

## CONTAMINATION OF DENTAL IMPLANTS AS A FACTOR IN THE SUCCESS/FAILURE OF THE IMPLANTATION PROCESS

**Ljupka Arsovski**

Faculty of Medical Sciences, Goce Delcev University, Stip, North Macedonia,

[ljupka.arsovski@ugd.edu.mk](mailto:ljupka.arsovski@ugd.edu.mk)

**Sofija Carceva Salja**

Faculty of Medical Sciences, Goce Delcev University, Stip, North Macedonia,

[sofija.carceva@ugd.edu.mk](mailto:sofija.carceva@ugd.edu.mk)

**Daniela Veleska - Stevkovska**

Faculty of Medical Sciences, University St. Kiril and Metodij, Skopje, North Macedonia,

[daniela.veleska@gmail.com](mailto:daniela.veleska@gmail.com)

**Abstract:** Titanium is widely regarded as the most biocompatible noble metal, demonstrating excellent affinity with bone tissue and supporting the process of osseointegration, which is critical for the success of dental implant procedures. Most dental implant manufacturers report a 99% success rate and claim their implants are composed of 99% titanium. However, the remaining 1% of the material composition often remains unspecified, raising questions about its potential impact on clinical outcomes.

**Aim:** Despite extensive research in dental implantology, implant failure still occurs, frequently due to peri-implantitis — an inflammatory process that can lead to implant loss.

**Methods:** This study aimed to investigate the surface composition of dental implants from various manufacturers using scanning electron microscopy (SEM) and to assess the potential role of surface contaminants in the osseointegration process.

**Results and conclusions:** Our findings indicate that, in addition to titanium, several chemical elements were present on the implant surfaces, including silicon, chlorine, zinc, calcium, phosphorus, sulfur, and sodium. These elements may originate from manufacturing, handling, or packaging processes, and their presence may influence the biological response to the implant, either positively or negatively. Depending on their concentration and interaction with host tissues, such elements could enhance osseointegration or contribute to inflammatory reactions and implant failure. This study underscores the importance of surface purity and composition in dental implants and highlights the need for further investigation into the clinical relevance of surface contaminants.

**Keywords:** dental implant, chemical elements, contamination, osseointegration, peri-implantitis

## КОНТАМИНАЦИЈАТА НА ДЕНТАЛНИТЕ ИМПЛАНТИ КАКО ЕДЕН ОД ФАКТОРИТЕ ЗА УСПЕХ/НЕУСПЕХ ВО ПРОЦЕСОТ НА ИМПЛАНТАЦИЈА

**Љупка Арсовски**

Факултет за медицински науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија

[ljupka.arsovski@ugd.edu.mk](mailto:ljupka.arsovski@ugd.edu.mk)

**Софија Царчева Шаља**

Факултет за медицински науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија

[sofija.carceva@ugd.edu.mk](mailto:sofija.carceva@ugd.edu.mk)

**Даниела Велеска – Стевковска**

Факултет за стоматолошки науки, Универзитет „Свети Кирил и Методиј“, Скопје, Северна

Македонија, [daniela.veleska@gmail.com](mailto:daniela.veleska@gmail.com)

**Апстракт:** Титаниумот е најблагороден метал кој се покажал како бикомпатибилен со коската, односно го овозможува процесот на остеоинтеграција и успех на имплантирањето. Различните производители на дентални импланти промовираат 99% успех во процесот на имплантацијата, како и ги декларираат своите импланти како 99% изработени од титаниум. Но што е со тие 1%?

**Цел на истражувањето:** Покрај многубројните студии истражувања во денталната имплантологија понекогаш се случува организмот да не го прифати имплантот, односно настанува периимплантит кој доведува до загуба на поставениот имплант.

Методологија: Во нашето истражување користевме електронски микроскоп за анализа на импланти од различен производител и ги споредувавме истите. На процесот на имплантација влијаат повеќе фактори за успех, но како еден од клучните фактори е површината на самиот имплант.

Резултати и заклучоци: Со помош на електронскиот микроскоп беше докажано присуство на хемиски елементи кај некои дентални импланти, кои би можеле да имаат потенцијален позитивен или негативен ефект врз процесот на имплантацијата. Беа откриени хемиски елементи на површината на анализираниите денталните импланти кои можат да предизвикаат да се подобри процесот на остеоинтеграцијата или можат да бидат еден од факторите за неуспех на имплантацијата. На површината на имплантите беа пронајдени: силициум, хлор, цинк, калциум, фосфор, сулфур и натриум.

**Клучни зборови:** имплант, елементи, контаминација, остеоинтеграција, периимплантит

## 1. ВОВЕД

Денталната имплантологија како област од денталната медицина се занимава со поставување на дентални импланти на меса каде што недостасуваат природните заби на пациентите. Денталните импланти го заменуваат коренот на забот, односно се поставуваат во коската и над нив се поставува супраструктура после одреден временски период. Пред да се постави супраструктурата над имплантите треба да поминат од 3 до 6 месеци за да настане процес на остеоинтеграција, односно денталниот имплант да се поврзе со коската во која е поставен. За таа цел се изработуваат импланти чија површина е 99% титаниум, како биокompatибелен материјал, кој не предизвикува алергии, реакција на “страно” тело во организмот и е постојан, односно не се менува во средината во која е поставен. Денес на пазарот постојат голем број на производители кои изработуваат дентални импланти, со различна цена и квалитет. Докторите се соочуваат со дилеми кои импланти да ги употребуваат, се со цел да имаат успешна имплантација. Понекогаш доаѓа до појава на периимплантит, како инфекција околу имплантот и истата одведува до загуба на имплантот. Постојат повеќе фактори кои влијаат на процесот на имплантацијата, но како клучен фактор и површината на денталниот имплант, односно чистотата (контаминацијата) на истиот. Хемиските елементи кои се наоѓаат на површината на денталниот имплант можат да предизвикаат промена во структурата а имплантот, како абеење, трошење и појава на периимплантит. Некои од елементите кои се присутни на површината на имплантот може да дадат потенцијален позитивен ефект на имплантацијата, односно да го забрзаат и овозможат процесот на имплантација.

## 2. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

За оваа цел беше користен електронски микроскоп (SEM) кој ни овозможи детална анализа на површината на испитуваните импланти, во сите делови. Електронскиот микроскоп ни дава слики со скенирање на површината со фокусиран зрак на електрони. Може да даде јасна слика и до 1nm. Овој метод се користи во повеќе области и дава многу јасни резултати. Во стоматологија треба претходно анализираниите производи да се подготват, така што се поставуваат на специјален носач и со помош на леплива трака се прицврстуваат и така подготвени се спремни за анализа. Истите треба да бидат исчистени, односно стерилни, за да не дадат лажна слика од примерокот. По неколку минути на софтверот кој е поврзан со електронскиот микроскоп излегува слика од испитуваниот примерок, во нашиов случај денталниот имплант и можеме да одбереме точно на кој ден од површината да се направи испитувањето. Освен слика од површината на денталниот имплант софтверот исто така ни дава хемиска анализа на одбраната површина, односно евентуалното присуство на хемиски елементи, како и процентот на присутност на истите. Од тие податоци јасно се гледа колку проценти на хемиски елементи се присутни, како и видот на елементите. Со помош на електронскиот микроскоп се прави анализа на површината на денталниот имплант и откривање на контаминацијата. (може да се направи откривање на метални и неметални елементи, како и оксиди и органски материи).

## 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Нашите резултати беа споредени со светска литература, пребарувана на базите PubMed, Web of Science, Scopus, Orchid I Research gate.

Микротопографијата на имплантната површина има пресудно влијание врз брзината и квалитетот на остеоинтеграцијата, а со тоа и врз клиничкото однесување на денталните импланти, па затоа директно ги обликува протоколите за нивно производство. Целта на оваа студија беше да се испита наноструктурата на површината и хистолошки да се споредат нејзините перформанси со оние на SLA- и MAC-обработени импланти, поставени кај пациенти и отстранети по четири до шест недели. Сите импланти беа инсертирани постериорно во беззаба максила. Бројни истражувања покажуваат дека коскениот квалитет во овој регион е намален, што може да доведе до пониска примарна стабилност и одложена остеоинтеграција. (*Dhaliwal, J.*

S., David, S. R. N., Zulhilm, N. R., Dhaliwal, S. K. S., Knights, J., & de Albuquerque Júnior, R. F. 2020)Познато е дека ризикот од неуспех значително се зголемува кога имплантот се поставува во задната горна вилица, каде коската е попорозна, што ја прави рехабилитацијата посензитивна и помалку предвидлива. Споредувањето на процентот на контакт коска-имплант (BIC) кај импланти со идентична геометрија, но различна површинска топографија, во ист квалитет на коскено ткиво, овозможува пообјективна проценка на однесувањето на наноструктурираните површини во такви клинички услови. (Battaglin, R., Fu, J., Späte, U., Ersoy, U., Joe, M., Sedaghat, L., & Stashenko, P. 2004). (Christian Makary, 2023)

Биоактивните модификации на имплантните површини не секогаш имаат позитивно влијание врз остеоинтеграцијата. (Berbel, L. O., Banczek, E. D. P., Karoussis, I. K., Kotsakis, G. A., & Costa, I. 2019). Иако површински третмани на дентални импланти од титаниум со биомолекуларни облоги покажале дека можат да стимулираат формирање периимплантна коска и да ја подобрат остеоинтеграцијата во раните фази на заздравувањето, нивниот долгорочен ефект останува неизвесен. Постојат бројни фактори што ја отежнуваат директната споредба меѓу различни типови на импланти, што дополнително ја комплицира интерпретацијата на резултатите. Затоа, за да се утврди вистинската ефикасност и долгорочна стабилност на биомолекуларно обложените импланти, потребни се обемни и долготрајни клинички студии кои опфаќаат повеќегодишно следење. (Hsiu-Wan Meng, 2016)

Во рамки на нашите анализи беа вклучени дентални импланти со биомолекуларни облоги, користени како биоактивни површински модификации со цел унапредување на имплантацијата. Преку електрохемиски анализи, во согласност со наодите од студијата на Hsiu-Wan Meng, Esther Yun Chien и Hua-Hong Chien, утврдивме дека ваквите модификации не секогаш имаат поволен ефект врз остеоинтеграцијата. Сепак, титаниумските дентални импланти со биомолекуларни облоги покажуваат потенцијал за стимулирање на формирање периимплантна коска, што доведува до подобрена остеоинтеграција во почетната фаза на заздравување. И покрај тоа, постојат повеќе фактори кои ја отежнуваат споредбата меѓу различните истражувања и дополнително ја усложнуваат интерпретацијата на резултатите поврзани со појавата на периимплантитис. (Mtani, T., Biadsee, A., & Ormianer, Z. 2023).

На површината на испитуваните дентални импланти, анализирани на електронски микроскоп во овој труд беа пронајдени хемиски елементи, како што се: силициум, хлор, цинк, калциум, фосфор, сулфур и натриум. (Kopic, S., & Geibel, J. P. 2013).

Во продолжение се објаснети потенцијалните позитивни, односно негативни влијанија на елементите на процесот на остеоинтеграцијата.

#### Силициум(Si)

Потенцијален влез – може да се појави на површината на денталниот имплант во текот на чистење на истиот, пред пуштање во продажба.

Потенцијален позитивен ефект – нема.

Потенцијален негативен ефект – во поголеми количини може да предизвика разорување на површината на денталниот имплант.

#### Хлор(Cl)

Потенцијален влез – се користи за чистење на површината на денталните импланти.

Потенцијален позитивен ефект – нема.

Потенцијален негативен ефект – во поголеми количини може да предизвика трошење на површината на денталниот имплант.

#### Цинк(Zn)

Потенцијален влез – го има во водичките за испирање на уста и пасти за миење на заби.

Потенцијален позитивен ефект – нема.

Потенцијален негативен ефект - Предизвикува абеење на површината на денталниот имплант.

#### Калциум(Ca)

Потенцијален влез - Може да се појави при текот на чистење на денталните импланти.

Потенцијален позитивен ефект – може да помогне при процесот на остеоинтеграција, односно промовира контакт коска-имплант.

Потенцијален негативен ефект – Го инхибира формирањето на апатит, кој е значаен за процесот на остеоинтеграција.

#### Фосфор(P)

Потенцијален влез - Може да се појави при текот на чистење на денталните импланти.

Потенцијален позитивен ефект – продуцира цитокини и матични клетки.

Потенцијален негативен ефект – може да доведе до трошење на површината на денталниот имплант.

#### Сулфур(S)

Потенцијален влез – го има во плунката и киселината за испирање на уста.

Потенцијален позитивен ефект – нема.

Потенцијален негативен ефект – може да доведе до трошење на површината на денталниот имплант, при што доведува до промена на оксидниот слој на имплантот.

*Натриум(Na)*

Потенцијален влез – физиолошки раствор.

Потенцијален позитивен ефект – нема

Потенцијален негативен ефект – може да доведе до трошење на површината на денталниот имплант.

#### 4. ЗАКЛУЧОК

Титаниумот (Ti) е метал со сребрена боја, висока цврстина и релативно мала густина, кој се одликува со исклучителна хемиска стабилност што придонесува за неговата отпорност на корозија — клучно својство за неговата висока биокompatibilност. Благодарение на овие карактеристики, титаниумот е широко прифатен како најсоодветен материјал за дентални импланти, бидејќи овозможува ефикасно обновување на оралните функции преку замена на изгубените заби. Денес, најголем дел од стоматолозите се ориентираат кон употреба на титаниум или негови легури, поради нивната одлична биокompatibilност, силната врска што ја формираат со коската, како и нивната висока отпорност на абеење и фрактури. Во одредени случаи, кај пациенти со дентални импланти може да се појави воспалителна состојба позната како периимплантитис, која може да доведе до отфрлање на имплантот и неуспех на имплантацијата. Ова најчесто се јавува како резултат на алергиска реакција, хиперсензитивност кон материјалот или појава на корозија и абеење на површината на имплантот. Хемискиот состав на површината на имплантот има клучна улога во успехот на имплантацијата. Сепак, клучниот заклучок од овој труд е дека присуството на овие елементи мора да биде строго контролирано, бидејќи несоодветната концентрација или форма може да предизвика непожелни биолошки реакции. Затоа, нивната примена во технички или биолошки контексти бара внимателна прецизност и стручна проценка при процесот на имплантација.

#### КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- Battaglini, R., Fu, J., Späte, U., Ersoy, U., Joe, M., Sedaghat, L., & Stashenko, P. (2004). Serotonin regulates osteoclast differentiation through its transporter. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(9), 1420–1431. <https://doi.org/10.1359/JBMR.040606>
- Berbel, L. O., Banczek, E. D. P., Karoussis, I. K., Kotsakis, G. A., & Costa, I. (2019). Determinants of corrosion resistance of Ti-6Al-4V alloy dental implants in an *in vitro* model of peri-implant inflammation. *PLOS ONE*, 14(1), e0210530. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210530>
- Boffano, P., Brucoli, M., & Rocchetti, V. (2024). Corrosion features of titanium alloys in dental implants: A systematic review. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s12663-024-02169-6>
- Dhaliwal, J. S., David, S. R. N., Zulhilmi, N. R., Dhaliwal, S. K. S., Knights, J., & de Albuquerque Júnior, R. F. (2020). Contamination of titanium dental implants: A narrative review. *SN Applied Sciences*, 2(6), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2810-4>
- Hämmerle, C. H. F., Cordaro, L., van Assche, N., Benic, G. I., Bornstein, M. M., Gamper, F., Gotfredsen, K., ... Wismeijer, D. (2015). Digital technologies to support planning, treatment, and fabrication processes and outcome assessments in implant dentistry: Summary and consensus statements of the 4th EAO consensus conference 2015. *Clinical Oral Implants Research*, 26 (Suppl. 11), 97–101. <https://doi.org/10.1111/clr.12648>
- Kopic, S., & Geibel, J. P. (2013). Gastric acid, calcium absorption, and their impact on bone health. *Physiological Reviews*, 93(1), 189–268. <https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2012>
- Makary, C., Menhall, A., Lahoud, P., An, H. W., Park, K. B., & Traini, T. (2023). Nanostructured calcium-incorporated surface compared to machined and SLA dental implants—A split-mouth randomized case/double-control histological human study. *Nanomaterials*, 13(2), 357. <https://doi.org/10.3390/nano13020357>
- Mtanis, T., Biadsee, A., & Ormianer, Z. (2023). Assessing the cleanliness of dental implants using scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy analysis: A SEM and EDS *in vitro* study. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(3), 172. <https://doi.org/10.3390/jfb14030172>
- Mendes, G. N., Floresta, L. G., Takeshita, W. M., Brasileiro, B. F., & Trento, C. L. (2025). The application of ImageJ software for roughness analysis of dental implants. *Journal of Imaging Informatics in Medicine*, 38(3), 1812–1819. <https://doi.org/10.1007/s10278-024-01298-1>
- Pardal-Peláez, B., Flores-Fraile, J., Pardal-Refoyo, J. L., & Montero, J. (2021). Implant loss and crestal bone loss in early loading versus delayed and immediate loading in edentulous mandibles: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 13(4), e397–e405. <https://doi.org/10.4317/jced.57966>