

დენტალურ იმპლანტოლოგიაში ძვლის აუგმენტაციისა და გრაფტინგის პროცედურები: თანამედროვე მიდგომები და კლინიკური შედეგები

გიორგი ბერიაშვილი, მედიცინის აკადემიური
დოქტორი, Ph.D., MD, პროფესორი.
თბილისის ჰუმანიტარული უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი

ძვლის აუგმენტაციის პროცედურები თანამედროვე დენტალური იმპლანტაციის ფუნდამენტურ კომპონენტს წარმოადგენს, რაც ისახავს მიზნად იმპლანტის ოპტიმალური განთავსებისთვის საჭირო ძვლის არასაკმარისი მოცულობის პრობლემის გადაჭრას. აღნიშნული მიმოხილვა განიხილავს ძვლის აუგმენტაციის დროს გამოყენებულ თანამედროვე ტექნიკებსა და მასალებს, მათ შორის მიმართულ ძვლის რეგენერაციას (GBR), სინუს-ლიფტინგის პროცედურებს, ალვეოლური ქედის აუგმენტაციას და სხვადასხვა გრაფტის მასალებს. ანალიზი მოიცავს ბიომასალების შერჩევას, ქირურგიულ პროტოკოლებს, წარმატების მაჩვენებლებს და გართულებების მართვას უახლეს კლინიკურ მონაცემებზე დაყრდნობით. დენტალური იმპლანტაციის კანდიდატების მნიშვნელოვან ნაწილს ძვლის აუგმენტაციის რაიმე ფორმა ესაჭიროება, ამიტომ ამ პროცედურების გააზრება აუცილებელია პროგნოზირებადი გრძელვადიანი შედეგების მისაღწევად. ბიომასალების, მინიმალურად ინვაზიური ტექნიკისა და რეგენერაციული ტექნოლოგიების ბოლოდროინდელი მიღწევები კვლავაც ზრდის ამ ჩარევების პროგნოზირებადობასა და წარმატებას.

საკვანძო სიტყვები: ძვლის აუგმენტაცია, მართული ძვლის რეგენერაცია, დენტალური იმპლანტები, სინუსლიფტინგი, ოსტეოპლასტიური მასალები, ალვეოლური ქედის აუგმენტაცია

1. შესავალი

დენტალურ იმპლანტაციამ რევოლუცია მოახდინა დაკარგული კბილების აღდგენის სფეროში, პაციენტებისთვის ფუნქციონალური და ესთეტიკური გადაწყვეტილებების შეთავაზებით, რომლებიც მაქსიმალურად უახლოვდება ბუნებრივ კბილთა მწკრივს. თუმცა, წარმატებული იმპლანტაციისთვის საჭიროა ძვლის ადეკვატური მოცულობა და ხარისხი სათანადო ოსტეოინტეგრაციისა და გრძელვადიანი სტაბილურობის უზრუნველსაყოფად. კბილის დაკარგვის, პაროდონტული დაავადებების, ტრავმის ან თანდაყოლილი დეფექტების შემდეგ ალვეოლური ძვლის რეზორბცია ხშირად იწვევს სტანდარტული იმპლანტაციისთვის საკმარისი ძვლის ნაკლებობას (Al-Bayati et al., 2025; Dam et al., 2022).

ძვლის აუგმენტაციის პროცედურები მნიშვნელოვნად განვითარდა 1980-იან წლებში მათი დანერგვის შემდეგ, ექსპერიმენტული დარგიდან გადაიქცა კარგად დოკუმენტირებულ, პროგნოზირებად ქირურგიულ პროტოკოლებად (Buser et al., 2024). ამჟამინდელი შეფასებით, იმპლანტის მქონე პაციენტების 50%-ზე მეტს ესაჭიროება ძვლის აუგმენტაციის რაიმე ფორმა იმპლანტის ოპტიმალური პოზიციონირებისა და გრძელვადიანი წარმატების მისაღწევად (Benedetti et al., 2022). სხვადასხვა ქირურგიული ტექნიკის, მოწინავე ბიომასალების შემუშავებამ და ოსტეოგენეზის ბიოლოგიის გაუმჯობესებულმა გაგებამ გააფართოვა მკურნალობის

შესაძლებლობები ძვლის რთული ანატომიის მქონე პაციენტებისთვის.

ეს მიმოხილვა განიხილავს ძვლის აუგმენტაციის მიმდინარე მდგომარეობას დენტალურ იმპლანტოლოგიაში, ფოკუსირებულია დამკვიდრებულ ტექნიკებზე, მათ შორის მიმართულ ძვლის რეგენერაციაზე (GBR), ზედა ყბის სინუსის აუგმენტაციაზე, ალვეოლური ქედის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ აუგმენტაციაზე, ასევე ამ პროცედურებში გამოყენებულ სხვადასხვა ბიომასალებზე. გარდა ამისა, განხილულია კლინიკური გადაწყვეტილების მიღება, წარმატების მაჩვენებლები, გართულებები და განვითარებადი ტექნოლოგიები, რომლებიც განაპირობებს ძვლის რეგენერაციული პროცედურების მომავალს.

2. მართული ძვლის რეგენერაცია (GBR)

2.1 ბიოლოგიური პრინციპები და მეთოდის განვითარება

მართული ძვლის რეგენერაცია წარმოადგენს დენტალურ იმპლანტაციაში ერთ-ერთ ყველაზე ვრცლად დოკუმენტირებულ და წარმატებულ ძვლის აუგმენტაციის ტექნიკას. კონცეფცია, რომელიც ადაპტირებულია პერიოდონტოლოგიაში მიმართული ქსოვილის რეგენერაციიდან, ეფუძნება სივრცის შენარჩუნებისა და უჯრედების შერჩევითი პროლიფერაციის პრინციპს. ბარიერული მემბრანების გამოყენებით, GBR ხელს უშლის რბილი ქსოვილის სწრაფ პროლიფერაციას ძვლის დეფექტში, ხოლო ხელს უწყობს ოსტეოგენური უჯრედების ნელ მიგრაციას დაცულ სივრცეში (Buser et al., 2024).

GBR-ის განვითარებამ ბოლო 35 წლის განმავლობაში დახვეწა როგორც ქირურგიული ტექნიკა, ასევე მასალის შერჩევის პრინციპი. ადრეული პროტოკოლები იყენებდნენ არარეზორბირებად გაფართოებულ პოლიტეტრაფტორე-

თილენის (ePTFE) მემბრანებს, რომლებიც საჭიროებდნენ მეორად ქირურგიულ ამოღებას. თანამედროვე პრაქტიკა დიდწილად გადავიდა ბიოდეგრადირებადი კოლაგენური მემბრანების გამოყენებაზე ჰორიზონტალური აუგმენტაციისთვის, ხოლო ტიტანით გამაგრებული მემბრანების ან PTFE-ს გამოყენება რჩება სასურველ ვარიანტად ვერტიკალური აუგმენტაციის სცენარებში, სადაც მეტი მექანიკური სტაბილურობაა საჭირო (Buser et al., 2024; Urban et al., 2016).

2.2 კლინიკური გამოყენება და ტექნიკები

GBR ნაჩვენებია სხვადასხვა კლინიკურ სიტუაციაში, მათ შორის დაუყოვნებელი იმპლანტაციის დროს იმპლანტის გარშემო არსებული დეფექტებით, ექსტრაქციის შემდგომი ალვეოლის ღრუს შევსებისთვის, ალვეოლური ქედის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური აუგმენტაციისთვის. პროცედურა განსაკუთრებით ეფექტურია დენტალური იმპლანტების გარშემო 2 მმ-ზე მეტი დეჰისცენციის ან ფენესტრაციის დეფექტების დროს (Lee et al., 2020; Chinnaswami et al., 2024).

PASS პრინციპი წარმოადგენს ჩარჩოს წარმატებული GBR-ის შედეგებისთვის:

1. პირველადი დახურვა: დამაბულობის გარეშე ჭრილობის დახურვა მემბრანის ექსპოზიციის თავიდან ასაცილებლად.
2. ანგიოგენეზი: ადეკვატური სისხლმომარაგება ძვლის შეხორცებისთვის.
3. სივრცის შენარჩუნება: მემბრანის კოლაფსის პრევენცია.
4. სტაბილურობა: გრაფტისა და მემბრანის იმობილიზაცია. ბოლოდროინდელ ინოვაციებს მიეკუთვნება გვირაბის ტექნიკა, რომელიც უპირატესობას იძლევა პაციენტის კომფორტისა და გართულებების შემცირების

თვალსაზრისით მინიმალურად ინვაზიური ფლაპის (ნაფლეთის) მართვის გზით. შედარებითმა კვლევებმა აჩვენა, რომ გვირაბის ტექნიკის გამოყენება იწვევს ნაკლებ პოსტოპერაციულ გართულებებს, ხოლო ინარჩუნებს ძვლის მატების შედარებად მაჩვენებელს ტრადიციულ ფლაპ



ტექნიკებთან. (Pappalardo et al., 2024).

2.3 კლინიკური შედეგები

764 იმპლანტის ბოლოდროინდელმა რეტროს-პექტულმა ანალიზმა, საშუალოდ 6-წლიანი დაკვირვებით, აჩვენა, რომ არ არსებობს მნიშვნელოვანი განსხვავება გადარჩენის მაჩვენებლებში იმპლანტებს შორის, რომლებიც დაყენებულია ერთდროულ GBR-თან ერთად და მათ შორის, რომლებიც დაყენებულია ნატიურ ძვალში, ორივე ჯგუფმა მიაღწია 95%-ზე მეტ წარმატების მაჩვენებელს (Cengiz et al., 2025). მსგავსად, ერთცენტრიანმა დაკვირვებითმა კვლევამ დააფიქსირა მნიშვნელოვანი ვერტიკალური ძვლის მატება საწყისი 4.46 ± 2.76 მმ დეფექტებიდან 0.27 ± 0.22 მმ-მდე GBR-ის შემდეგ, რის შედეგადაც ალვეოლის სიღრმეები შედარებადი იყო 6 თვის შემდგომ აუგმენტირებულ და არააუგმენტირებულ ადგილებს შორის. (Simoni et al., 2023).

სისტემატურმა მიმოხილვებმა, რომლებიც GBR-ს ადარებდნენ აუგმენტაციის ალტერნატიულ ტექნიკებს, მათ შორის ბლოკური გრაფტირებასა და დისტრაქციულ ოსტეოგენეზს, დაასკვნეს, რომ GBR გვთავაზობს სტაბილურ და ეფექტურ ძვლის აუგმენტაციას, უფრო დაბალი გართულებების მაჩვენებლით და უფრო პროგნოზირებადი შედეგებით (Chinnaswami et al., 2024).

3. ზედა ყბის სინუსის აუგმენტაცია

3.1 ანატომიური განხილვები და ჩვენებები

ყბის სინუსი წარმოადგენს გამოწვევას ზედა ყბის უკანა უბანში იმპლანტების განთავსებისთვის. ზედა ყბის უკანა უბანში კბილის დაკარგვის შემდეგ, მიმდინარეობს ორი პარალელური რეზორბციული პროცესი: ძვლის ცენტრიპეტალური რემოდელირება და სინუსის ღრუს ქვევით პნევმატიზაცია. ეს პროცესები ხშირად იწვევს ჩვეულებრივი იმპლანტაციისთვის საკმარისი ძვლის სიმაღლის ნაკლებობას, სინუს-ლიფტის პროცედურები ნაჩვენებია, როდესაც ნარჩენი ძვლის სიმაღლე 4-6 მმ-ზე ნაკლებია (Bathla & Bathla, 2018; Alhamad et al., 2023).

შნაიდერის მემბრანა, რომელიც ზედა ყბის სინუსის შიდა ზედაპირს ფარავს, არის კრიტიკული ანატომიური სტრუქტურა სინუსის აუგმენტაციის პროცედურებში. მემბრანის მთლიანობის შენარჩუნება აუცილებელია წარმატებული შედეგებისთვის, თუმცა მცირე პერფორაციები შეიძლება წარმატებით იქნას მართული შნაიდერის მემბრანის აღდგენის ტექნიკებით (Alhamad et al., 2023).

3.2 ქირურგიული მიდგომები

1. ლატერალური ფანჯრის ტექნიკა (Caldwell-Luc მიდგომა)

ლატერალური ფანჯრის მიდგომა რჩება ოქროს სტანდარტად სინუსის აუგმენტაციისთვის,

განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საჭიროა ძვლის სიმაღლის მნიშვნელოვანი მატება. პროცედურა მოიცავს:

2. სრული სისქის მუკოპერიოსტალური ნაფლეთის აწევას.

3. ლატერალური ანტრალური ფანჯრის შექმნას სინუსის კედელში.

4. შნაიდერის მემბრანის ფრთხილად აწევას.

5. ძვლის გრაფტის მასალის მოთავსებას.

6. ფანჯრის დაფარვას რეზორბირებადი კოლაგენური მემბრანით.

7. დამაბულობის გარეშე ქრილობის პირველად დახურვას.

ეს ტექნიკა იძლევა ქირურგიული ველის პირდაპირი ვიზუალიზაციის საშუალებას და შესაძლებელი ხდება მნიშვნელოვანი მოცულობის გრაფტის შეტანა. შეხორცებას, როგორც წესი, 4-12 თვე სჭირდება იმპლანტაციამდე, თუმცა ერთდროული იმპლანტის ჩადგმა შესაძლებელია, როდესაც ნარჩენი ძვლის სიმაღლე აღემატება 4-5 მმ-ს (Tatum, 1986; Boyne & James, 1980).

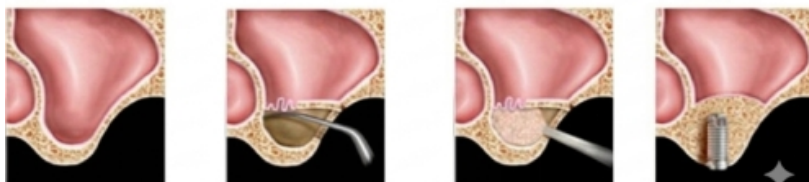
ტრანსკრესტალური მიდგომა (ოსტეოტომის ტექნიკა) ოსტეოტომის ტექნიკა გვთავაზობს ნაკლებად ინვაზიურ ალტერნატივას, როდესაც საჭიროა უფრო კონსერვატიული ელევაცია (როგორც წესი, 3-9 მმ). თავდაპირველად აღწერილი Summers-ის მიერ, ეს მიდგომა იყენებს თანმიმდევრულ ოსტეოტომებს იმპლანტის მომზადების ადგილის მეშვეობით სინუსის ფსკერის ასაწევად. ტექნიკა ნაჩვენებია, როდესაც ნარჩენი ძვლის სიმაღლე აღემატება 6 მმ-ს და საჭიროებს 4 მმ-ზე ნაკლებ სინუსის ფსკერის აწევას. უპირატესობები მოიცავს შემცირებულ ქირურგიულ ავადობას და იმპლანტების ერთდროულად ჩადგმის შესაძლებლობას (Summers, 1994; Bathla & Bathla, 2018).

მინიმალურად ინვაზიური ტექნიკები ბოლოდროინდელ ინოვაციებს მიეკუთვნება ბალონით გაძლიერებული მემბრანის ელევაცია, რომელიც იყენებს კონტროლირებად ჰიდრავლიკურ წნევას შნაიდერის მემბრანის გამოსაყოფად პერფორაციის შემცირებული რისკით, და კომპიუტერით მართული ტრანსკრესტალური მიდგომები CAD/CAM ქირურგიული შაბლონების

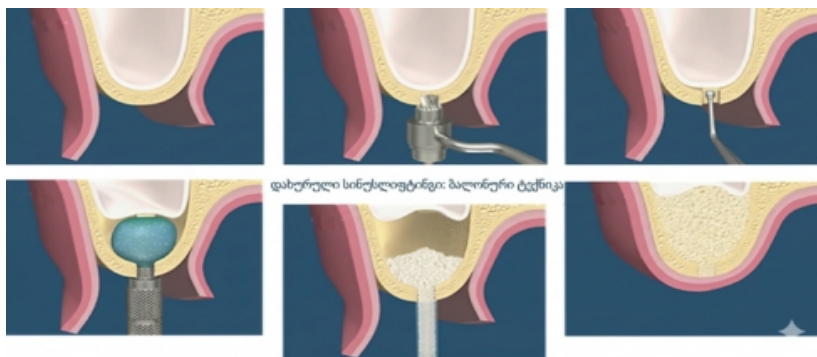
დახურული სინუს-ლიფტინგი



ღია სინუს-ლიფტინგი



გამოყენებით (Pozzi & Moy, 2011; Bathla & Bathla, 2018).



3.3 კლინიკური წარმატება და გართულებები

გრძელვადიანი კვლევები იუწყებიან სინუს-ლიფტის წარმატების მაჩვენებელს 90%-ზე მეტს, იმპლანტების გადარჩენის მაჩვენებლებით, რომლებიც შედარებადი ნატიურ ძვალში ჩადგმულ იმპლანტებთან (Wallace & Froum, 2003). ბოლოდროინდელმა რანდომიზებულმა კლინიკურმა კვლევამ, რომელიც ადარებდა ალოპლასტიკური ძვლის მასალით გრაფტირებას და გრაფტირების გარეშე შიდა სინუსის ფსკერის ელევაციას, აჩვენა შედარებადი იმპლანტის სტაბილურობა და კლინიკური შედეგები ერთი წლის შემდეგ (Sansupakorn & Khongkhunthian, 2024).

პირველადი გართულება, რომელიც დაკავშირებულია სინუსის აუგმენტაციასთან, არის შნაიდერის მემბრანის პერფორაცია, რომელიც ხდება პროცედურების 10-30%-ში. მცირე პერფორაციების უმეტესობა წარმატებით შეიძლება იქნას მართული კოლაგენური მემბრანის შეტანით ან ფიბრინის წებოთი. მეორადი გართულებები მოიცავს ზედა ყბის მწვავე სინუსიტს (1-3%), გრაფტის ინფექციას (<5%) და იმპლანტის გადაადგილებას სინუსში, რაც იშვიათია, მაგრამ საჭიროებს დაუყოვნებლივ ჩარევას (Alhamad et al., 2023; Bathla & Bathla, 2018).

4. ოსტეოპლასტიკური მასალები

4.1 კლასიფიკაცია და თვისებები

ძვლის გრაფტირების მასალები. კლასიფიკაცია მათი წარმოშობისა და შემადგენლობის მიხედვით:

აუტოგენური გრაფტები აუტოგენური ძვალი რჩება ოქროს სტანდარტად მისი ოსტეოგენური, ოსტეოინდუქციური და ოსტეოკონდუქციური თვისებების გამო. აღების ადგილები მოიცავს ქვედა ყბის კუთხეს და ტოტს, ნიკაპს, ზედა ყბის ტუბერს და, უფრო დიდი მოცულობისთვის, თეძოს ფრთას. აუტოგრაფტები აჩვენებენ ძვლის უკეთეს ფორმირებას და

სრულ რემოდელირებას, თუმცა მათი გამოყენება შეზღუდულია დონორი ადგილის ავადობით, შეზღუდული ხელმისაწვდომობით და არაპროგნოზირებადი რეზორბციის მაჩვენებლებით (Chavda & Levin, 2018; Maiorana et al., 2019).

ალოგრაფტები დამუშავებული ადამიანის გვამური ძვალი (გაყინულ-გამხმარი ძვლის ალოგრაფტი, FDA; დემინერალიზებული გაყინულ-გამხმარი ძვლის ალოგრაფტი, DFDBA) უზრუნველყოფს ოსტეოკონდუქციურ ჩარჩოებს, ზოგიერთი ოსტეოინდუქციური პოტენციალით შენარჩუნებული ზრდის ფაქტორების მეშვეობით. ალოგრაფტები გამოიციხავს დონორი ადგილის ავადობას, მაგრამ ატარებენ თეორიულ რისკს დაავადების გადაცემის, მიუხედავად მკაცრი დამუშავების პროტოკოლებისა. ბოლოდროინდელი ჰისტომორფომეტრიული კვლევები, რომლებიც ადარებენ ალოგრაფტის ნაწილაკებსა და ბლოკებს სინუსის აუგმენტაციაში, აჩვენებენ შედარებად შედეგებს (Dam et al., 2022).

ქსენოგრაფტები მსხვილფეხა რქოსანის ძვლის წარმოებული მინერალი (მაგ., Bio-Oss, OsteoBiol, Cerabone, InerOss) წარმოადგენს ყველაზე ფართოდ გამოკვლეულ ქსენოგრაფტულ მასალას. სტერილიზაციისა და ცილების მოცილების შემდეგ, დარჩენილი მინერალური სტრუქტურა უზრუნველყოფს შესანიშნავ ოსტეოკონდუქციურ თვისებებს და მოცულობის სტაბილურობას. ნელი რეზორბციის მაჩვენებელი (წლები) ინარჩუნებს სივრცეს იმპლანტაციისთვის, მაგრამ იწვევს ნარჩენი გრაფტის ნაწილაკების ინტეგრაციას შეხორცებულ ძვალში. კვლევები აჩვენებენ წარმატების მაღალ მაჩვენებლებს, რომლებიც შედარებადია აუტოგენურ გრაფტებთან ბევრ კლინიკურ გამოყენებაში (Chavda & Levin, 2018).

ალოპლასტიკური მასალები სინთეზური ძვლის შემცვლელები მოიცავს კალციუმ-ფოსფატის კერამიკას

(ჰიდროქსიაპატიტი, β -ტრიკალციუმის ფოსფატი), ბიოაქტიურ მინას და კალციუმის სულფატს. ეს მასალები გვთავაზობენ შეუზღუდავ ხელმისაწვდომობას, დაავადების გადაცემის რისკის არარსებობას და კონტროლირებადი რეზორბციის მახასიათებლებს. ორფაზიანი კალციუმის ფოსფატი (BCP) აერთიანებს ჰიდროქსიაპატიტის სტაბილურობას β -TCP-ის რეზორბირებადობასთან, რაც უზრუნველყოფს დაბალანსებულ მიდგომას ძვლის რეგენერაციისადმი (Dam et al., 2022).



ოსტეოპლასტიური მასალების სახეობები

4.2 მასალის შერჩევის სტრატეგიები

1. მასალის შერჩევისას მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული დეფექტის ზომა და კონფიგურაცია, ანატომიური მდებარეობა, პაციენტის ფაქტორები და ეკონომიკური მოსაზრებები. მიმდინარე მტკიცებულებები მხარს უჭერს შემდეგ მიდგომებს:
2. მცირე დეფექტები (<5 მმ): მხოლოდ ქსენოგრაფტები ან ალოპლასტიკური მასალები.

3. საშუალო დეფექტები (5-10 მმ): კომპოზიტური გრაფტები, აუტოგენური ძვლის შერევით ქსენოგრაფტებთან ან ალოგრაფტებთან (როგორც წესი, 1:1-დან 1:3-მდე თანაფარდობით).
4. დიდი დეფექტები (>10 მმ): აუტოგენური ბლოკური გრაფტები ან ნაწილაკოვანი, აუტოგრაფტით მდიდარი ნარევები.
5. სინუსის აუგმენტაცია: ქსენოგრაფტები (Bio-Oss, OsteoBiol, Cerabone, InerOss) ან ალოგრაფტები, რომელთაც აქვთ დადასტურებული გრძელვადიანი წარმატება (მაგ. Puros® Cancellous Particulate Allograft, Puros® Block Allograft.)



Puros® Cancellous Particulate Puros® Block Allograft
Allograft

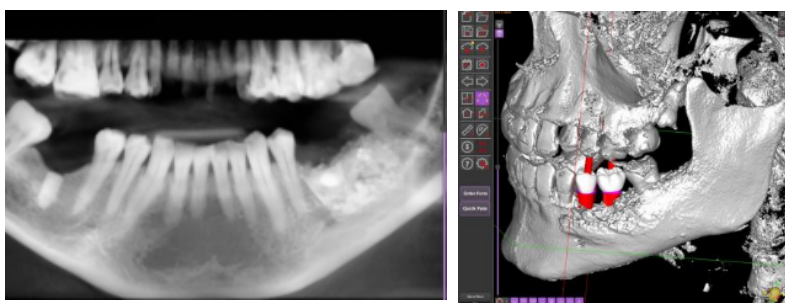
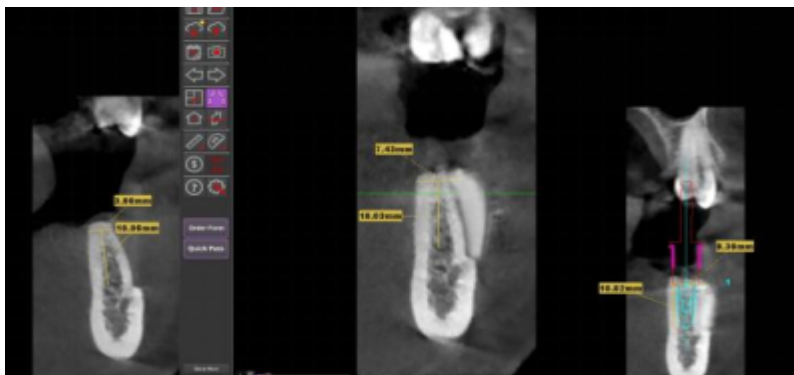
ბოლოდროინდელი სისტემატური მიმოხილვები მიუთითებს, რომ არ არსებობს მნიშვნელოვანი განსხვავებები იმპლანტების გადარჩენაში სხვადასხვა გრაფტის მასალებს შორის, როდესაც ისინი სათანადოდ არის შერჩეული კლინიკური ჩვენებისთვის, თუმცა აუტოგენური გრაფტები აჩვენებენ ძვლის უფრო სწრაფ მომწიფებას (Win et al., 2024; Chavda & Levin, 2018).

5. ალვეოლური ქედის აუგმენტაცია: ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტექნიკები

5.1 ჰორიზონტალური ატროფირებული ალვეოლური ქედის აუგმენტაცია

- ჰორიზონტალური ძვლის დეფიციტი უფრო ხშირია, ვიდრე ვერტიკალური და ზოგადად უფრო პროგნოზირებადია სამკურნალოდ. ტექნიკები მოიცავს:
- GBR ნაწილაკოვანი გრაფტებით: ყველაზე გავრცელებული მიდგომა, იყენებს რეზორბირებად მემბრანებს და კომპოზიტურ გრაფტებს.
- ბლოკური გრაფტები: აუტოგენური ან ალოგენური ძვლის ბლოკები, დამაგრებული ხრახნებით, რაც უზრუნველყოფს სტრუქტურულ მხარდაჭერას და სივრცის შენარჩუნებას.
- ალვეოლური ქედის გახლეჩა: ნაჩვენებია ვიწრო ღობეებისთვის, რომლებსაც აქვთ ადეკვატური სიმაღლე, გულისხმობს კონტროლირებად მოტეხილობას და დაუყოვნებლივ ექსპანსიას.

ბოლოდროინდელმა კვლევამ, რომელიც აანალიზებდა ძვლის ბლოკური გრაფტის პოზიციონირებას, აჩვენა, რომ ალვეოლის მწვერვალიდან 1-2 მმ-ით კორონალურად მოთავსება აუმჯობესებს ძვლის განზომილებიან სტაბილურობას 6 თვის მანძილზე, ჰორიზონტალური ძვლის მატების საშუალო მაჩვენებლით 3-5 მმ (Luo et al., 2024).



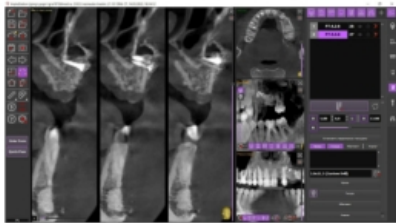
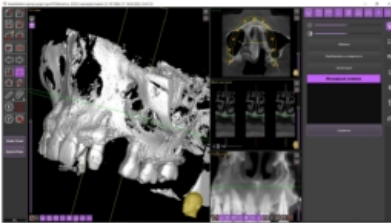
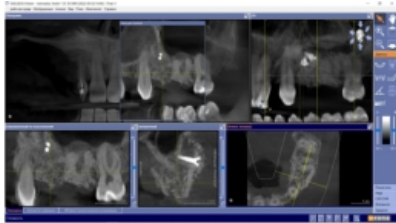
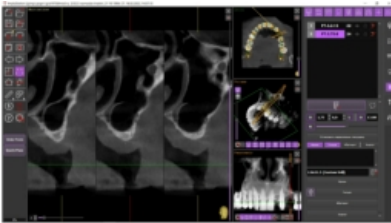
5.2 ვერტიკალური ალვეოლური ქედის აუგმენტაცია

- ვერტიკალური აუგმენტაცია წარმოადგენს უფრო დიდ ტექნიკურ გამოწვევებს და გართულებების უფრო მაღალ მაჩვენებელს ჰორიზონტალურ პროცედურებთან შედარებით. წარმატება მოითხოვს ზედმიწევნით ტექნიკას და შემთხვევის სათანადო შერჩევას:
- GBR არარეზორბირებადი მემბრანებით: ტიტანით გამაგრებული PTFE ან ტიტანის ბადე უზრუნველყოფს ვერტიკალური მატებისთვის აუცილებელ მექანიკურ სტაბილურობას. ბოლოდროინდელი კლინიკური შემთხვევების ანგარიშები აღწერს წარმატებულ შედეგებს სრულად რეზორბირებადი მაგნიუმის მემბრანებით, რაც გვთავაზობს მექანიკურ

სტაბილურობას მოცილების ოპერაციის გარეშე (Franke et al., 2024).

- ძვლის ბლოკური ონლეი გრაფტები: აუტოგენური ბლოკები ნიკაპიდან ან რამუსიდან, დამაგრებული ფიქსაციის ხრახნებით, შეუძლიათ მიაღწიონ 4-8 მმ ვერტიკალურ მატებას.
- დისტრაქციული ოსტეოგენეზი: განკუთვნილია მძიმე დეფექტებისთვის, რომლებიც საჭიროებენ >8-10 მმ ვერტიკალურ მატებას, გულისხმობს ძვლის თანდათანობით წაგრძელებას კორტიკოტომიის შემდეგ.

კვლევები იუწყებიან ვერტიკალური GBR-ის წარმატების მაჩვენებელს 80-95%-ს, როდესაც მიღწეულია სივრცის შენარჩუნების, მემბრანის სტაბილურობისა და პირველადი დახურვის პრინციპები. გართულებები მოიცავს მემბრანის ექსპოზიციას (10-30%), რაც საჭიროებს ფრთხილად მონიტორინგს გრაფტის ინფექციის თავიდან ასაცილებლად (Urban et al., 2009; Urban et al., 2016).





6. კლინიკური გადაწყვეტილების მიღება და მკურნალობის დაგეგმვა

6.1 დიაგნოსტიკური შეფასება

კომპლექსური შეფასება მოიცავს:

- კლინიკური გამოკვლევა: ძვლის სიგანის/სიმაღლის პალპაცია, რბილი ქსოვილის ხარისხის შეფასება.
- რადიოგრაფიული ანალიზი: CBCT ძვლის სამგანზომილებიანი მოცულობის შესაფასებლად, ანატომიური სტრუქტურების იდენტიფიცირებისთვის.
- ორთოპედიული დაგეგმარება: იმპლანტის იდეალური პოზიციონირება განისაზღვრება რესტავრაციული მოთხოვნების შესაბამისად.

ალვეოლური მორჩის დეფექტების კიოლნის კლასიფიკაცია ქმნის დეფექტების კლასიფიცირების სტანდარტიზებულ ჩარჩოს, რაც ხელს უწყობს მკურნალობის დაგეგმვასა და შედეგების შედარებას (Franke et al., 2024).

6.2 ალტერნატიული მიდგომები

მოკლე იმპლანტები (≤ 8 მმ) გაჩნდა, როგორც აუგმენტაციის სიცოცხლისუნარიანი ალტერნატივა შერჩეულ შემთხვევებში. მეტა-ანალიზები აჩვენებენ იმპლანტის მისაღებ გადარჩენის მაჩვენებლებს ($>90\%$ 5 წლისთვის), თუმცა უფრო გრძელმა იმპლანტებმა აუგმენტირებულ ადგილებში შეიძლება აჩვენოს უკეთესი გრძელვადიანი ბიომექანიკური უპირატესობები (Esposito et al., 2015). გადაწყვეტილება აუგმენტაციასა და მოკლე იმპლანტებს შორის უნდა ითვალისწინებდეს პაციენტის პრეფერენციას, სამედიცინო მდგომარეობას, ანატომიურ შეზღუდვებს და ეკონომიკურ ფაქტორებს.

7. გართულებები და მართვა

7.1 ხშირი გართულებები

- ჭრილობის დეჰისცენცია და მემბრანის ექსპოზიცია ყველაზე ხშირი გართულება GBR პროცედურებში (10-30%), რომელიც მართვადია (Buser, D., et al. (2017),
- კონსერვატიული თერაპია: ქლორპექსიდიდინის გამორეცხვები, მჭიდრო მონიტორინგი ექსპონირებული რეზორბირებადი მემბრანებისთვის.
- ქირურგიული ჩარევა: არარეზორბირებადი მემბრანის ამოღება ინფექციის განვითარების შემთხვევაში. Lim, G., et al. (2018)
- ინფექცია
იშვიათია ($<5\%$), მაგრამ საჭიროებს სწრაფ ჩარევას, მათ შორის ანტიბიოტიკოთერაპიას და პოტენციურ გრაფტის მოცილებას. Fontana, F., & Rocchietta, I. (2011).
- გრაფტის რეზორბცია
ცვლადი რეზორბციის მაჩვენებლები (10-50% მოცულობის დაკარგვა) დამოკიდებულია ტექნიკასა და მასალაზე: Cordaro, L., et al. (2002)

- აუტოგენური ბლოკები: 25-40% რეზორბცია პირველ 6 თვეში. Araújo, M. G., & Lindhe, J. (2005)
- გრანულირებული ქსენოგრაფტები: მინიმალური მოცულობის დაკარგვა, მაგრამ არასრული რემოდელირება. Mordenfeld, A., et al. (2010)
- ზედა ყბის სინუსის გართულებები მწვავე სინუსიტი (1-3%), ქრონიკული სინუსიტი (<1%), იმპლანტის გადაადგილება სინუსში (იშვიათი). Pjetursson, B. E., et al. (2008), Testori, T., et al. (2019)

7.2 გართულებების პრევენცია

მტკიცებულებებზე დაფუძნებული სტრატეგიები მოიცავს:

- დამაბულობის გარეშე პირველადი დახურვა.
- რბილი ქსოვილის ადეკვატური მართვა პერიოსტალური რელიზური ჭრილობებით.
- მემბრანის სათანადო შერჩევა და ფიქსაცია.
- კონტროლირებადი დატვირთვის პროტოკოლები.
- პაციენტის შერჩევა და სამედიცინო ოპტიმიზაცია.
- მოწვევის შეწყვეტა (აუმჯობესებს შედეგებს 15-20%-ით). Wang, H. L., & Boyapati, L. (2006), Strietzel, F. P., et al. (2007)

8. განვითარებადი ტექნოლოგიები და მომავლის მიმართულებები

8.1 მოწინავე ბიომასალები

სამგანზომილებიანი (3D) ბეჭდური სკაფოლდები (კარკასები): ინდივიდუალური სკაფოლდები, რომლებიც იყენებენ ბიოდეგრადირებად პოლიმერებს ბიოაქტიურ მასალებთან კომბინაციაში, უზრუნველყოფენ დეფექტის ზუსტ შევსებას და დეგრადაციის კონტროლირებად პროფილს. ადრეული კლინიკური გამოყენება ალვეოლის შენარჩუნებისა და ალვეოლური მორჩის აუგმენტაციის

დროს იმედისმომცემ შედეგებს აჩვენებს (Benedetti et al., 2022).

ზრდის ფაქტორები და ბიოლოგიური პრეპარატები:

1. **ძვლის მორფოგენეტიკური ცილები (BMP-2, BMP-7):**
ახასიათებთ ძლიერი ოსტეონდუქციური შესაძლებლობა, თუმცა არსებობს შემფოთება ექტოპიური ძვლის წარმოქმნასა და ანთებასთან დაკავშირებით.
2. **თრომბოციტებით მდიდარი ფიბრინი (PRF):**
აუტოლოგიური ზრდის ფაქტორების კონცენტრატი, რომელიც არაერთ კვლევაში აჩვენებს ჭრილობის შეხორცებისა და ძვლის რეგენერაციის გაუმჯობესებულ შედეგებს.
3. **რეკომბინანტული ადამიანის ბაზისური ფიბრობლასტების ზრდის ფაქტორი (rhFGF-2):**
ბოლოდროინდელი კვლევები ცხოველურ მოდელებზე აჩვენებს ვერტიკალური ძვლის რეგენერაციის გაუმჯობესებას.
4. **უჯრედული თერაპია:** ძვლის ბიომასალებზე დათესილი მეზენქიმური სტრომული უჯრედები (MSCs) აჩვენებენ დაჩქარებულ და გაუმჯობესებულ ძვლის ფორმირებას ქვედა ყბაზე პრეკლინიკურ მოდელებში, რაც მიუთითებს მათ სამომავლო კლინიკურ გამოყენებაზე (Nature Research, 2019).

8.2 მინიმალურად ინვაზიური მიდგომები

კომპიუტერული ნავიგაციით მართული ქირურგია:
CAD/CAM ტექნოლოგიით გენერირებული ქირურგიული შაბლონები, ფლაპლეს (Flapless - უნაკერო/ლორწოვანის აშრევების გარეშე) ტექნიკასთან კომბინაციაში, ამცირებს ქირურგიულ ტრავმას და აუმჯობესებს იმპლანტის პოზიციონირების სიზუსტეს აუგმენტაციის შემდგომ (Pozzi & Moy, 2011).

პიეზოქირურგია: ულტრაბგერითი ძვლის ჭრა უზრუნველყოფს მაგარი ქსოვილების სელექციურ კვეთას რბილი ქსოვილების მინიმალური ტრავმირებით. ეს განსაკუთრებით სასარგებლოა სინუს-ლიფტინგის დროს, სადაც მემბრანის პერფორაციის რისკი მცირდება 30-40%-ით ტრადიციულ ინსტრუმენტებთან შედარებით.

დასკვნა

ძვლის აუგმენტაციის პროცედურები ჩამოყალიბდა პროგნოზირებად, კარგად დოკუმენტირებულ ინტერვენციებად, რომლებიც უზრუნველყოფენ სტომატოლოგიური იმპლანტების წარმატებულ პოზიციონირებას რთული ანატომიური პირობების დროს. **მართული ძვლის რეგენერაცია (GBR) და ზედა ყბის წიაღის (სინუსის) აუგმენტაცია** წარმოადგენს ყველაზე ფართოდ შესწავლილ და კლინიკურად წარმატებულ ტექნიკებს; სათანადო პროტოკოლების დაცვის შემთხვევაში, იმპლანტების გრძელვადიანი გადარჩენის მაჩვენებლები იმპლანტაციის იმავე მაჩვენებლების იდენტურია, რაც ჯანსაღ (პირველად) ძვალში ფიქსირდება.

მასალის შერჩევა უნდა ეფუძნებოდეს დეფექტის მახასიათებლებს. **აუტოლოგიური ძვალი** კვლავ რჩება „ოქროს სტანდარტად“, მიუხედავად დონორი უბნის ტრავმატიზაციასთან (მორბილობასთან) დაკავშირებული საკითხებისა. ქსენოგრაფტები და ალეგრაფტები წარმოადგენენ შესანიშნავ ალტერნატივას, რომლებიც ამცირებენ პაციენტის ტრავმატიზაციას და კლინიკური შემთხვევების უმრავლესობაში მისაღებ შედეგებს იძლევიან. განვითარებადი ბიომასალები და რეგენერაციული ტექნოლოგიები იძლევიან შედეგების შემდგომი გაუმჯობესებისა და მკურნალობის შესაძლებლობების გაფართოების პერსპექტივას.

ძვლის აუგმენტაციის წარმატება მოითხოვს მკურნალობის კომპლექსურ დაგეგმარებას, ზედმიწევნით ზუსტ ქირურგიულ ტექნიკას, მასალის მართებულ შერჩევასა და პაციენტის ყურადღებით მართვას. გართულებები, თუმცა ისინი იშვიათი არ არის, ეფექტურად პრევენცირებადია დადგენილი პრინციპების დაცვით, ხოლო მათი წარმოქმნის შემთხვევაში — დროული ჩარევით.

სამომავლო კვლევის მიმართულებები მოიცავს ბიომასალების თვისებების ოპტიმიზაციას, ზრდის ფაქტორების მიწოდების სისტემების განვითარებას, მინიმალურად ინვაზიური ტექნიკების დახვეწასა და გრძელვადიან შედარებით კვლევებს. დარგის განვითარებასთან ერთად, ძვლის აუგმენტაცია დარჩება თანამედროვე იმპლანტოლოგიის ქვაკუთხედად, რაც საშუალებას მისცემს ექიმებს განახორციელონ რთული ანატომიური გამოწვევების მქონე პაციენტების სრული რეაბილიტაცია.

ABSTRACT

Bone augmentation procedures are a fundamental component of modern dental implantology, aimed at addressing insufficient bone volume required for optimal implant placement. This review discusses contemporary techniques and materials used in bone augmentation, including guided bone regeneration (GBR), sinus lift procedures, alveolar ridge augmentation, and various grafting materials.

The analysis covers biomaterial selection, surgical protocols, success rates, and the management of complications, based on recent clinical data. A significant proportion of dental implant candidates require some form of bone augmentation; therefore, understanding these procedures is essential for achieving predictable long-term outcomes.

Recent advances in biomaterials, minimally invasive techniques, and regenerative technologies continue to improve the predictability and success of these interventions.

Keywords: bone augmentation, guided bone regeneration, dental implants, sinus lifting, osteoplastic materials, alveolar ridge augmentation.

ლიტერატურა

1. **Al-Bayati, S.A.A.F.**, Reddy, M.S., Singh, A., Srinivasan, D., Shanmugaavel, K.A., & Valliappan, V. (2025). Bone augmentation in oral implantology: A systematic review. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 17(Suppl 2), S1124-S1127. doi: 10.4103/jpbs.jpbs_1755_24
2. **Araújo, M.G.**, & Lindhe, J. (2005). Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology*, 32(2), 212-218.
3. **Bathla, S.C.**, & Bathla, S. (2018). Maxillary sinus augmentation. *Journal of Oral Research and Review*, 10(2), 103-110.
4. **Benedetti, G.**, Prati, C., & Gandolfi, M.G. (2022). Current trends in bone augmentation techniques and dental implantology: An editorial overview. *Journal of Clinical Medicine*, 11(15), 4348. doi: 10.3390/jcm11154348
5. **Boyne, P.J.**, & James, R.A. (1980). Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *Journal of Oral Surgery*, 38(8), 613-616.
6. **Buser, D.** (2017). *Guided Bone Regeneration in Implant Dentistry: 25 Years of Experience*. Chicago: Quintessence Publishing.
7. **Buser, D.**, Chappuis, V., Belser, U.C., & Chen, S. (2024). Guided bone regeneration in implant dentistry: Basic principle, progress over 35 years, and recent research activities. *Periodontology 2000*, 95(1), 9-25. doi: 10.1111/prd.12535

8. **Cengiz, A.**, Ipci, S.D., Yilmaz, B., Caglayan, F., & Göker, F. (2025). Effects of bone augmentation on implant success and survival: A retrospective analysis with 6-year mean follow-up. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 27(2), 234-245.
9. **Chavda, S.**, & Levin, L. (2018). Human studies of vertical and horizontal alveolar ridge augmentation comparing different types of bone graft materials: A systematic review. *Journal of Oral Implantology*, 44(1), 74-84. doi: 10.1563/aaid-joi-d-17-00053
10. **Chinnaswami, R.**, Subbaiah, S., Sureshbabu, N.M., Kumar, V., Santosh, R., & Rajeshkumar, S. (2024). Treatment outcome of using guided bone regeneration for bone augmentation for the placement of dental implants – A systematic review. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 16(Suppl 4), S3196-S3200.
11. **Cordaro, L.**, Torsello, F., Accorsi, M.V., et al. (2002). Clinical results with the use of maxillary mental nerve blocks and guided bone regeneration. *Clinical Oral Implants Research*, 13(3), 217-227.
12. **Dam, V.V.**, Trinh, H.A., Rokaya, D., & Trinh, D.H. (2022). Bone augmentation for implant placement: Recent advances. *International Journal of Dentistry*, 2022, 8900940.
13. **Esposito, M.**, Barausse, C., Pistilli, R., Sammartino, G., Grandi, G., & Felice, P. (2015). Short implants versus bone augmentation for placing longer implants in atrophic maxillae: One-year post-loading results of a pilot randomised controlled trial. *European Journal of Oral Implantology*, 8(3), 257-268.
14. **Fontana, F.**, & Rocchietta, I. (2011). Clinical classification of complications in guided bone regeneration. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 31(3), 265-273.
15. **Franke, M.**, Sader, R., Vollmer, A., et al. (2024). The Cologne Classification of Alveolar Ridge Defects (CCARD):

A standardized framework for defect classification and treatment planning. *Journal of Clinical Medicine*, 13(4), 1102.

16. **Franke, N.**, Wesemann, C., Kiessling, M., Zoric, A., Pierchalla, T., & Spies, B.C. (2024). Guided bone regeneration in the posterior mandible using a resorbable metal magnesium membrane and fixation screws: A case report. *Case Reports in Dentistry*, 2024, 2659893. doi: 10.1155/crid/2659893

17. **Hanser, K.**, & Khoury, F. (2021). Alveolar Ridge Augmentation with Autogenous Bone Blocks: 10-Year Results. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 36(5).

18. **Kleinheinz, J.**, Buchter, A., Fillies, T., et al. (2005). Soft tissue management in implantology. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 9(4), 205-212.

19. **Lee, J.S.**, Kim, H.M., Kim, C.S., Choi, S.H., Chai, J.K., & Jung, U.W. (2020). Guided bone regeneration. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 46(5), 361-366.

20. **Lim, G.**, Lin, G.H., Monje, A., et al. (2018). Clinical considerations for membrane exposure in guided bone regeneration: a narrative review. *Implant Dentistry*, 27(1), 122-133.

21. **Luo, Y.**, Liu, J., Tan, L., Wei, M., Zeng, W., Guo, Y., Wang, F., & Yang, X. (2024). The influence of bone block graft position on bone dimensional changes in staged onlay horizontal ridge augmentation: A 6-month retrospective cohort study. *Clinical Oral Implants Research*, 35(8), 925-935. doi: 10.1111/clr.14299

22. **Machtei, E.E.** (2001). The effect of membrane exposure on the outcome of regenerative procedures in humans: a meta-analysis. *Journal of Periodontology*, 72(4), 512-516.

23. **Maiorana, C.**, Poli, P.P., Mascellaro, A., Ferrario, S., & Beretta, M. (2019). Dental implants placed in resorbed alveolar ridges reconstructed with iliac crest autogenous onlay grafts: A 26-year median follow-up retrospective study. *Journal of*

- Cranio-Maxillofacial Surgery*, 47(5), 805-814. doi: 10.1016/j.jcms.2019.02.002
24. **Mordenfeld, A.**, Hallman, M., Johansson, C.B., et al. (2010). Histomorphometric and clinical analysis of biopsy specimens from vertical ridge augmentation with particulate anorganic bovine bone mineral and autogenous bone. *Clinical Oral Implants Research*, 21(9), 935-946.
25. **Pappalardo, S.**, Milone, D., Mazzetti, V., Giudice, A., Liccardi, A., Nastri, L., & Cecoro, G. (2024). Tunnel technique in bone augmentation procedures for dental implant rehabilitation: A systematic review. *Bioengineering*, 11(12), 405. doi: 10.3390/bioengineering11120405
26. **Pjetursson, B.E.**, Tan, W.C., Lang, N.P., et al. (2008). A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. *Clinical Oral Implants Research*, 19(s9), 139-146.
27. **Pozzi, A.**, & Moy, P.K. (2011). Minimally invasive transcrestal-guided sinus lift (TSFE): A clinical prospective proof of concept cohort study up to 52 months. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 13(Suppl 1), e26-e35.
28. **Sansupakorn, A.**, & Khongkhunthian, P. (2024). Implant stability and clinical outcome between implant placement using internal sinus floor elevation with alloplastic bone material grafting and without grafting: A 1-year randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 28(6), 342. doi: 10.1007/s00784-024-05736-w
29. **Simoni, E.**, Isufi, R., & Kadaifciu, D. (2023). Guided bone regeneration effects on bone quantity and outcomes of dental implants in patients with insufficient bone support: A single-center observational study. *Cureus*, 15(6), e40359.
30. **Strietzel, F.P.**, Reichart, P.A., Kale, A., et al. (2007). Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, 34(6), 523-544.

31. **Summers, R.B.** (1994). A new concept in maxillary implant surgery: The osteotome technique. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 15(2), 152-162.
32. **Tatum, H.** (1986). Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dental Clinics of North America*, 30(2), 207-229.
33. **Testori, T.**, Drago, L., Wallace, S.S., et al. (2012). Prevention and treatment of postoperative infections after sinus elevation surgery: Clinical consensus and recommendations. *International Journal of Dentistry*, 2012, 365809.
34. **Urban, I.A.**, Jovanovic, S.A., & Lozada, J.L. (2009). Vertical ridge augmentation using guided bone regeneration (GBR) in three clinical scenarios prior to implant placement: A retrospective study of 35 patients 12 to 72 months after loading. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 24(3), 502-510.
35. **Urban, I.A.**, Monje, A., Lozada, J.L., & Wang, H.L. (2016). Long-term evaluation of peri-implant bone level after reconstruction of severely atrophic edentulous maxilla via vertical and horizontal guided bone regeneration in combination with sinus augmentation: A case series with 1 to 15 years of loading. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 19(1), 46-55. doi: 10.1111/cid.12426
36. **Wallace, S.S.**, & Froum, S.J. (2003). Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Annals of Periodontology*, 8(1), 328-343.
37. **Wang, H.L.**, & Boyapati, L. (2006). "PASS" principles for predictable bone regeneration. *Implant Dentistry*, 15(1), 8-17.
38. **Win, K.Z.**, Pimkhaokham, A., & Kaboosaya, B. (2024). Comparing bone graft success, implant survival rate, and marginal bone loss: A retrospective study on materials and influential factors. *Journal of Oral Implantology*, 50(4), 300-307. doi: 10.1563/aaid-joi-D-23-00134

39. **Zitzmann, N.U., & Schärer, P.** (1998). Sinus elevation procedures in the resorbed posterior maxilla. Comparison of the crestal and lateral approaches. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 85(1), 8-17.