Биозадралд ордог сайжруулсан Mg-Ca-ийн хайлшийн шинж чанар

М.Алтантогос[1,2], Н.Даваасүрэн[1]

[1]АШУҮИС, БАС, Анагаахын химийн тэнхим
[2]МУИС, ХШУИС, Хими, биологийн инженерчлэлийн тэнхим
Цахим хаяг: davaasuren477@gmail.com, Утас: 99254657

Түлхүүр үг:

Биологийн задралд ордог магни-кальцийн хайлш
Нимгэн үе
Зэврэлд тэсвэртэй чанар

Товч утга: Энэхүү судалгааны тойм өгүүллийг биозадралд ордог Mg-Ca-ийн хайлшийн шинж чанарыг сайжруулсан байдлыг нэгтгэх зорилгоор тоймлон өгүүллээ. Учир нь энэхүү хайлшийг био-анагаахын салбарт хэрэглэгдэж байгаа ясыг бэхжүүлэх, орлуулах хамгийн ирээдүйтэй материал гэж одоогийн байдлаар үзэж байна. Mg-Ca-ийн хайлшийг нимгэн үе үүсгэн зэврэлд тэсвэртэй байх чанарыг нь сайжруулахыг тулд судалгааг эрчимтэй хийж байна. Нимгэн үеийн үүсгэж байгаа материалууд нь биозадралд орох явцдаа хүний биед ээлтэй буюу био-тохиромжтой шинж чанартай байх ёстой. Mg-Ca-ийн хайлш дээр төмрөөр халагдсан трикальцийн фосфатын бүрхүүлийг суулган судалсан судалгааны ажлаар зэврэлд тэсвэртэй шинж чанарыг үр дүнтэй аргаар сайжруулжээ. **Зорилго:** Энэхүү тойм өгүүлэл нь тулгуур эрхтний хөдөлгөөний тогтолцоо тэр дундаа сээр нуруунд суулгац болгон ашиглаж болох механик болон био-тохиромжтой шинж чанар бүхий материал болох Mg-Ca-ийн хайлшийн шинж чанарыг сайжруулсан байдлыг нэгтгэх зорилготой.

Үндэслэл: Хүний биед ясыг орлуулахад ястай ижил төстэй шинж чанар бүхий материалыг биоматериал болгон ашиглахын тулд механик ба био-тохиромжтой байдлын шаардлагыг хангасан байх ёстой гэж үздэг. Эдгээр чухал шинж чанаруудыг хангасан байх материалыг хайж олох оролдолго хийсэн судалгааны ажлуудыг эрчимтэй хийж байна. Одоогийн байдлаар биозадралд ордог суулгац болгоход полимер материалуудыг тохиромжтой хэмээн үзэж байна. Гэвч полимер суулгацын механик шинж чанар болон биозадралд ордог шинж чанарын аль алинд нь дутагдалтай тал байсаар байна[1]. Эдгээр хязгаарлалтуудыг сайжруулахын тулд судлаачид металл юмуу биокерамик материалуудыг онцлон судалж байна. Суулгацыг зэвэрдэггүй шинж чанартай болгохын тулд титан, кобальт ба тантал зэргийг хайлшийн нэмэлт болгон сайжруулалт хийж, эдгээрийг үений протез, ясны хавтгай хэсэг, яс хоорондын холбоосыг орлуулан хэрэглэж байна[2,3]. Гэхдээ металл суулгацуудын био-тохиромжтой байдлын хувьд дутагдалтай талууд байгаа хэдий ч тулгуур хөдөлгөөний тогтолцоо тэр дундаа сээр нурууны хагалгааны үед анагаахын практикт хэрэглэсээр байна[4,5,6]. Одоогийн байдлаар магнийн хайлшууд дээр суурилсан биозадралд ордог металл суулгац материалуудыг дэвшилтэт материал болгон судлаачид санал болгож байна[7,8]. Энэ материалын давуу тал нь биозадралын дүнд Mg^{2+} үүсэх явдал юм. Mg^{2+} нь амьд бие махбодид явагдаж байгаа эсийн урвалуудад оролцож, бодисын солилцоо болон уургийн синтезийн зохицуулгад оролцдог[9,10,11]. Биофункциональ биозадралд ордог материалууд дээр нэмж кальци[12] агуулсан юмуу бусад биотохиромж бүхий материалуудыг үүсгэн шинэ материал болгон ашиглаж болно[13,14]. Mg-Ca гэсэн бинар хайлшууд нь тэдгээрийн маш өвөрмөц механик шинж чанар, биозадралд ордог хэдий ч био-тохиромжтой байдалтай зэрэг шинж чанарыг нь харгалзан үзэж ясны суулгац[15,16] материал болгон ашиглах боломжтой[17]. Хайлшид хүний биед ээлтэй кальци агуулсан нимгэн үе үүсгэн сайжруулалт хийснээр кальцийн үүрэг оролцоо ясны нөхөн төлжилтөнд нөлөөтэй байдаг учир үр дүнтэй байх магадлалтай[18,19,20]. Трикальцийн фосфат нь био-тохиромжтой байдал бүхий задралд орох чадвартай материал учраас ясны бэртлийн үед хэрэглэгддэг. Хүний биед шаардлагатай ул мөр төдий элементүүдийг агуулсан трикальцийн фосфат нь онцлог шинж чанаруудтай байна. Задралын үед Ca, P болон бусад эссенциал элементүүд нь чөлөөлөгдсөнөөр яс бэхжих, эдгэрэх процессуудын үр ашгийг сайжруулна. Төмөр нь хүний бие махбодид зайлшгүй

шаардлагатай биогений элемент бөгөөд хэд хэдэн судалгааны ажлуудад төмрөөр халсан трикальцийн фосфатын тогтворжилтыг судалж, эсийн хордуулалт, эсийн амьдрах чадвар, бактерийн эсрэг үйлчилгээ зэрэг шинж чанарыг нь судлан хүссэн шинж чанартай материалыг гарган авах талаар судалжээ[21,22].

Материал арга зүй: Энэхүү судалгааны тойм өгүүллийг бичихдээ Mg-Ca-ийн хайлш болон түүний сайжруулалт, нимгэн үе суулгасаны дараах биотохиромжтой байдлын талаар судалсан сүүлийн үеийн 20 гаруй өгүүллийг задлан шинжиллээ.

Хайлшийг гарган авч, шинж чанарыг судлах нь: Төмрөөр халагдсан трикальцийн фосфат бүрхүүлийг пульст лазер тунадасжуулалтын арга ашиглан Mg-Ca-ийн хайлш дээр суулгасан. Ийнхүү сайжруулсан Mg-Ca-ийн хайлш нь үүссэн бүрхүүлийн тусламжтайгаар биозадралд ордог болохыг тогтоожээ. Тунадасжсан нимгэн үеийг рентген туяаны диффракцийн арга (XRD), сканнинг электрон микроскоп (SEM), энергийн дисперсийн рентген спектроскоп (EDX) зэрэг аргуудыг ашиглан шинж чанарыг нь судалсан байна. Электрохимийн туршилтуудыг симуляциласан биеийн шингэнд сайжруулсан хайлшийг оруулан судалж электрохимийн эсэргүүцлийг тодорхойлох замаар судалжээ. Үүдэл эсийг ялган 3-(4,5-диметилтиязол-2-ил)-2,5-дифенилтетразолиум бромидын тест ба яс үүсэлтийн дифференциал аргын судалгааг хэрэглэсэн байна. Микробиологийн шинж чанарын туршилтуудыг *Escherichia coli (E. coli)* (грам сөрөг) ба *Staphylococcus aureus* (грам эерэг) бактерийн омгууд дээр хийж гүйцэтгэхэд грам сөрөг бактерийн эсрэг өндөр үр дүн үзүүлжээ[23].

Дүгнэлт: Төмрөөр халагдсан трикальцийн фосфатын бүрхүүл бүхий Mg-Ca хайлш нь зэврэлээс хамгаалах хамгийн өндөр хамгаалах чадвартай, зарим бактерийн эсрэг өндөр үйлдэлтэй болох нь тогтоогджээ. Энэ хайлш нь биозадралд ордог хэдий ч хүний биед биотохиромжтой байдлаараа бусад хайлшаас илүү онцлог байна.

Ном зүй:

1. *Salahshoor M, Guo Y. Biodegradable orthopedic magnesium-calcium (MgCa) alloys, processing, and corrosion performance. doi:10.3390/ma5010135*
2. *Amel-Farzad H, Peivandi MT, Yusof-Sani SMR. In-body corrosion fatigue failure of a stainless steel orthopaedic implant with a rare collection of different damage mechanisms. 2007;14(7):1205-1217. doi:10.1016/j.engfailanal.2006.11.037*
3. *Triantafyllidis GK, Kazantzis A V., Karageorgiou KT. Premature fracture of a stainless steel 316L orthopaedic plate implant by alternative episodes of fatigue and cleavage decoherence. 2007;14(7):1346-1350.*
4. *Chang CY, Huang AJ, Palmer WE. Radiographic evaluation of hip implants. Semin Musculoskelet Radiol. 2015;19(1):12-20. doi:10.1055/s-0034-1396763*
5. *Russo F, Ambrosio L, Peroglio M, et al. A hyaluronan and platelet-rich plasma hydrogel for mesenchymal stem cell delivery in the intervertebral disc: An organ culture study. Int J Mol Sci. 2021;22(6):1-14. doi:10.3390/ijms22062963*
6. *Rao PJ, Pelletier MH, Walsh WR, Mobbs RJ. Spine Interbody Implants: Material Selection and Modification, Functionalization and Bioactivation of Surfaces to Improve Osseointegration. Orthop Surg. 2014;6(2):81-89. doi:10.1111/os.12098*
7. *Papenberg NP, Gneiger S, Weißensteiner I, Mg-alloys for forging applications-A review. 2020;13(4):1-61. doi:10.3390/ma13040985*
8. *Witte F, Hort N, Vogt C, et al. Degradable biomaterials based on magnesium corrosion. Curr Opin Solid State Mater Sci. 2008;12(5-6):63-72. doi:10.1016/*
9. *Medhashree H, Shetty AN. Electrochemical corrosion study of Mg-Al-Zn-Mn alloy in aqueous ethylene glycol containing chloride ions. doi:10.1016/j.jmrt.2016.04.003*
10. *Atrens A, Song GL, Cao F, Shi Z, Bowen PK. Advances in Mg corrosion and research suggestions. 2013;1(3):177-200. doi:10.1016/j.jma.2013.09.003*
11. *Saris NEL, Mervaala E, Karppanen H, Khawaja JA, Lewenstam A. Magnesium: An update on physiological, clinical and analytical aspects. 2000;294(1-2):1-26. doi:10.1016/S0009-8981(99)00258-2*
12. *Bettles C, Barnett M. Advances in wrought magnesium alloys. Adv wrought Magnes Alloy. Published online 2012. doi:10.1533/9780857093844*
13. *Rau J V., Antoniac I, Fosca M, et al. Glass-ceramic coated Mg-Ca alloys for biomedical implant applications. Mater Sci Eng C. 2016;64:362-369.*
14. *Singh RK, Srivastava M, Prasad NK, Awasthi S, Dhayalan A, Kannan S. Iron Doped β-Tricalcium Phosphate: Synthesis, Characterization, Hyperthermia Effect, Biocompatibility and Mechanical Evaluation. Vol 78. Elsevier B.V; 2017.*
15. *Pan Y, Chen C, Feng R, et al. Effect of calcium on the microstructure and corrosion behavior of microarc oxidized Mg-xCa alloys. Biointerphases. 2018;13(1):011003. doi:10.1116/1.5003320*
16. *Harandi SE, Mirshahi M, Koleini S, Idris MH, Jafari H, Kadir MRA. Effect of calcium content on the microstructure, hardness and in-vitro corrosion behavior of biodegradable mg-ca binary alloy. 2013;16(1):11-18.*
17. *Staiger MP, Pietak AM, Huadmai J, Dias G. Magnesium and its alloys as orthopedic biomaterials: A review. doi:10.1016/j.biomaterials.2005.10.003*
18. *Jeong J, Kim JH, Shim JH, HwangNS, HeoCY. Bioactive calcium phosphate materials and applications in bone regeneration. doi:10.1186/40824-018-0149-3*
19. *Xu HHK, Wang P, Wang L, et al. Calcium phosphate cements for bone engineering and their biological properties. doi:10.1038/boneres.2017.56*
20. *Rau J V., Antoniac I, Cama G, Komlev VS, Ravaglioli A. Bioactive Materials for Bone Tissue Engineering.2016. doi:10.1155/2016/3741428*
21. *Xie L, Yang Y, Fu Z, et al. Fe/Zn-modified tricalcium phosphate (TCP) biomaterials: Preparation and biological properties. 2019;9(2):781-789. doi:10.1039/C8RA08453J*
22. *Uskoković V, Graziani V, Wu VM, et al. Gold is for the mistress, silver for the maid: Enhanced mechanical properties, osteoinduction and antibacterial activity due to iron doping of tricalcium phosphate bone cements. 2019;94 doi:10.1016/j.msec.2018.10.028*
23. *Antoniac I V., Filipescu M, Barbaro K, et al. Iron Ion-Doped Tricalcium Phosphate Coatings Improve the Properties of Biodegradable Magnesium Alloys for Biomedical Implant Application. 2020;7(16). doi:10.1002/admi.202000531*

Characterization of improved Biodegradable Mg-Ca Alloys

Altantogos.M[1,2], Davaasuren.N[1]

[1]Department of Medical Chemistry, School of BioMedicine, MNUMS
[2]Department of Chemical and Biological Engineering, School of Engineering and Applied Science, NUM
Email: davaasuren477@gmail.com, Tel: 99254657

This study is summarized in order to investigate the improvement in the properties of biodegradable Mg-Ca alloys. Because this alloy is currently considered to be the most promising bone strengthening and replacement material used in biomedicine. Iron-substituted tricalcium phosphate coatings are deposited on biodegradable Mg-Ca alloys to improve their corrosion resistance. Research is underway to improve the corrosion resistance of Mg-Ca alloys by forming thin layers. Mg-Ca alloys have been studied to be deposited with iron doped tricalcium phosphate coatings to improve their corrosion resistance. The materials that form the thin layer must be biodegradable in the human body during degradation. This alloy can recommend for biomedical implant applications from recent research articles.

Keywords: Biodegradable magnesium-calcium alloy, thin layer, corrosion resistance