

Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-16-0029**Spekané biologicky odbúrateľné kovové materiály**Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Renáta Oriňaková, DrSc.**

Príjemca

Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach - Prírodovedecká fakulta**Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený**

1. Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
2. Ústav materiálového výskumu, Slovenská akadémia vied

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

-

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Patent č. 288750, Nanohybridný materiál s modulovateľnou hydrofóbnosťou povrchu a spôsob jeho výroby, číslo prihlášky: PP 102-2015; TRL4
<https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/Patent/Detail/102-2015>

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Oriňaková, R.; Gorejová, R.; Orságová Kráľová, Z.; Oriňak, A.; Shepa, I.; Hovancová, J.; Kovalčíková, A.; Lukáčová, B.; Király, N.; Kaňuchová, M.; Baláž, M.; Strečková, M.; Kupková, M.; Hrubovčáková, M.; Kaľavský, F.; Oriňak, M.: Influence of albumin interaction on corrosion resistance of sintered iron biomaterials with polyethyleneimine coating, Applied Surface Science 509 (2020) 145379. DOI 10.1016/j.apsusc.2020.145379 (IF 6,18)
2. Oriňaková, R., Gorejová, R., Macko, J., Oriňak, A., Kupková, M., Hrubovčáková, M., Smith, R. M.: Evaluation of in vitro biocompatibility of open cell iron structures with PEG coating. Applied Surface Science 475 (2019) 515-518. DOI 10.1016/j.apsusc.2019.01.010 (IF 6,18)
3. Gorejová, R., Haverová, L., Oriňaková, R., Oriňak, A., & Oriňak, M.: Recent advancements in Fe-based biodegradable materials for bone repair. Journal of Materials Science 54 (2019) 1913-1947. DOI 10.1007/s10853-018-3011-z (IF 3,28)
4. Oriňaková, R.; Gorejová, R.; Orságová Kráľová, Z.; Haverová, L.; Oriňak, A.; Maskaľová, I.; Kupková, M.; Džupon, M.; Baláž, M.; Hrubovčáková, M.; Sopčák, T.; Zubrik, A.; Oriňak, M.: Evaluation of mechanical properties and hemocompatibility of open cell iron foams with polyethylene glycol coating, Applied Surface Science 505 (2020) 144634. DOI 10.1016/j.apsusc.2019.144634 (IF 6,18)
5. Orságová Kráľová, Z. ; Gorejová, R.; Oriňaková, R.; Petráková, M.; Oriňak, A.; Kupková, M.; Hrubovčáková, M.; Sopčák, T.; Baláž, M.; Maskaľová, I.; Kovalčíková, A.; Koval', K.: Biodegradable zinc-iron alloys: Complex study of corrosion behavior, mechanical properties

and hemocompatibility, Progress in Natural Science: Materials International (2021) - akceptované (IF 4,00)

6. Hrubovčáková, M., Kupková, M., Džupon, M., Giretová, M., Medvecký, L., Ďžunda, R.: Biodegradable polylactic acid and polylactic acid/hydroxyapatite coated iron foams for bone replacement materials, International Journal of Electrochemical Science, 12 (2017) 11122-11136. DOI 10.20964/2017.12.53 (IF 1,57)

Uplatnenie výsledkov projektu

So stále zvyšujúcim sa životným štandardom a priemernou dĺžkou života prichádza aj zvýšený dopyt po biomateriáloch, ktoré majú schopnosť nahrádzať opotrebované či poškodené tkanivá. Biodegradovateľné kovové materiály predstavujú skupinu biomedicínskych materiálov, ktoré počas svojho pôsobenia v mieste poškodenia korodujú in vivo za súčasnej remodelácie nového tkaniva. Po zahojení je degradovateľný materiál vstrebávaný, efektívne nahradený novým tkanivom a nie je potrebné uskutočniť ďalšiu operáciu.

Dosiahnuté výsledky výskumu v oblasti spekaných biologicky odbúrateľných materiálov nájdu uplatnenie v špecifických implantačných aplikáciách, či v oblasti tkanivového inžinierstva. Zároveň nami nadobudnuté výsledky významne prispievajú k ďalšiemu progresívnemu výskumu degradovateľných kovových, "na mieru" pripravovaných biomateriálov. V neposlednom rade môžu výsledky nášho výskumu prispieť k skvalitneniu života ľudí a ich aktivít v pracovnej aj spoločenskej oblasti.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Projekt APVV-16-0029 bol zameraný na zvládnutie prípravy kovových práškov a výsledných biomateriálov s definovaným zložením a štruktúrou, a štúdium ich vlastností. Experimentálne úsilie smerovalo k pochopeniu vzťahov medzi metódami a podmienkami prípravy a študovanými vlastnosťami biomateriálov a zisteniam ako, a či sa vzájomne ovplyvňujú. K dosiahnutiu týchto cieľov sme smerovali systematickým postupom prípravy, testovania a výberu materiálov. Rôznymi metódami prípravy sme pripravili práškové, kompaktné a pórovité materiály. Študovali sme vplyv povlakov (PLA, PEG, PEI, HAp, PLA/HAp) a modifikácií (prídavok P, Mg, CNTs, Mn, ZnO, MgO, Cu, Zn, FeO) na ich korózne, mechanické a biologické vlastnosti. Tieto vlastnosti sme následne kriticky vyhodnotili, čo viedlo k pochopeniu a popisu vzájomných vzťahov medzi štruktúrou, zložením a študovanými veličinami a tiež vlastnosťami potenciálnych bio-implantátov. V priebehu riešenia projektu sme identifikovali hlavné parametre, ktoré určujú akým spôsobom a ako rýchlo materiál koroduje v rozličných prostrediach, aké parametre sa počas týchto procesov menia a aký je ich vplyv na ostatné (napr. mechanické, biokompatibilita) vlastnosti biomateriálu. Ide predovšetkým o tieto parametre: teplota a metóda spekania, štruktúra, zloženie (vrátane minoritných prídavkov), povrchové modifikácie (povlaky, fosfátovanie), hustota, veľkosť pórov a podiel otvorenej pórovitosti. Úspešne sa nám podarilo popísať dynamiku zmien mechanických vlastností materiálov s postupujúcou degradáciou. Na základe získaných poznatkov sme navrhli matematické modely korózných procesov, aby bolo do budúcnosti možné teoreticky predikovať degradačné vlastnosti kovov a vyhotovili návrh postupu prípravy nových, potenciálnych biomateriálov ušitých „na mieru“. Na základe výsledkov získaných v rámci tohto projektu považujeme za najvhodnejší degradovateľný biomateriál pre ortopedické aplikácie Fe peny s PEG povlakom. Výsledky boli zhrnuté v 16 CC publikáciách, na ktoré doteraz vzniklo 64 SCI citácií.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The APVV-16-0029 project was focused on the preparation of metal powders and the resulting biomaterials with a defined composition and structure, and the study of their properties. Experimental efforts have been made to understand the relationships between the selected methods and conditions of preparation and the studied properties of biomaterials and to find out how and whether they interact with each other. To achieve these goals, we aimed at a systematic way of preparation, testing and selection of materials. We have prepared powdered, compact and porous materials by various preparation methods. We studied the influence of coatings (PLA, PEG, PEI, HAp, PLA / HAp) and modifications

(addition of P, Mg, CNTs, Mn, ZnO, MgO, Cu, Zn, FeO) on their corrosion, mechanical and biological properties. We critically evaluated these properties, which led to an understanding and description of the interrelationships between the structure, composition and studied quantities, as well as the properties of potential bioimplants. During the project, we identified the main parameters that determine the corrosion process and how fast the material corrodes in different environments, what parameters change during these processes and what is their impact on other (eg. mechanical, biocompatibility) properties of the biomaterial. The main parameters are: temperature and sintering method, structure, composition (including minor additives), surface modifications (coatings, phosphating), density, pore size and fraction of open porosity. We have successfully described dynamic changes in the mechanical properties of materials with progressive degradation. Based on the acquired knowledge, we proposed mathematical models of corrosion processes, so in the future it is possible to theoretically predict the degradation properties of metals and develop a proposal for the preparation of new, potential tailor-made biomaterials. Based on the results obtained in this project, we consider the Fe foam with PEG coating to be the most suitable degradable biomaterial for orthopedic applications. Results were published in 16 CC publications with 64 citations.