

# INFLUENȚA TRATAMENTULUI DE SUPRAFAȚĂ ASUPRA STABILITĂȚII MINI-IMPLANTURILOR ORTODONTICE

## *The influence of surface treatment over the stability of orthodontic mini-implants*

Asist. Univ. Dr. Andreea Păun, Șef. Lucr. Dr. Roxana Romanița Ilici, Prof. Dr. Ion Pătrașcu,  
Conf. Dr. Paula Perlea

Facultatea de Medicină Dentară, Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol Davila”, București

### REZUMAT

Mini-implanturile ortodontice au adus noi perspective asupra tratamentului ortodontic prin capacitatea lor de a asigura ancoraj maxim în condițiile unei complianțe minime a pacientului. Biomaterialele din care sunt fabricate mini-implanturile sunt oțelul, aliajul crom-cobalt, titanul comercial pur și aliajul de titan tipul 5. Acestea influențează tipul de răspuns celular în țesutul gazdă, stabilitatea dispozitivului și, în final, succesul clinic al acestuia. Cercetările recente au venit în întâmpinarea necesității clinicienilor de a spori stabilitatea acestor dispozitive printr-o serie de modificări ale suprafeței care vine în contact cu țesutul osos.

Lucrarea de față își propune să analizeze metodele utilizate ca tratament de suprafață în cazul mini-implanturilor ortodontice și să evalueze datele cu privire la influența acestora asupra stabilității dispozitivelor. Lucrarea reprezintă o sinteză a datelor existente în literatura de specialitate, bazată pe includerea în analiză a articolelor științifice relevante pentru tema de față.

**Cuvinte cheie:** mini-implanturi ortodontice, tratament de suprafață, biomaterial

### ABSTRACT

Mini-screws have brought new perspectives on the prognosis of the orthodontic treatment due to their ability to provide maximum anchorage and minimum compliance from the patient. Biomaterials used for mini-implant manufacturing are stainless steel, chrome-cobalt alloy, commercially pure titanium and grade 5 titanium alloy. These materials influence the type of cellular response in the host tissue, the stability of the device and, finally, the clinical success. Recent research has met the need for clinicians to enhance the stability of these devices through a series of changes to the surface which is in direct contact with bone.

This paper aims to analyze the methods used as a surface treatment for orthodontic mini-implants and to evaluate their influence on the stability of these devices. This paper is a synthesis of existing data in the literature, based on inclusion in the analysis of full-text scientific articles relevant for the chosen topic.

**Keywords:** orthodontic mini-implants, surface treatment, biomaterial

### INTRODUCERE

Mini-implanturile ortodontice reprezintă mijloace de ancoraj scheletal fixate temporar la nivelul structurilor osoase maxilare, cu scopul fie de a suplimenta ancorajul ortodontic oferit de dinți, fie de a înlătura necesitatea utilizării structurilor dentare ca unități de ancoraj (1). Acestea sunt utilizate pentru o perioadă de timp limitată în cadrul tratamentului ortodontic, și anume cea necesară deplasării anumitor

dinți, urmând apoi ca acestea să fie îndepărtate printr-o tehnică minim invazivă.

Biomaterialele utilizate în scop medical influențează în mod direct răspunsul biologic în țesutul gazdă. În ortodonție, pe lângă biocompatibilitatea necesară oricărui material utilizat *in-vivo*, acesta mai trebuie să prezinte rezistență mecanică, rezistență la coroziune și un modul de elasticitate adecvat.

Autor corespondent:

Asist. Univ. Dr. Andreea Păun, Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol Davila”, Clinica Eforie, Str. Eforie nr. 4-6, București  
E-mail: andreea.p aun12@gmail.com

## BIOMATERIALE UTILIZATE PENTRU MINI-IMPLANTURILE ORTODONTICE

Materialele din care sunt fabricate mini-implanturile ortodontice sunt diverse (Tabelul 1). Printre acestea se numără oțelul, aliajul crom-cobalt, titanul comercial pur și aliajul de titan tipul 5.

**TABELUL 1.** Biomaterialele folosite pentru fabricarea mini-implanturilor ortodontice și produse comerciale

Biomaterial	Produse comerciale
Oțel inoxidabil	Orthodontic Mini Implants (Leone) Orthodontic Stainless Steel Mini Implants (Shanghai)
Aliaj crom-cobalt	Experimental
Titan comercial pur	OrthoEasy (Forestadent) Sistemul C-implant (Korea)
Aliaj de titan	Tomas® (Dentaureum) The Unitek™ Temporary Anchorage Device System (3M Unitek) Orlus Mini Implant System (Ortholution) The Aarhus System Miniscrews (American Orthodontics) Infinitas Mini Implant (Dentsply GAC) AbsoAnchor Micro Implants (Great Lakes Orthodontics Ltd) VectorTAS™ (Ormco) Spider Screw® Temporary Anchorage Device System (Ortho Technology Inc) Dual Top TADs (RMO Inc)

Oțelul a fost ales ca material pentru fabricarea mini-implanturilor ortodontice datorită costului scăzut, rezistenței mari la alungire și ușurinței de procesare (2-5). Pentru fabricarea mini-șuruburilor ortodontice, Societatea Americană pentru Testarea Materialelor (ASTM) recomandă aliajul de oțel inoxidabil tipul 316L, care conține 10-14% nichel, 2-3% molibden, 16-18% crom și maxim 0,03% carbon (6).

Oțelul este rar utilizat pentru fabricarea mini-implanturilor, din cauza riscului de alergii la nichel, posibilității de apariție a fisurilor și coroziunii (1). De asemenea, după inserare, în jurul mini-implanturilor din oțel se formează o capsulă de țesut fibros care împiedică apariția unui contact os-implant adecvat (7).

Un alt material utilizat pentru fabricarea mini-implanturilor este aliajul de crom-cobalt. Avantajele utilizării acestui material sunt reprezentate de o rezistență mecanică, rezistență la coroziune și o biocompatibilitate mai mari decât ale oțelului, dar la un cost mai mare de fabricare (6,8).

Aliajul de crom-cobalt este rar utilizat pentru fabricarea mini-implanturilor din cauza faptului că prezintă o biocompatibilitate mai mică decât aliajul

de titan, iar stabilitatea pe termen lung nu este sigură (6,8).

Titanul comercial pur a fost materialul din care s-a realizat primul mini-implant ortodontic (Kanomi R., Japonia, 1997). Acesta a fost utilizat pentru intruzia incisivilor inferiori, obținându-se 6 mm de deplasare verticală (9,10).

Titanul prezintă o serie de proprietăți fizice particulare: densitate mică (4,5 g/cm<sup>3</sup>), rezistență mecanică de trei ori mai mare decât oțelul, rezistență la coroziune foarte bună, nu este bun conducător de electricitate, căldură sau forță magnetică și are modulul de elasticitate scăzut în comparație cu alte biomateriale metalice. De asemenea, este înalt biocompatibil, inert și nu are potențial alergen (1,6). Titanul comercial pur este de 4 tipuri (1-4), care diferă prin compoziția și rezistența lor (1).

Studiile histologice au arătat că osteointegrarea mini-implanturilor ortodontice din titan este mai puțin de jumătate față de implanturile convenționale (11).

Dintre aliajele de titan, tipul V este cel mai frecvent utilizat (Ti-6Al-4V), înlocuind titanul, care deși are un grad mai mare de biocompatibilitate, este mai predispus la fractură (6). Acesta prezintă cea mai mică cantitate de aliaj (6% aluminiu și 4% vanadiu) dintre toate gradele de titan, ceea ce îi conferă o rezistență la rupere și la compresie mai mari decât titanul pur (1,6,9). Modulul de elasticitate mai apropiat de cel al osului față de celelalte biomateriale (cu excepția titanului pur) reprezintă un avantaj care facilitează o distribuție mai uniformă a forțelor de-a lungul interfeței os-implant (1).

## TRATAMENTUL DE SUPRAFAȚĂ

Ca și în cazul implanturilor dentare, cercetătorii au căutat să modifice suprafața mini-implanturilor ortodontice care ia contact cu osul pentru a îmbunătăți stabilitatea primară și vindecarea osoasă (12). Astfel, asupra dispozitivelor ortodontice poate fi aplicat un tratament de suprafață prin demineralizare acidă, sablare sau folosirea laserului în vederea creșterii contactului implant-os.

Tratamentul de suprafață cu acid constă în crearea unei suprafețe rugoase, cu microtextură, cu cavități mai mici (de 1-3 μm) și mai mari (de 6-10 μm), care are ca scop promovarea unui proces de osteointegrare timpuriu și creșterea stabilității implantului (12). De asemenea, acesta determină apariția unei suprafețe rugoase și omogene prin îndepărtarea produsilor de contaminare (13). Rugozitatea suprafeței mini-implantului influențează adeziunea, absorbția și diferențierea osteoblastelor și fibroblastelor (14).

Pe de altă parte, sablarea suprafeței implantului cu pulbere cu granulație mare (sand-blasted, large grit) determină apariția unei suprafețe cu macrotură, cu depresiuni mari (de 10-30  $\mu\text{m}$ ) și proeminențe de diferite dimensiuni, care asigură o osteointegrare mai bună.

Unii producători au utilizat ambele procedee pentru a crește stabilitatea dispozitivelor în os și astfel s-au fabricat mini-implanturile sablate cu pulbere cu granulație mare și tratate cu acid (SLA – sandblasted, large grit, acid-etched sau SAE – sandblasted and acid-etched). Combinarea tratamentului acid cu sablarea creează o suprafață cu microrugozități și ondulații care îmbunătățesc contactul os-implant (12).

Un alt procedeu pentru obținerea unui contact os-implant crescut este tratamentul suprafeței mini-implantului cu laser. Folosirea laserului pentru modificarea suprafeței implanturilor are ca efect stimularea formării de os în cantitate mai mare, creșterea durtății, rugozității, rezistenței la coroziune și a gradului de puritate a materialelor utilizate (15-17). Mai mult, tratamentul cu laser al suprafețelor produce un model de rugozitate uniform și ordonat, ceea ce s-a observat că influențează pozitiv reacția celulelor implicate în osteogeneză (15,18,19).

## DISCUȚII

Succesul mini-implanturilor depinde de stabilitatea lor în os. Stabilitatea primară se obține imediat după inserare prin retenție mecanică (20-22) și este principala modalitate de menținere a mini-implantului în os. Pe de altă parte, stabilitatea secundară este rezultatul osteointegrării apărute după formarea de os nou în jurul implantului (23). În mod cert, osteointegrarea completă nu ar fi de dorit în cazul mini-implanturilor, însă se pare că aceasta este prezentă, iar mini-implanturile pot fi funcționale chiar și la un index de osteointegrare foarte mic (1).

În literatură este folosit termenul de osteointegrare parțială în cazul mini-implanturilor ortodontice, a mini-șuruburilor și a plăcilor de fixare. Acest termen se referă la situațiile în care osteointegrarea se produce, însă aceasta nu este suficient de puternică pentru a preveni deșurubarea implantului (11).

Pentru a îmbunătăți modul de retenție a mini-implanturilor în os, suprafața acestora a fost modificată prin diverse procedee: demineralizare acidă, sablare sau tratare cu laser.

În funcție de tratamentul aplicat, rugozitatea suprafețelor mini-implanturilor din aliaj de titan descrește astfel: mini-șuruburi sablate  $\rightarrow$  mini-șuruburi SLA  $\rightarrow$  mini-șuruburi tratate cu acid  $\rightarrow$  mini-șuruburi cu suprafață netedă (fără tratament) (14). S-a

observat că în ceea ce privește contactul os-implant, acesta este semnificativ mai mare la mini-implanturile cu suprafață rugoasă în comparație cu cele cu suprafață netedă, ceea ce recomandă dispozitivele cu suprafață rugoasă în situațiile cu os de calitate slabă și încărcare imediată sau timpurie (14).

În literatură există studii care au comparat mini-implanturile din titan cu suprafață netedă cu cele SLA, la acestea din urmă înregistrându-se un torque de îndepărtare mai mare și formarea mai importantă de os în jurul lor, ceea ce permite susținerea forțelor ortodontice mai mari fără a se mobiliza (24).

Chaddad et al. (25) nu găsește nici o diferență a ratelor de succes ale mini-implanturilor din titan asupra cărora forța ortodontică s-a aplicat imediat după inserare în funcție de caracteristicile suprafețelor dispozitivelor (fără tratament de suprafață sau cu suprafață SLA).

Un alt studiu precizează că mini-implanturile din titan SLA prezintă o retenție mai bună în situațiile în care forța ortodontică este aplicată imediat după inserare și permit folosirea unor forțe variate (26). Valorile medii ale torque-ului la îndepărtare au fost mai mari pentru mini-implanturile din titan SLA în primele 6 săptămâni de vindecare (echivalentul a 18 săptămâni la om), însă după 10 săptămâni de vindecare aceste valori au devenit egale pentru toate tipurile de mini-implanturi (26).

Un deziderat în mișcarea ortodontică a dinților având ancoraj pe mini-implanturi îl reprezintă stabilitatea șurubului la forțele de rotație în sens invers acelor de ceas (27). La câini, s-a observat că momente de rotație în sens invers acelor de ceas au un efect negativ asupra stabilității mini-implanturilor cu suprafață netedă (27). În schimb, mini-implanturile din titan cu suprafață SLA sunt rezistente la aplicarea forțelor de rotație în sens invers acelor de ceas, ceea ce conferă valențe biomecanice importante (27).

În cazul mini-implanturilor din aliaj de titan Ti-6Al-4V, Wennerberg et al. au comparat succesul dispozitivelor cu suprafață netedă cu a celor tratate cu acid. S-a observat că la acestea din urmă, rata de succes este mai mare (88.8%), deși nu s-a înregistrat nicio diferență în ceea ce privește stabilitatea atunci când s-a evaluat mobilitatea, deplasarea, torque-ul la inserare și îndepărtare (7).

La mini-implanturile din aliaj de titan 5 inserate la animale (iepuri), forța de torsiune (torque) la îndepărtare a dispozitivelor SLA nu a fost semnificativ diferită în comparație cu a celor cu suprafață netedă, atât la 0, cât și la 8 săptămâni (24). De asemenea, s-a observat reducerea contactului os-implant de la 0 la 8 săptămâni la mini-implanturile cu suprafață

netedă și creșterea acestuia la cele SLA, autorii concluzionând că mini-implanturile SLA nu oferă avantaje în ceea ce privește stabilitatea și rezistența la „torque“-ul de îndepărtare (24). Un exemplu de mini-implant cu suprafața SLA este dispozitivul Orlus produs de Ortholution, Korea.

În ceea ce privește tratamentul cu laser a mini-implanturilor din oțel, un studiu realizat pe animale (câini) a concluzionat că deși rugozitatea acestor suprafețe a fost de peste trei ori mai mare în comparație cu mini-implanturile cu suprafață netedă, nu s-au înregistrat diferențe semnificative între cele două tipuri de șuruburi (28).

La șobolani, mini-implanturile din titan a căror suprafață a fost tratată cu laser au demonstrat o stabilitate crescută și o accelerare a formării osului în jurul șurubului prin stimularea expresiei genei BMP-2 în celulele din vecinătate (29).

La mini-implanturile din aliaj de titan tratate cu laser de intensitate mică, s-a observat o creștere a stabilității acestora în comparație cu dispozitivele cu suprafață netedă, un nivel superior înregistrându-se la șuruburile autofiletante față de cele autoforante (17). De reținut este faptul că stabilitatea crescută a mini-implanturilor secundară tratamentului cu laser nu se datorează în mod direct fenomenului de osteointegrare a implantului, ci modului diferit

în care s-a realizat vindecarea țesuturilor lezate în urma inserării dispozitivului (17).

## CONCLUZII

În practică, cel mai frecvent folosit biomaterial pentru fabricarea mini-implanturilor ortodontice este aliajul de titan (Ti-6Al-4V). Tratarea suprafeței mini-implantului reprezintă un proces ce are ca scop creșterea stabilității acestor dispozitive prin ameliorarea vindecării osoase și prin mărirea contactului os-implant.

Pentru mini-implanturile din titan, tratamentul de suprafață prin SLA este avantajos când se impune aplicarea forțelor ortodontice imediat după inserare, când acestea au valori mari sau când se anticipează apariția momentelor de rotație în sens invers acelor de ceas. În ceea ce privește mini-implanturile din aliaj de titan, tratarea suprafeței prin SLA nu a influențat în mod diferit stabilitatea mini-implantului.

Având în vedere numărul limitat de cercetări, în consecvență acestora și introducerea recentă a acestor dispozitive cu suprafața modificată, se impun cât mai multe studii privind influența acestor procedee asupra succesului clinic al mini-implanturilor ortodontice.

## BIBLIOGRAFIE

- Cornelis M.A., Scheffler N.R., De Clerck H.J. et al.** Systematic review of the experimental use of temporary skeletal anchorage devices in orthodontics. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.* 2007 Apr; 131(4 Suppl):S52-58.
- Anusavice K.J., Shen C., Rawls H.R.** Dental Casting Alloys and Metal Joining. In: Anusavice K.J., Shen C., Rawls H.R. *Phillips' Science of Dental Materials. Elsevier Health Sciences*; 2013: 376-386.
- Disegi J.A., Eschbach L.** Stainless steel in bone surgery. *Injury.* 2000 Dec; 31 Suppl 4:2-6.
- Ke Y., Yibin R.** Nickel-free austenitic stainless steels for medical applications. *Sci. Technol. Adv. Mater.* 2010; 11(1):1-13.
- Lim Y.W., Kwon S.Y., Sun D.H., Kim Y.S.** The Otto Aufranc Award: enhanced biocompatibility of stainless steel implants by titanium coating and microarc oxidation. *Clin. Orthop.* 2011 Feb; 469(2):330-338.
- Safiya S., Manjunath G.** Mini-Implant Materials: An Overview. *IOSR J. Dent. Med. Sci.* 2013; 7(2):15-20.
- Wennerberg A.** Orthodontic Implants and Orthodontic Implant surfaces. In: Wennerberg A, Albrektsson T, Jimbo R. *Implant Surfaces and their Biological and Clinical Impact. Springer*; 2015:166-175.
- Lee J.S., Kim J.K., Park Y.-C., Vanarsdall R.L.** Surgical Procedures. In: Lee JS, Kim JK, Park Y-C, Vanarsdall RL. *Applications of orthodontic mini implants. Chicago: Quintessence Pub. Co*; 2007:103-104.
- Lee J.S., Kim J.K., Park Y.-C., Vanarsdall R.L.** Evolution of the Orthodontic Mini-Implant. In: Lee J.S., Kim J.K., Park Y.-C., Vanarsdall R.L. *Applications of orthodontic mini implants. Chicago: Quintessence Pub. Co*; 2007:1-7.
- Kanomi R., Roberts W.E.** Miniature Osseointegrated Implants for Orthodontics Anchorage. In: Nanda R., Uribe F.A. *Temporary Anchorage Devices in Orthodontics. Mosby*; 2009:49-50
- Vande Vannet B., Sabzevar M.M., Wehrbein H., Asscherickx K.** Osseointegration of miniscrews: a histomorphometric evaluation. *Eur. J. Orthod.* 2007 Oct; 29(5):437-442.
- Juodzbals G., Saprioniene M., Wennerberg A., Baltrukonis T.** Titanium Dental Implant Surface Micromorphology Optimization, *Journal of Oral Implantology.* 2007; 33(4):177-185.
- Alla R.K., Gijnjupalli K., Upadhyaya N. et al.** Surface Roughness of Implants: A Review. *Trends in Biomaterials and Artificial Organs* 25(3):112-118, 2011.
- Yadav S., Upadhyay M., Roberts W.E.** Biomechanical and histomorphometric properties of four different mini-implant surfaces. *Eur. J. Orthod.* 2015 Dec; 37(6):627-635.
- Berardi D., De Benedittis S., Scoccia A. et al.** New laser-treated implant surfaces: a histologic and histomorphometric pilot study in rabbits. *Clin. Investig. Med. Médecine Clin. Exp.* 2011; 34(4):E202.

16. Marticorena M., Corti G., Olmedo D. et al. Laser surface modification of Ti implants to improve osseointegration. *J. Phys. Conf. Ser.* 2007; 57:662–665.
17. Pinto M.R., dos Santos R.L., Pithon M.M. et al. Influence of low-intensity laser therapy on the stability of orthodontic mini-implants: a study in rabbits. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* 2013 Feb; 115(2):e26-30.
18. Ferguson S.J., Langhoff J.D., Voelter K. et al. Biomechanical comparison of different surface modifications for dental implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 2008 Dec; 23(6):1037–1046.
19. Gaggi A., Schultes G., Müller W.D., Kärcher H. Scanning electron microscopical analysis of laser-treated titanium implant surfaces—a comparative study. *Biomaterials.* 2000 May; 21(10):1067–1073.
20. Hong C., Lee H., Webster R. et al. Stability comparison between commercially available mini-implants and a novel design: part 1. *Angle Orthod.* 2011 Jul; 81(4):692–699.
21. Lee J.S., Kim J.K., Park Y.-C., Vanarsdall R.L. Biologic Aspects of Orthodontic Implantation. In: Lee J.S., Kim J.K., Park Y.-C., Vanarsdall R.L. Applications of orthodontic mini implants. *Chicago: Quintessence Pub. Co;* 2007:17-22.
22. Migliorati M., Drago S., Schiavetti I. et al. Orthodontic miniscrews: an experimental campaign on primary stability and bone properties. *Eur. J. Orthod.* 2015 Oct; 37(5):531–538.
23. Cehreli M.C., Karasoy D., Akca K., Eckert S.E. Meta-analysis of methods used to assess implant stability. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 2009 Dec; 24(6):1015–1032.
24. Sirisa-Ard A., Woodroffe Michael S.N., Ahmed K. et al. Histomorphological and torque removal comparison of 6 mm orthodontic miniscrews with and without surface treatment in New Zealand rabbits. *Eur. J. Orthod.* 2015 Dec; 37(6):578–583.
25. Chaddad K., Ferreira A.F.H., Geurs N., Reddy M.S. Influence of surface characteristics on survival rates of mini-implants. *Angle Orthod.* 2008 Jan; 78(1):107–113.
26. Mo S.-S., Kim S.-H., Kook Y.-A., Jeong D.-M., Chung K.-R., Nelson G. Resistance to immediate orthodontic loading of surface-treated mini-implants. *Angle Orthod.* 2010 Jan; 80(1):123–129.
27. Kim S.-H., Lee S.-J., Cho I.-S., Kim S.-K., Kim T.-W. Rotational resistance of surface-treated mini-implants. *Angle Orthod.* 2009 Sep; 79(5):899–907.
28. Kang H.-K., Chu T.-M., Dechow P. et al. Laser-treated stainless steel mini-screw implants: 3D surface roughness, bone-implant contact, and fracture resistance analysis. *Eur. J. Orthod.* 2016 Apr; 38(2):154–162.
29. Omasa S., Motoyoshi M., Arai Y. et al. Low-level laser therapy enhances the stability of orthodontic mini-implants via bone formation related to BMP-2 expression in a rat model. *Photomed. Laser Surg.* 2012 May; 30(5):255–261.