

<https://doi.org/10.56936/18291775-2024.37-37>

ՀՏԴ՝ 616.314-089.843:616-073.75

ՈՒՆՏՐԱՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆ ՖՈՏՈՖՈՒԼԿՑԻՈՆԱԿԱՑՄԱՆ ԱՁԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍՏՈՄԱՏՈՆՈԳԻԱԿԱՆ ԻՄՊԼԱՆՏՆԵՐԻ ՕՍՏԵՈՒՆՏԵԳՐՄԱՆ ԲԱՐԵԼԱՎԱԿԱՆ ՎՐԱ (ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ)

Ղամբարյան Ն.

¹ ԵՊԲՀ վիրաբուժական ստոմատոլոգիայի և դիմաձևնոտային վիրաբուժության ամբիոն

Ստացված է՝ 01.04.2024թ., գրախոսված է՝ 16.04.2024թ., ընդունված է՝ 25.04.2024թ.:

Բանալի բառեր՝ կարճ իմպլանտներ, օստեոինտեգրացիա, ուլտրամանուշակագույն ֆոտոֆունկցիոնալացում:

Ստոմատոլոգիական իմպլանտները ներկայումս ատամներին փոխարինելու ստանդարտ ընթացակարգ են՝ ապահովելով բազմաթիվ առավելություններ. իմպլանտների երկարաժամկետ օգտագործման ցուցանիշները գերազանց են [14]: Այնուամենայնիվ, առաջին մի քանի ամիսների ընթացքում հիվանդների 1-2%-ի դեպքում անբավարար օստեոինտեգրացիայի պատճառով կատարվում է իմպլանտի առաջնային ձախողում, իսկ հիվանդների 5%-ի դեպքում իմպլանտի երկրորդային ձախողումը զարգանում է հաջող օստեոինտեգրացիայից մի քանի տարի անց պերիիմպլանտիտի պատճառով [11, 33, 44]:

Ատամաբանային ելունի ոսկրային հյուսվածքի ապաճի դեպքում ատամնային իմպլանտացիայի ինդիկաթի լուծման տարբերակներից է ոսկրավերականգնողական վիրահատությունների իրականացումը՝ ոսկրի բանակական պարամետրերը բարելավելու նպատակով և իմպլանտների նոր դիզայնի մշակումը, որոնք ունեն բավարար կենսամեխանիկական կայունություն [20]: Այս առումով լայն կիրառվում են իմպլանտների նվազագույն ինվազիվ տեխնոլոգիաները՝ առանց ոսկրային փոխպատվաստման, որը կարող է նվազեցնել վիրահատության ծավալը:

Անցած տասնամյակների ընթացքում իմպլանտների կյուրերի և դիզայնի տեխնիկական առաջընթացը հանգեցրեց իմպլանտների տրամագծերի և երկարությունների նվազեցմանը, իմպլանտի մակերևույթի փոփոխություններին,

հետևաբար ավելացրեց ատամները փոխարինելու հնարավորությունը նույնիսկ ոսկրերի զգալի ապաճով հիվանդների դեպքում [32]:

Շատ հետազոտողներ ատամնաբանային ելունի ապաճով հիվանդների օրթոպեդիկ վերականգնման ժամանակ կարճ իմպլանտները դիտարկում են որպես ոսկրերի ուղղահայաց բարձրության մեծացման այլընտրանք՝ արձանագրելով կարճ իմպլանտների կիրառման կլինիկական մեծ արդյունավետություն (80%-100%) [15]:

Ըստ գիտական գրականության վերլուծության՝ կարճ իմպլանտների օգտագործումը արդյունավետության առումով հանգեցնում է կանխատեսելի արդյունքների [41, 47]: Սակայն կան մի շարք գիտական հետազոտություններ, որոնցում արձանագրվել է կարճ իմպլանտների հարիմպլանտային ոսկրային ռեգորբցիայի, իմպլանտների բարդությունների, պրոթեզների ձախողումների ավելի մեծ տոկոս ստանդարտ իմպլանտների համեմատ և առաջարկվում է կարճ իմպլանտները (5-6մմ) օգտագործել զգուշորեն [37]: Ըստ գիտական հրատարակումների՝ կարճ իմպլանտների անհաջողությունները պայմանավորված են մի շարք գործոններով. կարճ իմպլանտների սահմանափակ մակերեսը կարող է պոտենցիալ ռիսկ պարունակել նրանց երկարաժամկետ կլինիկական գործառնության համար, քանի որ նրանք ծամողական ուժերի նկատմամբ ավելի քիչ դիմադրողականություն ունեն [40]:

Օստեոինտեգրացիան բարելավելու և ոսկր-իմպլանտ շփման արդյունավետությունը մեծացնելու համար կենսաբժշկական հետազոտություններն ուղղված են իմպլանտի մակերեսի կենսաակտիվ հատկությունների փոփոխմանը [43]:

Հայտնի է, որ իմպլանտի մակերեսի փոփոխման տարբեր մեթոդների կիրառմամբ կարելի է օպտիմալացնել օստեոինտեգրման գործընթացը [1, 2]: Հետևաբար կարճ տիտանի իմպլանտների մակրո և միկրո դիզայնը, մակերևույթը պետք է լինեն օպտիմիզացված՝

* ՆԱՄԱԿԱԳՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՍՏԵ

Ն. Ղամբարյան

ԵՊԲՀ, վիրաբուժական ստոմատոլոգիայի և դիմաձևնոտային վիրաբուժության ամբիոն

Հասցե՝ 77, Երևան, 0025, Կորյունի 2

Էլ. փոստ՝ a.jilavyan@icloud.com

Հեռ.՝ (+374) 91 41 61 43

Նրանց արդյունավետությունը բարելավելու և երկարա-
ժամկետ կայունությունը ապահովելու համար:

Տիտանե իմպլանտների մակերեսի հատկությունները ենթակա են փոփոխման ջերմաստի-
ճանի տատանումների, արտադրության, տե-
ղափոխման և պահպանման ժամանակ: Տիտանե իմպլանտի մակերևութային շերտը թթվածնի կամ մթնոլորտային օդի հետ շփումից անմիջապես հետո վե-
րածվում է տիտանի երկօքսիդի (TiO₂) [3]: Արտադրված իմպլանտների մակերևութային շերտի TiO-ն կարող է կորցնել ոսկրին կենսակախվորեն ինտեգրվելու իր ունակությունը 2 շաբաթից պակաս պահեստավորումից հետո, որի ընթացքում կատարվում է կենսաբանական ակտիվության դեգրադացիա [16]:

Այս հողվածի նպատակն է քննարկել իմպլանտի մակերեսի ուլտրամանուշակագույն ֆոտոֆունկցիո-
նալացման դերը օստեոինտեգրացիայի և հակա-
բակտերիալ հատկությունների բարելավման գործում:

Այն փաստը, որ իմպլանտի մակերեսի փոփոխությունը կարող է ազդել օստեոինտեգրացիայի հաջողության վրա, ապացուցվել է տարբեր հե-
տազոտություններում [6]: Իմպլանտի մակերեսի ակտիվացումը թարմացնում է տիտանե իմպլանտների կենսաբանական ռեակտիվությունը, որը կորել է արտադրությունից և օդում պահելուց հետո, բարե-
լավում է իմպլանտի մակերեսի օստեոինտեգրացիոն հատկությունները ոսկրային հյուսվածքում [23]:

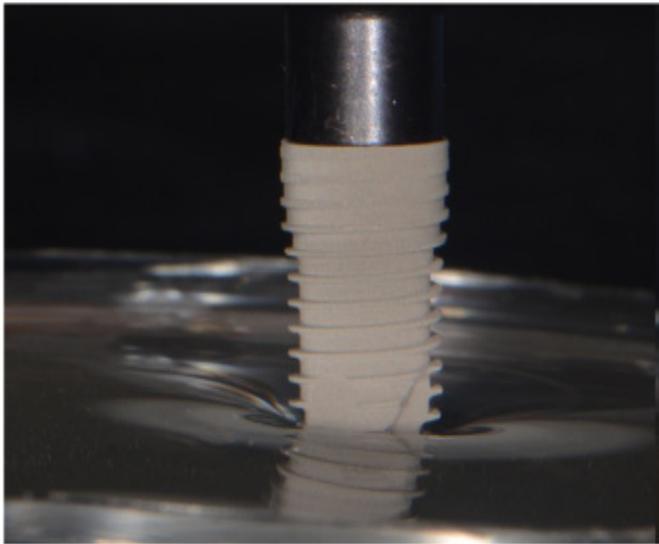
Ներկայումս հաջող իմպլանտային թերապիայի համար օստեոինտեգրացիան խթանելու համար կի-
րառվում են տիտանե իմպլանտների մոդիֆիկացման տարբեր մեթոդներ [29]:

Իմպլանտի մակերևույթի մոդիֆիկացիան կի-
րառվում է մակերևույթի էներգիան փոխելու համար, որի արդյունքում ավելանում են օստեոգեն բջիջների աճը և արագացված օստեոինտեգրման գործընթացը [12, 32]: Դրան կարելի է հասնել իմպլանտի մակերևույթի կամ սուբստրակցիոն գործընթացների միջոցով, ինչպիսիք են օքսիդացումը կամ հավելումային գործընթացները, իմպլանտի մակերևույթին միկրոխորշերի ստացումը տիտանի պլազմային փոշու, հիդրօքսիապատիտե և կալցիումի ֆոսֆատի նստեցման, մակերեսի թթվով մշակման (SLA), ինչպես նաև իոնային նստեցման եղանակներով՝ պլազմային իոնների ցողումով, էլեկտրաքիմիական մշակումներով (անօդային օքսիդացում), միկրոաղեղային օքսի-
դացումով, վակուումային պրոցեդուրաներով, ֆիզիկա-
կան մեթոդներով՝ ալյալային ջերմային մշակմամբ (AH) և շերտ առ շերտ (LBL) ինքնահավաքմամբ և լազերային հալեցմամբ [21, 34, 28, 29, 49]:

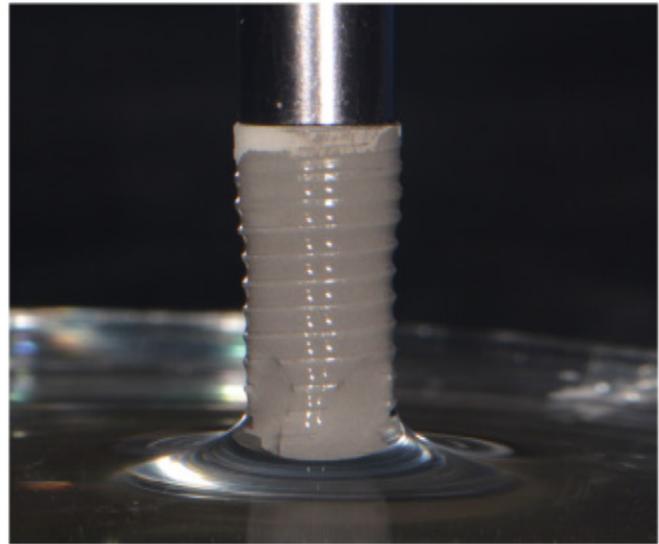
Վերոհիշյալ բոլոր մեթոդները հանգեցնում են իմպլանտի մակերեսի մեծացմանը՝ միաժամանակ նպաստելով մակերեսի հիդրոֆիլության բարելավմանը [32, 45]: Ապացուցված է, որ իմպլանտների մակերևույթի մոդիֆիկացիան զգալիորեն մեծացնում է մակերեսը և կարող է բարելավել օստեոգեն բջիջների միգրացիան դեպի իմպլանտի մակերես և լավ ազդեցություն ունենալ իմպլանտների օստեոինտեգրման վրա [18, 31]:

Մարդու կողմից տեսանելի լույսն ունի 400–700 նմ ալիքի երկարության միջակայք: Ուլտրամանուշա-
կագույն ճառագայթումը ըստ ալիքի երկարությունների (10–400 նմ) դասակարգվում է որպես UVA (320–400 նմ), UVB (290–320 նմ) և UVC (10–290 նմ) [4]:

Ուլտրամանուշակագույն ճառագայթումը կամ ֆոտոֆունկցիոնալացումը մակերևութային մոդիֆի-
կացման նորագույն ինովացիոն մեթոդներից մեկն է, որը նպաստում է իմպլանտների օստեոինտեգրմանը [10]: Ուլտրամանուշակագույն ճառագայթումը երկար տարիներ կիրառվել է արդյունաբերական և բժշկական տեխնոլոգիաներում տարբեր մակերեսներ բարելավելու համար: Ուլտրամանուշակագույն ճառագայթումը հիմնականում գործում է ֆոտոքիմիական եղանակով: Կենսաբանական հետազոտություններում կիրառվող միջակայքը սովորաբար 200–400 նմ է, որը ներառում է բոլոր երկարությունները՝ UVA, UVB և որոշ UVC: Ֆոտոֆունկցիոնալացման (ՖՖ) ֆենոմենը, որն առաջին անգամ նկարագրվել է 2009 թվականին, սահմանվում է որպես ուլտրամանուշակագույն ճառագայթումից հետո տիտանի մակերևույթի ձևափոխման ընդհանուր երևույթ, որը փոխում է իմպլանտի մակերեսի ֆիզի-
կական և քիմիական հատկությունները հիդրոֆոբից մինչև սուպերհիդրոֆիլ, որը նպաստում է սպի-
տակուցի կլանման ակտիվացմանը, ֆիբրոբլաստների և օստեոբլաստների ակտիվության մեծացմանը, դրա-
կանորեն է ազդում օստեոինտեգրման վրա և խթանում է օստեոբլաստների նախնական ամրացումը իմպլանտի մակերեսին [5, 22, 50]: Ուլտրամանուշակագույն ճա-
ռագայթման ազդեցությունը TiO իմպլանտի մակերեսի վրա մակերևութային էներգիա է առաջացնում, որը ջուրը վերածում է հիդրօքսիլ ռադիկալների, ջրածնի և թթվածնի: Հետազոտական տվյալները ցույց են տվել, որ ուլտրամանուշակագույն ճառագայթումը զգալիորեն մեծացնում է նրա օստեոհադրոգենականությունը, առա-
ջացնում է տիտանի մակերևույթների էլեկտրաստատիկ վիճակի ձևավորում, որը հնարավորություն է տալիս ավելի արագ և ամբողջական հաստատելու ոսկր-
տիտան ինտեգրումը [17, 25, 28, 35, 46]: Ուլտրա-
մանուշակագույն ճառագայթումը մեծացնում է սպի-
տակուցի կլանումը և կաչունությունը, ինչպես նաև



(A)



(B)

Նկ. 1. (A) Ուլտրամանուշակագույն ճառագայթով չմշակված իմպլանտի մակերեսի պատկերը, (B) ուլտրամանուշակագույն ճառագայթով մշակված հիդրոֆիլային փոփոխությունների պատկերը:

օստեոգեն բջիջների բազմացումը, տարբերակումը և հանքայնացումը *in vitro* [40]: Իմպլանտների բիոմեխանիկական թեստով ցույց է տրվել, որ ուլտրամանուշակագույն ճառագայթումը 4 անգամ արագացրել է իմպլանտների ինտեգրումը [38, 39]:

Ֆոտոֆունկցիոնալացման արդյունքում իմպլանտի մակերևույթի հատկությունների փոփոխությունը հիդրոֆոբից հիդրոֆիլ, փորձարկվել է՝ 2 իմպլանտների մակերեսները թորած ջրի մեջ թեթև ընկղմելով: Ֆոտոֆունկցիոնալացումը հաստատվել է՝ դիտելով, թե ինչպես է ջրում ընկղմվելուց անմիջապես հետո ֆոտոֆունկցիոնալացված իմպլանտի մակերևույթին ջուրը բարձրանում է, իսկ չֆոտոֆունկցիոնալացված իմպլանտի մակերևույթը չի փոխվում՝ մնալով չոր (Նկար 1) [30, 12]:

Ակիոչի Ֆունատոն և Տակահիրո Օգավան 2013 թվականին առաջին անգամ կլինիկորեն ուսումնասիրել են ֆոտոֆունկցիոնալացման ազդեցությունը իմպլանտացիայի հաջողության, ապաքինման ժամանակի, օստեոինտեգրման արագության և իմպլանտի շուրջ մարզինալ ոսկրի մակարդակի փոփոխության վրա իմպլանտացիայից 1 տարի անց: Այս հետազոտության ընթացքում հեղինակները գեկուցել են, որ ֆոտոֆունկցիոնալացումը արագացրել և ուժեղացրել է տիտանի իմպլանտների օստեոինտեգրացիան տարբեր կլինիկական ոսկրային բարդ պայմաններում, նշել է, որ երկարաժամկետ լայնածավալ կլինիկական հետազոտությունների անհրաժեշտությունն է կա [15]:

Բակտերիալ վարակները իմպլանտների ձախողման հիմնական պատճառն են: Ատամների

իմպլանտները տեղադրվում են բերանի խոռոչի միջավայրում, որտեղ առատ են կենսաթաղանթ ձևավորող բակտերիաները: Վաղ ապաքինման փուլում վարակների զարգացումը օստեոինտեգրման գործընթացի ռիսկի գործոն է, որով պայմանավորված են իմպլանտների վաղ ձախողումների բարձր տեմպերը: Իմպլանտների և դրանց բաղադրիչների վրա պարզապես միկրոօրգանիզմների կուտակումը կարող է խթանել բորբոքային ռեակցիաները պերիիմպլանտային հյուսվածքներում: Վերջերս կատարված հետազոտությամբ ցույց է տրվել, որ իմպլանտները ենթարկվում են բերանի խոռոչի բարդ միջավայրի միկրոկենսաազդեցության: Տիտանե իմպլանտի մակերեսների ֆոտոֆունկցիոնալացումը կարող է նվազեցնել *Staphylococcus aureus*-ի, *Streptococcus sanguinis*-ի և *Streptococcus pyogenes*-ի մոնոտիպիկ կցումը և ձևավորումը [12, 13]:

Տիտանե իմպլանտների մակերեսների ուլտրամանուշակագույն ֆոտոֆունկցիոնալացումը ցույց է տվել հակամանրեային ազդեցություն՝ շնորհիվ ուժեղացված ֆոտոկատալիտիկ հատկությունների. այն նվազեցնում է իմպլանտի մակերեսի և բաղադրիչների վրա մանրէների կցման, կուտակման քանակը, հետևաբար կարող է ունենալ հակամանրեային ազդեցություն [6, 9, 48]:

Հայտնի է, որ ուլտրամանուշակագույն ճառագայթումը նաև հակամանրեային ազդեցություն ունի ֆոտոքիմիական ռեակցիաների պատճառով՝ ազդելով բակտերիաների ԴՆԹ-ի վրա [7, 8]: Ուլտրամանուշակագույն ճառագայթումը նվազեցնում է

բակտերիաների կաչումը TiO իմպլանտի մակերեսին՝ ճնշելով բակտերիաների աճը [17, 26, 27, 38]:

Իմպլանտների ֆոտոֆունկցիոնալացումը ներկայումս կիրառվում է նաև պերիիմպլանտիտի կանխարգելման և բուժման համալիրում [12, 24]: Ֆոտոֆունկցիոնալացումը ոչ միայն մեծացնում է իմպլանտի մակերեսի փոխազդեցությունը շրջապատող ոսկրերի հետ, որը նպաստում է օստեոինտեգրացիային, այլև միևնույն ժամանակ նվազագույնի է հասցնում բակտերիաների գաղութացումը՝ նվազեցնելով կենսաթաղանթի առաջացման ռիսկը:

Հետագա ուսումնասիրություններում պետք է հաշվի առնել լրացուցիչ գործոնների նշանակությունը, ինչպիսիք են հիվանդների բերանի խոռոչի հիգիենան, պարօդոնտալ կարգավիճակը, շաքարային դիաբետի առկայությունը և ծխելը:

Չնայած այն հանգամանքին, որ մասնագիտական գրականության մեջ կան բազմաթիվ կլինիկական և փորձարարական հետազոտություններ, որոնցով ապացուցվում է տիտանի մակերևույթների ուլտրամանուշակագույն ճառագայթման արդյունավետությունը, սակայն քիչ թվով աշխատանքներ են հրատարակվել, որոնցում ուսումնասիրվել է կարճ իմպլանտների ուլտրամանուշակագույն ֆոտոֆունկցիոնալացման ազդեցությունը օստեոինտեգրացիայի օպտիմալացման վրա:

Ներկայացված խնդիրների վերլուծությունը, ինչպես նաև նրանց լուծման անհրաժեշտությունը հիմնավորում են հետազոտությունների կարևորությունը՝ ուղղված ֆոտոֆունկցիոնալացման ազդեցության ուսումնասիրությանը, ստոմատոլոգիական կարճ իմպլանտների արդյունավետության բարելավմանը:

Հաշվի առնելով հարցի արդիականությունը՝ մեր երկարաժամկետ հետազոտության մեջ ներառվել են ուլտրամանուշակագույն ճառագայթված կարճ իմպլանտների գործառնության ցուցանիշների վերլուծությունը ծնոտների ոսկրային հյուսվածքի զգալի ապաճով հիվանդների դեպքում [18-22]:

Մեր կողմից կատարված հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ ուլտրամանուշակագույն ֆոտոֆունկցիոնալացված կարճ իմպլանտների

կիրառումը ատամնաբանային ելունի ոսկրային հյուսվածքի զգալի ապաճով հիվանդների շրջանում պրոթեզային վերականգնման կենսունակ այլընտրանք է՝ ոսկրավերականգնողական վիրաբուժական միջամտություններից խուսափելու և հետվիրահատական բարդությունները նվազեցնելու համար, ինչպես նաև բավարար են կիրառման մակարդակ ապահովելու համար (միջին 96,7%):

Եզրակացություն

Իմպլանտների օստեոինտեգրացիան բարելավելու համար տարբեր մեթոդներ են կիրառվում: Ուլտրամանուշակագույն ֆոտոֆունկցիոնալացումը իմպլանտների մակերեսը փոփոխելու առաջադեմ մեթոդներից մեկն է: Այս մեթոդը կարող է փոխել իմպլանտի մակերևույթը՝ այն դարձնելով ավելի հիդրոֆիլ, կարող է ուժեղացնել օստեոգեն բջիջների միգրացիան, ինչպես նաև ունի հակաբակտերիալ ազդեցություն՝ կանխելով իմպլանտի բաղադրիչների վրա կենսաթաղանթի ձևավորումը՝ դրանով իսկ մեծ դեր ունենալով պերիիմպլանտիտի կանխարգելման գործում: Ուլտրամանուշակագույն ֆոտոֆունկցիոնալացման արդյունավետությունը հիմնավորելու համար անհրաժեշտ է լրացուցիչ կլինիկական փորձարկումներ իրականացնել, որոնք ուղղված են իմպլանտացիայի բարդ դեպքերին:

Ամփոփում

Հոդվածում մասնագիտական գրականության համակարգված վերլուծությամբ քննվել է իմպլանտի մակերեսի ուլտրամանուշակագույն ֆոտոֆունկցիոնալացման դերը օստեոինտեգրացիայի և հակաբակտերիալ հատկությունների բարելավման գործում:

Համակարգված վերլուծության արդյունքները ցույց են տվել, որ ուլտրամանուշակագույն ֆոտոֆունկցիոնալացումն ազդում է իմպլանտների օստեոինտեգրման բարելավման վրա, ունի հակաբակտերիալ հատկություններ, որը կարևոր է բժիշկ մասնագետների համար, օգնելու է մեծացնելու իմպլանտների կիրառման արդյունավետությունը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

- Accioni F., Vázquez J., Merinero M., Begines B., Alcudia A. Latest Trends in Surface Modification for Dental Implantology: Innovative Developments and Analytical Applications. *Pharmaceutics*, 2022, 21;14(2):455. doi: 10.3390/pharmaceutics14020455
- Abu Alfaraj T., Al-Madani S., Alqahtani N.S., Almohammadi A.A., Alqahtani A.M., AlQabbani H.S., Bajunaid M.K., Alharthy B.A., Aljalfan N. Optimizing

Osseointegration in Dental Implantology: A Cross-Disciplinary Review of Current and Emerging Strategies. *Cureus*, 2023, 15(10):e47943. doi: 10.7759/cureus.47943

- Att W., Hori N., Takeuchi M., Ouyang J., Yang Y., Anpo M., Ogawa T. Time-dependent degradation of titanium osteoconductivity: an implication of biological aging of implant materials. *Biomaterials*, 2009, 30(29):5352-63

4. Austin E., Geisler A.N., Nguyen J., Kohli I., Hamzavi I., Lim H.W., Jagdeo J. Visible light. Part I: Properties and cutaneous effects of visible light. *J. Am. Acad. Dermatol.*, 2021, 84(5):1219-1231. doi:10.1016/j.jaad.2021.02.048
5. Att W., Ogawa T. Biological aging of implant surfaces and their restoration with ultraviolet light treatment: A novel understanding of osseointegration. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implant.*, 2012;27:753-761
6. Alves C.H., Russi K.L., Rocha N.C., Bastos F., Darrieux M., Parisotto T.M., Girardello R. Host-microbiome interactions regarding peri-implantitis and dental implant loss. *J. Transl. Med.*, 2022 Sep 23;20(1):425. doi: 10.1186/s12967-022-03636-9
7. Abdullatif F.A., Al-Askar M. Does Ultraviolet Radiation Exhibit Antimicrobial Effect against Oral Pathogens Attached on Various Dental Implant Surfaces? A Systematic Review. *Dent. J. (Basel)*. 2022; 31;10(6):93. doi: 10.3390/dj10060093
8. Bono N., Ponti F., Punta C., Candiani G. Effect of UV Irradiation and TiO₂-Photocatalysis on Airborne Bacteria and Viruses: An Overview. *Materials (Basel)*, 2021 Feb 25;14(5)
9. Binns R., Li W., Wu C.D., Campbell S., Knoernschild K., Yang B. Effect of Ultraviolet Radiation on *Candida albicans* Biofilm Poly(methylmethacrylate) Resin. *J. Prosthodont. Implant. Esthet. Reconstr. Dent.* 2020;29:686-692
10. Choi B., Lee Y.C., Oh K.C., Lee J.H. Effects of photofunctionalization on early osseointegration of titanium dental implants in the maxillary posterior region: A randomized double-blinded clinical trial. *Int. J. Implant Dent.*, 2021;7:37. doi: 10.1186/s40729-021-00318-x
11. Chrcanovic B.R., Albrektsson T., Wennerberg A. Reasons for failures of oral implants. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2014;41(6):443-476
12. Chang L.C. Clinical Applications of Photofunctionalization on Dental Implant Surfaces: A Narrative Review. *J. Clin. Med.*, 2022 Sep 30;11(19):5823
13. de Avila E.D., Lima B.P., Sekiya T., Torii Y., Ogawa T., Shi W., Lux R. Effect of UV-photofunctionalization on oral bacterial attachment and biofilm formation to titanium implant material. *Biomaterials*, 2015;67:84-92. doi: 10.1016/j.biomaterials.2015.07.030
14. French D., Ofec R., Levin L. Long term clinical performance of 10871 dental implants with up to 22 years of follow-up: A cohort study in 4247 patients. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.*, 2021;23(3):289-297. doi: 10.1111/cid.12994
15. Felice P., Cannizzaro G., Barausse C., Pistilli R., Esposito M. Short implants versus longer implants in vertically augmented posterior mandibles: a randomised controlled trial with 5-year after loading follow-up. *Eur. J. Oral Implantol.*, 2014;7(4):359-69
16. Flanagan D. Photofunctionalization of Dental Implants. *J. Oral Implantol.*, 2016 Oct;42(5):445-450. doi: 10.1563/aaid-joi-D-15-00145. Epub 2016 May 11. PMID: 27168159
17. Guo L., Zou Z., Smeets R., Kluwe L., Hartjen P., Gosau M., Henningsen A. Attachment and Osteogenic Potential of Dental Pulp Stem Cells on Non-Thermal Plasma and UV Light Treated Titanium, Zirconia and Modified PEEK Surfaces. *Materials (Basel)*, 2022 Mar 17;15(6):2225. doi: 10.3390/ma15062225
18. Ghambaryan N., Jilavyan A., Burnazyan S., Khudaverdyan M., Tunyan G., Hakobyan G. Clinical Outcome of Immediate Loading UV-Photofunctionalized Implants in Patients with Completely Edentulous Mandible, Placed with Guided Surgery. *J. Maxillofac Oral Surg.*, 2023;22(1):64-75. doi: 10.1007/s12663-022-01798-z
19. Ghambaryan N., Jilavyan A., Khachatryan G., Mathevosyan D., Tunyan G., Hakobyan G. Evaluation of the survival rate of short implants placed in the posterior atrophic mandible: 5-year clinical study. *Quintessence Int.*, 2022;17;53(8):690-696. doi: 10.3290/j.qi.b3095013
20. Ghambaryan N., Yessayan L., Hakobyan G. Long-term effectiveness of UV functionalised short (≤6 mm) dental implants placed in the posterior segments of the atrophied maxilla: controlled case series. *Odontology*, 2024. doi:10.1007/s10266-024-00926-0
21. Hakobyan G. et al. Efficiency of Implant-Prosthetic Rehabilitation in Patients with Short Implants Placed in Atrophic Posterior Mandible, 5 Years Results of a Prospective Single-Center Study. *Saudi J. Oral Dent Res.*, 2021; 6(9): 389-397
22. Ikeda T., Ueno T., Saruta J., Hirota M., Park W., Ogawa T. Ultraviolet Treatment of Titanium to Enhance Adhesion and Retention of Oral Mucosa Connective Tissue and Fibroblasts. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021;17;22(22):12396
23. Inchingolo A.M., Malcangi G., Ferrante L., Del Vecchio G., Viapiano F., Inchingolo A.D., Mancini A., Annicchiarico C., Inchingolo F., Dipalma G., Minetti E., Palermo A., Patano A. Surface Coatings of Dental Implants: A Review. *J. Funct Biomater*, 2023; 22;14(5):287. doi: 10.3390/jfb14050287
24. Ishii K., Matsuo M., Hoshi N., Takahashi S.S., Kawamata R., Kimoto K. Effects of Ultraviolet Irradiation of the Implant Surface on Progression of Periimplantitis—A Pilot Study in Dogs. *Implant. Dent.*, 2016;25:47-53.
25. Ikeda T., Hagiwara Y., Hirota M., Tabuchi M., Yamada M., Sugita Y., Ogawa T. Effect of photofunctionalization on fluoride-treated nanofeatured titanium. *J. BioMater. Appl.*, 2014;28:1200-1212. doi:10.1177/0885328213501566
26. Jain S., Williamson R.S., Marquart M., Janorkar A.V., Griggs J.A., Roach M.D. Photofunctionalization of anodized titanium surfaces using UVA or UVC light and its effects against *Streptococcus sanguinis*. *J. Biomed. Mater. Res. B Appl. BioMater.*, 2018;106:2284-2294
27. Johnson H.A., Williamson R.S., Marquart M., Bumgardner J.D., Janorkar A.V., Roach M.D. Photocatalytic activity and antibacterial efficacy of UVA-treated titanium oxides. *J. Biomater. Appl.*, 2020;35:500-514. doi: 10.1177/0885328220942669
28. Jemat A., Ghazali M.J., Razali M., Otsuka Y. Surface Modifications and Their Effects on Titanium Dental Implants. *Biomed Res Int.*, 2015;2015:791725. doi: 10.1155/2015/791725
29. Juodzbalys G., Saprioniene M., Wennerberg A. New acid etched titanium dental implant surface. *Stomatology—Baltic Dental and Maxillofacial Journal* 2003;5:101-105
30. Jimbo R., Ono D., Hirakawa Y., Odatsu T., Tanaka T., Sawase T. Accelerated photo-induced hydrophilicity promotes osseointegration: An animal study. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, 2011;13:79-85
31. Junker R., Dimakis A., Thoneick M., Jansen J. A. Effects of implant surface coatings and composition on bone integration: a systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 2009;20(4):185-206. doi: 10.1111/j.1600-0501.2009.01777.x
32. Kligman S., Ren Z., Chung C.H., Perillo M.A., Chang Y.C., Koo H., Zheng Z., Li C. The Impact of Dental Implant Surface Modifications on Osseointegration and Biofilm Formation. *J. Clin. Med.*, 2021;12;10(8):1641
33. Kang D.Y., Kim M., Lee S.J., Cho I.W., Shin H.S., Caballé-Serrano J., Park J.C. Early implant failure: a retrospective analysis of contributing factors. *J. Periodontal Implant Sci.*, 2019 Sep 16;49(5):287-298
34. Knabe C., Klar F., Fitzner R., Radlanski R. J., Gross U. In vitro investigation of titanium and hydroxyapatite dental implant surfaces using a rat bone marrow stromal cell culture system. *Biomaterials*, 2002;23(15):3235-3245
35. Lee J.B., Jo Y.H., Choi J.Y., Seol Y.J., Lee Y.M., Ku Y., Rhyu I.C., Yeo I.L. The Effect of Ultraviolet Photofunctionalization on a Titanium Dental Implant with Machined Surface: An In Vitro and In Vivo Study. *Materials (Basel)*, 2019 Jun 28;12(13):2078
36. Lee C.T., Huang Y.W., Zhu L., Weltman R. Prevalences of peri-implantitis and peri-implant mucositis: Systematic Review and meta-analysis. *J. Dent.*, 2017;62:1-12
37. Lemos C.A., Ferro-Alves M.L., Okamoto R., Mendonça M.R., Pellizzer E.P. Short dental implants versus standard dental implants placed in the posterior jaws: A systematic review and meta-analysis. *J. Dent.*, 2016;47:8-17. doi: 10.1016/j.jdent.2016.01.005
38. Nakhaei K., Ishijima M., Ikeda T., Ghassemi A., Saruta J., Ogawa T. Ultraviolet Light Treatment of Titanium Enhances Attachment, Adhesion, and Retention of Human Oral Epithelial Cells via Decarbonization. *Materials (Basel)*, 2020 Dec 31;14(1):151
39. Ogawa T. Ultraviolet photofunctionalization of titanium implants. *Int. J. Oral Maxillofac Implants*, 2014 Jan-Feb;29(1):e95-102. doi: 10.11607/jomi.te47. PMID: 24451893
40. Papaspyridakos P., De Souza A., Vazouras K., Gholami H., Pagni S., Weber H.P. Survival rates of short dental implants (≤6 mm) compared with implants longer than 6 mm in posterior jaw areas: A meta-analysis. *Clin. Oral Implant. Res.*, 2018;29(16):8-20. doi: 10.1111/clr.13289
41. Rokn A.R., Keshtkar A., Monzavi A., Hashemi K., Bitaraf T. Comparing Short Dental Implants to Standard Dental Implants: Protocol for a Systematic Review. *JMIR Res Protoc.*, 2018 ;18;7(1):e16. doi: 10.2196/resprot.8836
42. Souza J.G.S., Bertolini M.M., Costa R.C., Nagay B.E., Dongari-Bagtzoglou A.,

- Baro V.A.R. Targeting implant-associated infections: titanium surface loaded with antimicrobial. *iScience*. 2020 Dec 29;24(1):102008
43. Santiago A.S., dos Santos E.A., Sader M.S., Santiago M.F., de Almeida Soares G. Response of osteoblastic cells to titanium submitted to three different surface treatments. *Brazilian Oral Research*, 2005;19(3):203-208. doi: 10.1590/s1806-83242005000300009
44. Smeets R., Henningsen A., Jung O., Heiland M., Hammcher C., Stein J.M. Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis—a review. *Head and Face Medicine*, 2014;10(1, article 34) doi: 10.1186/1746-160x-10-34
45. Smeets R., Stadlinger B., Schwarz F., Beck-Broichsitter B., Jung O., Precht C., Kloss F., Grobe A., Heiland M., Ebker T. Impact of Dental Implant Surface Modifications on Osseointegration. *Biomed Res. Int.*, 2016;2016:6285620. doi: 10.1155/2016/6285620
46. Tabuchi M., Hamajima K., Tanaka M., Sekiya T., Hirota M., Ogawa T. UV Light-Generated Superhydrophilicity of a Titanium Surface Enhances the Transfer, Diffusion and Adsorption of Osteogenic Factors from a Collagen Sponge. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021 ; 24;22(13):6811
47. Torres-Alemayn A., Fernández-Estevan L., Agustín-Panadero R., Montiel-Company J.M., Labaig-Rueda C., Mañes-Ferrer J.F. Clinical Behavior of Short Dental Implants: Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Clin. Med.*, 2020;12;9(10):3271. doi: 10.3390/jcm9103271
48. Yamada Y., Yamada M., Ueda T., Sakurai K. Reduction of biofilm formation on titanium surface with ultraviolet-C pre-irradiation. *J. BioMater., Appl.* 2014;29:161-171
49. Yeo I.L. Modifications of Dental Implant Surfaces at the Micro- and Nano-Level for Enhanced Osseointegration. *Materials (Basel)*, 2019; 23;13(1):89. doi: 10.3390/ma13010089
50. Wang R., Hashimoto K., Fujishima A., Chikuni M., Kojima E., Kitamura A., Shimohigoshi M., Watanabe T. Light-induced amphiphilic surfaces. *Nature*, 1997;388:431. doi: 10.1038/41233

РЕЗЮМЕ

ВЛИЯНИЕ УФ-ФОТОФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ НА УЛУЧШЕНИЕ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Гамбарян Н.

ЕГМУ, кафедра хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии

Ключевые слова: *короткие имплантаты, остеоинтеграция, УФ-фотофункционализация.*

Цель данной статьи - обсудить роль УФ-фотофункционализации поверхности имплантата в улучшении остеоинтеграции и антибактериальных свойств.

В поиск литературы были включены следующие базы данных: PubMed, Embase, AWMF Online, National Clearing House, International Guidelines Network и Cochrane Library. Использовались следующие критерии поиска: поверхностные изменения имплантатов, улучшение остеоинтеграции имплантатов

путем УФ-фотофункционализации, эффект УФ-фотофункционализации для улучшения антибактериальных свойств имплантатов, фотофункционализация имплантатов в профилактике периимплантитного комплекса.

Всего было включено 50 статей, в которых исследовалось влияние воздействия УФ-излучения на имплантаты. Результаты обзора показали, что УФ-фотофункционализация способствует улучшению остеоинтеграции имплантатов и обладает антибактериальными свойствами, что важно для успешной работы имплантологов.

SUMMARY

THE EFFECT OF UV PHOTOFUNCTIONALIZATION ON IMPROVING THE OSSEOINTEGRATION OF DENTAL IMPLANTS. LITERATURE REVIEW

Ghambaryan N.

YSMU, Department of Surgical Stomatology and Maxillofacial Surgery

Keywords: *short implants, osseointegration, UV photofunctionalization.*

The purpose of this article is to discuss the role of UV photofunctionalization of the implant surface in improving osseointegration and antibacterial properties.

The following databases were included in the literature search: PubMed, Embase, AWMF Online, National Clearing House, International Guidelines Network and Cochrane Library. The following search criteria were used: surface changes in implants, improvement of osseointegration of implants by UV

photofunctionalization, effect of UV photofunctionalization to improve the antibacterial properties of implants, photofunctionalization of implants in the prevention of peri-implantitis complex.

A total of 50 articles were included that examined the effects of UV exposure on implants. The results of a review showed that UV photofunctionalization improves osseointegration of implants and has antibacterial properties, which is important for implantologists to improve implant success.