli, že je protein kovalentně fixován v keramické matici implantátu a není možné, aby se uvolnil. Nicméně, po optimalizaci metody ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay), která je účinná i pro velmi nízké koncentrace proteinů, bylo možno uvolněné množství proteinu detekovat. Bylo otestováno i zapouzdření proteinu, zabraňující nežádoucím interakcím protein-matrice, ale výsledky jeho uvolňování se významně nelišily od nezapouzdřeného proteinu. Metoda bude ještě reprodukována a ověřena i pro jiné proteiny, případně i antibakteriální enzymy.

Projekt profiBONE (TO01000309) je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu KAPPA a fondů EHP z Islandu, Lichtenštejnska a Norska.



**Radka Vrbová¹, Adéla Roubíčková¹, Martin Bartoš¹, Pavel Bradna¹,
Antonín Tichý¹, Vlasta Fialová¹, Margit Žaloudková² a Jana Dušková¹**

**Vliv mikrostruktury dentálních kompozitních materiálů na jejich
fyzikálně-mechanické vlastnosti**

¹ Stomatologická klinika, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, Praha

² Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., Oddělení kompozitních a uhlíkových materiálů, Praha

Radka.Vrbova@vfn.cz

Úvod: Dentální kompozitní materiály jsou dvoufázové systémy složené z matrice a plniva. Matrice je tvořena silně zesíťovanými methakrylátovými polymery. Plnivo, pokryté vazebnými silami, může být různého tvaru a velikosti, může se jednat o částice, či o vlákna, často na bázi Ba-Sr skla, Zr syntetického skla či pyrogenního SiO₂, namletého předpolymeru, ad. Cílem této práce bylo nezávisle zhodnotit vliv vnitřního uspořádání několika typů výplňových kompozitních materiálů na jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti.

Materiály: Bylo testováno osm dentálních kompozitních materiálů lišících se použitým typem plniva: dva kompozity vyztužené skelnými vlákny EverX Posterior (GC Corp., Japonsko) a Build-It (Pentron Clinical, USA); nanokompozitní materiál Filtek Ultimate (3M ESPE, Německo) obsahující nanočástice a jejich aglomeráty a Estelite Posterior (Tokuyama Dental Corp., Japonsko) s monodisperzními částicemi 200 nm v meziprostorech 3 mm částic nepravidelného tvaru. Dále kompozity obsahující částice sférického tvaru, Omnicroma (Tokuyama Dental Corp., Japonsko) o velikosti 260 nm a NeoSpectra (Dentsty Sirona, USA) s částicemi o průměru ≈ 15 nm. Posledními testovanými materiály byl mikrohybridní kompozitní materiál G-aenial (GC Corp., Japonsko) obsahující předpolymerované plnivo, částice skla a pyrogenní SiO₂ a Tetric Evo Ceram (Ivoclar Vivadent, Lichtenštejnsko) obsahující kombinaci skelných částic s částicemi rozemletého předpolymerovaného kompozitu.

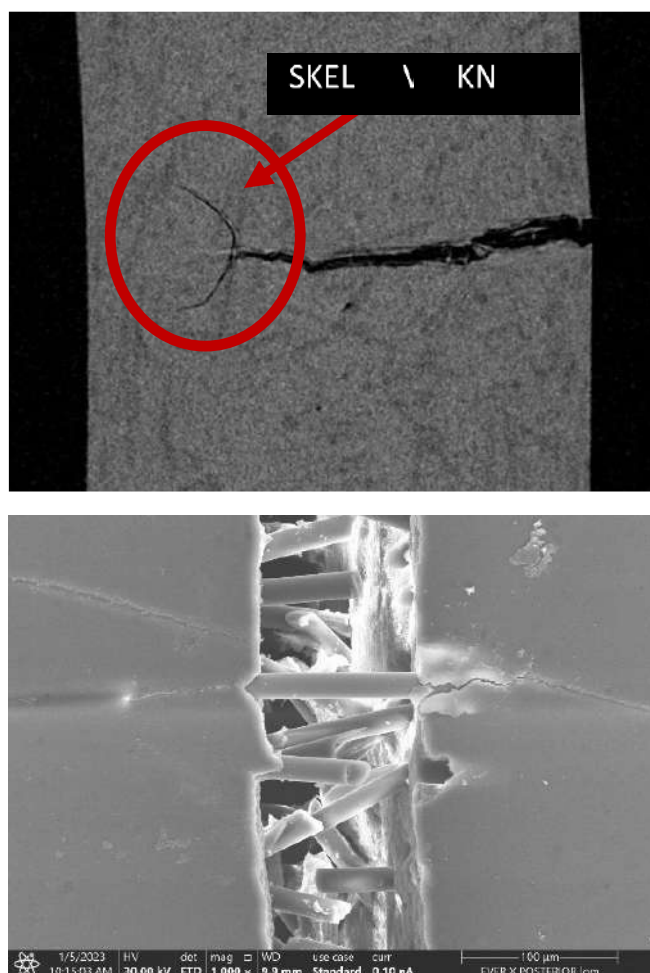
Metodika: Byla sledována vnitřní struktura kompozitních materiálů s využitím skenovací elektronové mikroskopie (SEM), testována byla hloubka vytvrzení, polymerační smrštění, mikrotvrdost dle Knoopu, pevnost v ohybu a v tlaku. Příprava zkušebních vzorků a metodika testování probíhala v souladu s technickými normami. Ke sledování lomových ploch byl využit opět SEM a dále mikro-CT vizualizace.

Výsledky a diskuse: Testované kompozitní materiály dosahovaly srovnatelných hodnot hloubky vytvrzení v rozmezí (2,1 – 2,8) mm. Největší hloubky vytvrzení (5,1 mm) bylo dosaženo u vláknového kompozitního materiálu EverX Posterior, tvořeného skelnými vlákny a matricí složené z Ba-skla a SiO₂. Tento materiál byl v porovnání s ostatními více transparentní a vytvrzující světlo tak mohlo pronikat do větších hloubek. Polymerační smrštění bylo nejnižší u nanokompozitu Filtek Ultimate a materiálu Tetric Evo Ceram (oba 1,9 %), naopak nejvyššího dosahoval materiál se sférickými nanočásticemi Omnicroma (3,6 %) a NeoSpectra (3,3 %) se sférickým plnivem připraveným sprejovou granulací. Jako nejtvrdší materiály se jevíly kompozity jemnozrnnější struktury, a to Estelite Posterior (104 HK) a Filtek Ultimate (81 HK). Nejméně odolné proti vnikání hrotu byly materiály se sférickými částicemi, Omnicroma a NeoSpectra (oba



43 HK). Nejvyšších hodnot pevnosti v ohybu bylo dosaženo u vláknových kompozitů a materiálů s jemnozrnnější strukturou a plnivem v nanoměřítku (Estelite Posterior = 148 MPa – EverX Posterior/Build-It = 131 MPa – Filtek Ultimate = 128 MPa), ostatní materiály dosahovaly signifikantně nižších hodnot v rozmezí 88 MPa (G-aenial) až 109 MPa (NeoSpectra). U vláknového kompozitu EverX Posterior docházelo k zastavení růstu trhliny a tělíčko nebylo v porovnání s ostatními materiály zcela rozlomeno. Odolnost proti zatížení v tlaku byla největší opět u jemnozrnnějších struktur (Estelite Posterior a Filtek Ultimate = 371 MPa a 350 MPa), materiálů se sférickými částicemi (Omnichroma a NeoSpectra = 328 MPa a 303 MPa) a vláknového kompozitu EverX Posterior (304 MPa). Nejnižších hodnot bylo dosaženo u mikrohybridního materiálu G-aenial (275 MPa).

Závěr: Nejpriznivější mechanické i fyzikální vlastnosti vykazovaly materiály s jemnozrnnější strukturou a částicemi v nanoměřítku. Při zatížení v ohybu se projevil přínos vyztužení kompozitu skelnými vlákny ve smyslu zvýšení lomové houževnatosti materiálu, nicméně výsledné hodnoty byly na úrovni nanokompozitů. Nejméně příznivé hodnoty při testování fyzikálně-mechanických vlastností dentálních kompozitů byly zjištěny u mikrohybridního materiálu G-aenial. Materiály se sférickými částicemi projevovaly vyšší odolnost v tlaku, ale nižší odolnost v ohybu a nežádoucí polymerační smrštění.



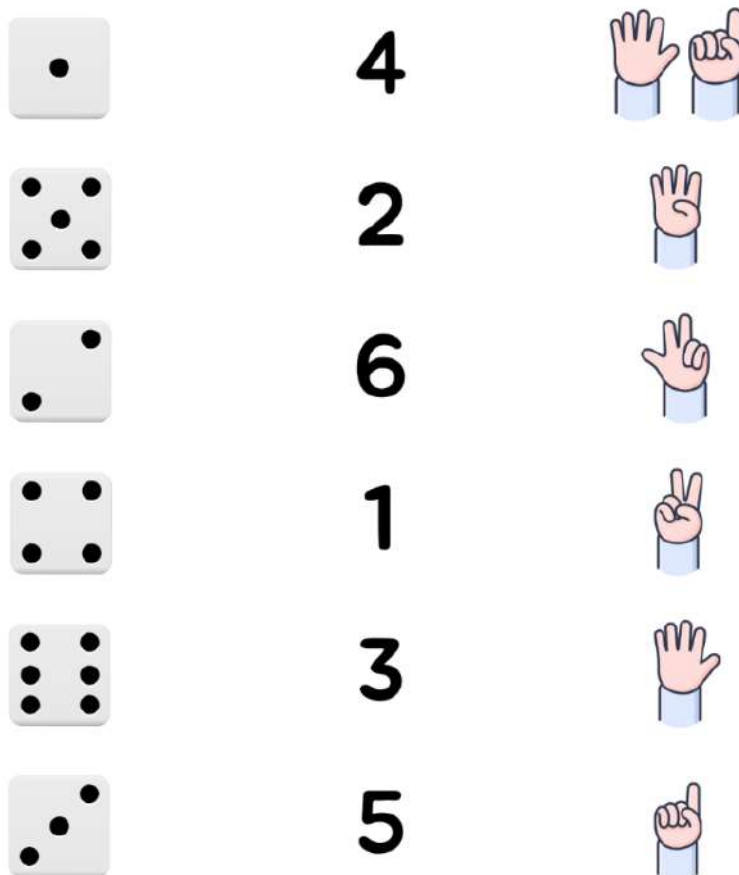
Obr. 1 Ukázka zvýšení lomové houževnatosti kompozitního materiálu vyztuženého skelnými vlákny na vzorku po testování pevnosti v ohybu; nahoře snímek blokace růstu trhliny (micro-CT), dole detail porušených i neporušených skelných vláken v trhlíně (SEM).

Poděkování: Tato studie byla podpořena programem Cooperatio 207030 Dental Medicine/LF1.

**Anna Zavad'áková^{1,2}, Marek Kindermann¹ a Lucie Vištejnová^{1,3}****Jak počítat buňky? Základní parametr v *in vitro* experimentech. Banalita nebo je to věda?**¹ Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova² Ústav hygieny a preventivní medicíny, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova³ Ústav histologie a embryologie, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlovaanna.zavadakova@lfp.cuni.cz

Úvod: Počítání buněk je základní parametr pro sledování buněčné proliferace v čase. Většina postupů pro stanovení buněčné proliferace je založena na detekci a kvantifikaci fluorescenčně označené DNA buněk. Nevýhodou těchto metod je získání pouze relativní hodnoty (množství DNA v jednotce objemu) a vyšší cena chemikálií.

Dalším způsobem hodnocení buněčné proliferace je počítání buněčných jader z mikroskopických snímků. Pro takovou analýzu se běžně používá analýza 3 až 5 snímků/zorných polí kultivační jamky. Výhodou této metody je získání absolutního počtu buněk, vizuální kontrola vzorku, nízká cena.



Obr. 1 Zábavná hra pro malé i velké aneb způsobů, jak vyjádřit počet a jak počítat, je mnoho. Spoj čarou (nejlépe čerchovanou) vyjádření stejných počtů.



Cíl: Cílem této práce bylo A) vylepšit druhou zmíněnou metodu mikroskopickým snímáním celé plochy kultivační jamky s buňkami a vyhnout se tak problematice vzorkování, a B) srovnat výstupy s metodou kvantifikace buněčné DNA.

Metody: Buňky byly nasazeny v běžných nasazovacích hustotách (600 – 20 000) do 96jamkových panelů. Počet buněk byl současně analyzován dvěma metodami – přímým počítáním buněčných jader (barvených Hoechst #33342) z mikroskopických obrázků (pomocí FIJI freewaru) v celé kultivační jamce (*Cell Count*) a kvantifikací buněčné DNA (*DNA content*) pomocí kitu pro hodnocení buněčné proliferace (CyQuant Proliferation Kit).

Výsledky a závěr: *Cell Count* je metoda přesnější, je snadno proveditelná pro běžně vybavené laboratoře, je cenově dostupnější a transparentnější (co vidím, to počítám). Při analýze stovek vzorků může být časově náročnější a jejím limitem je plocha jamky. Pomocí *Cell Count* není možné stanovit více buněk, než kolik se vejde na jamku (pro 96jamkový panel cca 20 000 buněk SAOS-2) a metoda není použitelná pro typy buněk, které přirozeně rostou ve vrstvách na sobě (např. některé buňky epitelu). *DNA content* je relativně drahá metoda. Těžko se kontroluje její přesnost, nicméně při analýze stovek vzorků může být stanovení rychlejší.

Práce je podpořena programem Cooperatio, výzkumná oblast IMMU a výzkumná oblast MED/DIAG.

úterý 21:00 – 22:30

Margit Žaloudková¹, Tomáš Suchý^{1,2} a Lucie Vištejnová³
Obrazová analýza vstřebatelných materiálů pro kardiovaskulární chirurgii po implantaci do peritonea potkana

¹ Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., Oddělení kompozitních a uhlíkových materiálů, Praha

² České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Praha

³ Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova, Plzeň

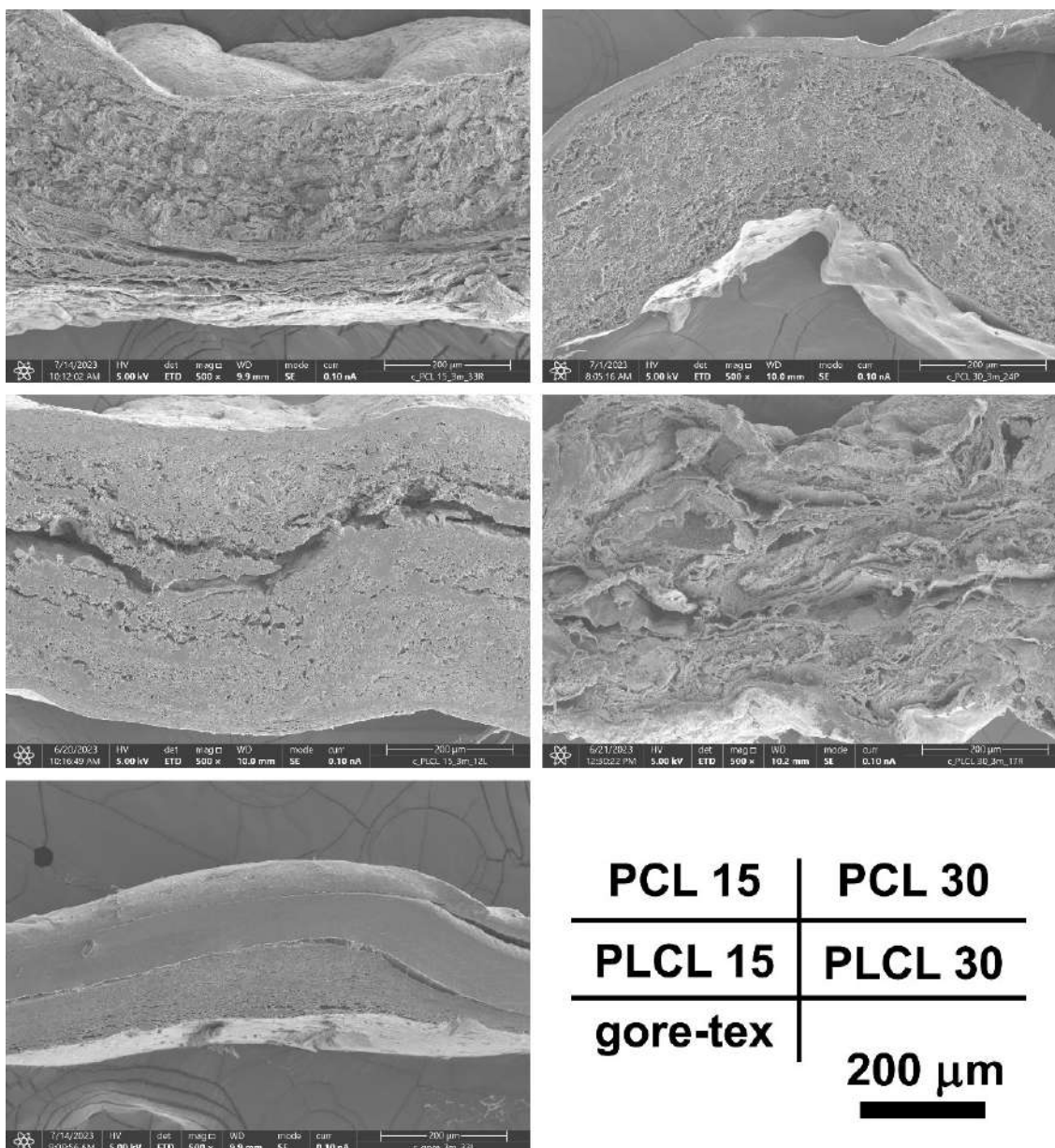
zaloudkova@irsm.cas.cz

Cílem našeho projektu je navrhnout resorbovatelnou kompozitní bandáž na bázi biokompatibilních nanovláken a kolagenové matrice s potřebnou dobou degradace a programovatelnými mechanickými vlastnostmi. V naší studii analyzujeme degradační chování kompozitů na bázi nanovlákené výztuže z kopolymeru ϵ -kaprolaktonu a kyseliny L-mléčné (PLCL; Corbion, Nizozemí) nebo samotného ϵ -kaprolaktonu (PCL; Corbion, Nizozemí), které jsou připraveny ve dvou plošných hustotách, a to 15 nebo 30 g/m². Výztuž je uložena v kolagenové matrici (typ I; VUP Medical, ČR), která je dodatečně chemicky zesíťována (EDC/NHS). V naší studii, která je zaměřena také na popis mechanického chování bandáží, využíváme jako kontrolní materiál gore-texové bandáže (Pericardial Membrane, W. L. Gore & Associates, Inc., USA).

V této studii byly bandáže implantovány do peritonea potkana (Wistar rat, stáří 41±2 týdny, povolení etické komise ID MSMT-19760-2020-3), kde byly ponechány po dobu až 6 měsíců. Explantované vzorky jsou analyzovány z pohledu mechanického chování a strukturních změn. Jedním ze způsobů hodnocení je také obrazová analýza pomocí elektronové mikroskopie. Pro



sledování strukturních změn, zejména delaminace jednotlivých vrstev, bylo pro skanovací elektronovou mikroskopii nutné připravit řezy z celé šířky implantovaných bandáží. Odebrané vzorky byly ihned po explantaci fixovány v Palay roztoku po dobu 24 hodin v RT a následně minimálně 48 hodin při teplotě 4 °C čímž byla zaručena pomalá a postupná fixace celého vzorku. Fixované materiály byly na tkáňovém procesoru odvodněny vzestupnou řadou do koncentrace 100% etanolu, posléze 100% acetonem, který byl v CPD metodou kritického bodu v několika cyklech kompletně nahrazen CO₂. Výsledkem jsou zachované struktury, jak jednotlivých typů bandáží, tak buněk vazivového opouzdrnění a zachycených krevních buněk. Řezy z jednotlivých materiálů pak byly snímány na elektronovém mikroskopu Apreo 2S LoVac v režimu vysokého vakua za použití ETD detektoru. V příspěvku jsou diskutovány rozdíly ve struktuře explantovaných bandáží a nárůst vazivové tkáně s případnými tromby po 1, 3 a 6 měsících od implantace.



Obr. 1 Ukázka řezů kompozitními bandážemi připravenými z polymerní (PCL) a kopolymerní (PLCL) výztuže s různou plošnou hustotou (15 a 30 g/m²) po explantaci z peritonea pokusných zvířat (doba implantace 3 měsíce).

Autoři děkují za finanční podporu této práce poskytnutou prostřednictvím projektu č. NU20-02-00368 AZV MZČR.

ZICHOVEC®



Rodinný pivovar

Nebojte se
odhalit



NĚCO VÍC NEŽ
SÍŤOVÁ TAŠKA



ČESKÁ
SÍŤOVKA



www.ceskasitovka.cz



Seminář Biomateriály a jejich povrchy XVI. pořádají



Společnost pro kompozitní a uhlíkové materiály, z.s.



Fakulta strojní, ČVUT v Praze



Ústav struktury a mechaniky hornin, AV ČR, v.v.i.



Biomedicínské centrum, Lékařská fakulta v Plzni, UK



AHOJ, JÁ JSEM JÁN.
Ján Staňo

AHOJ, JÁ JSEM VOJTA.
Vojtěch Hybášek

AHOJ, JÁ JSEM JITKA.
Jitka Luňáčková

AHOJ, JÁ JSEM RADEK.
Radek Sedláček

AHOJ, JÁ JSEM TOMAŠ.
Tomáš Suchý

AHOJ, JÁ JSEM LUCKA.
Lucie Vištejnová

AHOJ, JÁ JSEM JARDA.
Jaroslav Fojt

AHOJ, JÁ JSEM KATKA.
Kateřina Strnadová

AHOJ, JÁ JSEM VLASTA.
Vlasta Voňková

AHOJ, JÁ JSEM ZDENĚK.
Zdeněk Tolde

AHOJ, JÁ JSEM HONZA.
Jan Stoužil

AHOJ, JÁ JSEM LUBICA.
Lubica Staňková

AHOJ, JÁ JSEM MAXIM.
Maxim Lisnenko

AHOJ, JÁ JSEM PAVLA.
Pavla Tláškalová

AHOJ, JÁ JSEM KUBA.
Jakub Kronek

AHOJ, JÁ JSEM VĚRA.
Věra Jenčová

AHOJ, JÁ JSEM DAVID.
David Chvátal

AHOJ, JÁ JSEM TONDA.
Antonín Brož

AHOJ, JÁ JSEM PAVEL.
Pavel Klein

AHOJ, JÁ JSEM ANIČKA.
Anna Zavadáková

AHOJ, JÁ JSEM IVETA.
Iveta Paurová

AHOJ, JÁ JSEM LUBOŠ.
Luboš Řehounek

AHOJ, JÁ JSEM KATKA.
Katarína Mendová

AHOJ, JÁ JSEM LENKA.
Lenka Michlovská

AHOJ, JÁ JSEM RICHARD.
Richard Kolečák

AHOJ, JÁ JSEM EVA.
Eva Kuželová Košťáková

AHOJ, JÁ JSEM DAVID.
David Lukáš

AHOJ, JÁ JSEM PAVEL.
Pavel Krist

AHOJ, JÁ JSEM ŠTĚPÁN.
Štěpán Podzimek

AHOJ, JÁ JSEM RADKA.
Radka Vrbová

AHOJ, JÁ JSEM KÁŤA.
Katka Drbálková

AHOJ, JÁ JSEM DMITRIJ.
Dmitrij Kronberg

AHOJ, JÁ JSEM LUCY.
Lucy Vojtová

AHOJ, JÁ JSEM PŘEMA.
Přemysl Menčík

AHOJ, JÁ JSEM PETR.
Petr Vlček

AHOJ, JÁ JSEM ADAM.
Adam Kratochvíl

AHOJ, JÁ JSEM FILIP.
Filip Hanák

AHOJ, JÁ JSEM DOMINIK.
Dominik Ďurica

AHOJ, JÁ JSEM PETR.
Petr Soukup

AHOJ, JÁ JSEM DOMINIK.
Dominik Rejman

AHOJ, JÁ JSEM MARTIN.
Martin Kopecký

AHOJ, JÁ JSEM PETR.
Petr Mikeš

AHOJ, JÁ JSEM MALINA.
Malina

AHOJ, JÁ JSEM 10101010.
AI

