



USE OF PTFE MEMBRANES AND TITANIUM MESH IN VERTICAL BONE AUGMENTATION

VERTİKAL KEMİK OGMENTASYONUNDA PTFE MEMBRANLAR VE TİTANYUM MESH KULLANIMI

Berna Çelik KAHRAMAN¹, Ömer Alperen KIRMIZIGÜL²

¹ Res. Asst. Dt., Department of Periodontics, Faculty of Dentistry, Inonu University, Malatya/TÜRKİYE,

ORCID ID: 0009-0007-6583-1349

² Asst. Prof. Dr., Department of Periodontics, Faculty of Dentistry, Inonu University, Malatya/TÜRKİYE,

ORCID ID: 0000-0001-5828-8949

Corresponding Author:

Berna Çelik Kahraman,

İnönü Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, Malatya / TÜRKİYE,

e-mail: berna.celik@inonu.edu.tr , **Phone:** +90 552 719 9821

Abstract

Inadequate alveolar bone height and width, which is a common problem in the field of implant surgery, is caused by trauma, tooth extraction or age-related changes. To achieve a predictable and successful outcome in terms of aesthetics and function, adequate volume and quality of alveolar bone are required. Augmentation techniques are employed to increase the thickness and width of the existing alveolar bone. Commonly preferred augmentation methods include ridge split osteotomy, distraction osteogenesis, block grafts harvested from intraoral or extraoral sites, the use of resorbable and non-resorbable membranes, or guided bone regeneration with titanium mesh. Various membranes are available for use in hard tissue augmentation. Each membrane has advantages and disadvantages. The properties, benefits and limitations of membranes need to be understood in order to make the most appropriate choice for the clinical application. Recently, systematic reviews on the effectiveness of vertical ridge augmentation using different techniques have confirmed that guided bone regeneration is the most predictable approach for increasing bone volume for implant and prosthetic restorations. Many authors consider autogenous bone grafts to be the gold standard for alveolar bone augmentation applications due to their osteogenic, osteoinductive, and osteoconductive properties. The technique of harvesting autogenous grafts requires sensitivity and a lot of complications may result during surgery. In addition, pain, infection, bleeding and prolonged surgical operation time are common. The risks associated with the use of autogenous bone have forced researchers to find alternative materials.

The aim of this review is to understand the physical properties of non-resorbable materials used in alveolar bone augmentation procedures, discuss their advantages and disadvantages, and examine related materials.

Keywords: Guided bone regeneration, PTFE membrane, Non-resorbable membrane, Vertical ridge augmentation, Autogenous bone.

Özet

İmplant cerrahisi alanında yaygın bir sorun olarak karşımıza çıkan, yetersiz alveolar kemik miktarı; travma, diş çekimi veya yaşa bağlı değişiklikler nedeniyle meydana gelmektedir. İmplant tedavilerinde estetik ve fonksiyon açısından öngörülebilir, başarılı bir sonuç elde etmek için yeterli hacim ve kalitede alveolar kemik bulunması gerekmektedir. Mevcut alveolar kemiğin kalınlığını ve genişliğini arttırmak amacıyla çeşitli ogmentasyon yöntemlerine başvurulmaktadır. Kret split osteotomisi, distraksiyon osteogenezisi, intraoral veya ekstraoral bölgelerden alınan blok greftler, rezorbe olan ve olmayan membranların kullanımı veya titanyum mesh ile yönlendirilmiş kemik

rejenerasyonu (YKR) en sık tercih edilen ogmentasyon yöntemlerindendir. Sert doku ogmentasyonunda çeşitli membranlar kullanılmaktadır. Her membranın avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Klinik uygulamadaki gereksinime en uygun seçimin yapılması için membranların özellikleri, sağladıkları faydalar ve sınırlamaların anlaşılması gerekmektedir. Son zamanlarda yapılan sistematik incelemeler, vertikal kret ogmentasyonunun kemik hacmini artırmaya yönelik en öngörülebilir yaklaşım olduğunu doğrulamıştır. Çeşitli yazarlar osteojenik, osteoindüktif ve osteokondüktif özelliklerinden dolayı, alveolar kemik ogmentasyonu uygulamaları için otojen kemik greftlerinin kullanımının altın standart olduğunu düşünmektedir. Otojen greftlerin elde edilme tekniği hassasiyet gerektirmekte ve cerrahi esnasında birtakım komplikasyonlar oluşabilmektedir. Buna ek olarak ağrı, enfeksiyon, kanama görülmekte ve cerrahi operasyon süresi uzamaktadır. Otojen kemiğin kullanımıyla ilişkili riskler araştırmacıları alternatif materyaller bulmaya zorlamıştır.

Bu derlemenin amacı, alveolar kemik ogmentasyonu prosedürlerinde kullanılan rezorbe olmayan materyallerin fiziksel özelliklerinin kavranması, avantaj ve dezavantajlarının tartışılması ve ilgili materyallerin incelenmesidir.

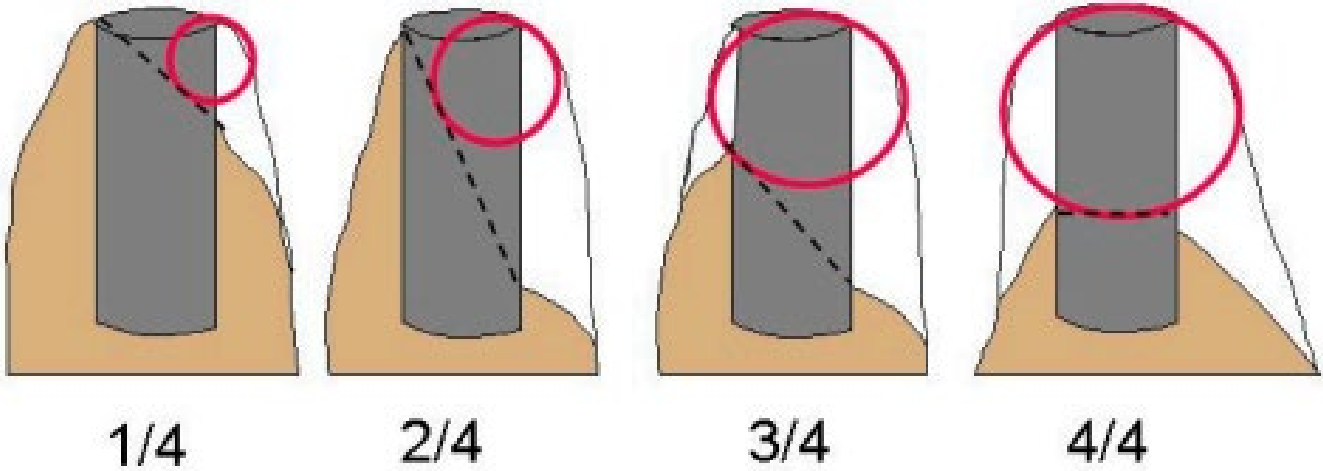
Anahtar Kelimeler: Yönlendirilmiş Kemik Rejenerasyonu, PTFE membran, Rezorbe olmayan membran, Vertikal kret ogmentasyonu, Otojen Kemik.

OVERVIEW / GENEL BAKIŞ

Diş çekimi sonrası kemik kaybının ilk 3 yılda %40 ile %60 arasında, takip eden yıllarda ise %0,25 ile %0,5 arasında değiştiği tahmin edilmektedir (1).

Terheyden sınıflandırmasına göre, diş çekimi sonrası alveolar kret defektleri ile implantın konumlandırılması planlanan yer arasındaki ilişkiye göre dört tip defekt görülmektedir (Şekil 1):

- Tip 1/4: Bukkal kemik desteği, implant uzunluğunun %50'sinden daha az olacak şekilde azalırken lingual kemik desteğinde belirgin bir azalma görülmez.
- Tip 2/4: Bukkal kemik desteği, implant uzunluğunun %50'si veya daha fazlası kadar azalırken lingual kemik desteğinde belirgin bir azalma görülmez.
- Tip 3/4: Hem bukkal hem de lingual/palatal kemik desteği belirgin şekilde azalmıştır, ancak lingual kemik desteğindeki azalma implant uzunluğunun %50'sinden azdır.
- Tip 4/4: Hem bukkal hem de lingual kemik desteği, implant uzunluğunun %50'si veya daha fazlası kadar azalmıştır (2).



Şekil 1. Terheyden'in kemik defekti sınıflandırması (2).

Hekimler implant cerrahisini planlarken, mevcut alveolar kemiğin kalınlığını ve genişliğini arttırmak amacıyla birtakım ogmentasyon tekniklerine başvurmaktadır (3). Kret split osteotomisi, distraksiyon osteogenezisi, rezorbe olan ve olmayan membranlar veya titanyum mesh (TM) ile yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu (YKR), intraoral veya ekstraoral bölgelerden alınan onlay blok greftleri uygulanan ogmentasyon yöntemlerindendir (4). Son zamanlarda yapılan sistematik incelemeler, vertikal kret ogmentasyonun kemik hacmini artırmaya yönelik en öngörülebilir yaklaşım olduğunu doğrulamıştır (5).

YKR teknikleri, kompartmanlara ayrılmış yara iyileşmesi prensibine dayanmaktadır. Teknik, kapalı bir alan oluşturulmasını gerektirmekte, kemik oluşturan hücrelerin iyileşen yarıyı doldurmasına izin verecek şekilde fiziksel bir bariyerin yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmektedir (6). Kan pıhtısı boşluğu doldurmakta ve osteojenik hücrelerin, üstteki hücrelerle rekabet etmeden rejenerasyon alanını kolonize etmesine izin vermektedir (7). YKR tekniğinde, kemik defekti çevresinde korumalı bir boşluk oluşturmak için mekanik bir bariyer olarak bir membran kullanılmaktadır. YKR'de kullanılan bariyer membranların iyi biyouyumluluk temelinde, yeterli sertliğe ve desteklenebilirliğe sahip olması gerekmektedir (8). Defekt alanına yerleştirilen bariyer membranlar, dişeti epiteli ve bağ dokusundan hücre invazyonunu engellemektedir (9). Koruma fonksiyonunun periodontal doku rejenerasyonu için 4-6 hafta, kemik ogmentasyonu için 16-24 hafta sürmesi gerektiği bildirilmiştir (9).

Otojen kemik greftleri, osteojenik, osteoindüktif ve osteokondüktif özelliklerinden dolayı kemik rejenerasyonu için "altın standart" olarak kabul edilmektedir (10). Altın standart olarak kabul edilmesinin nedeni matriksinde osteojenik hücrelerin varlığı ve bu hücrelerin osteogenezise katkı sağlamasıdır (11). Graft materyali, konak bölgeden osteoblastların göç etmesini sağlamak amacıyla iskele işlevi görerek osteokondüksiyonu kolaylaştırmaktadır. Graft matriksinde yer alan ve greftin

rezorpsiyonu sırasında salınan büyüme faktörleri ise osteoindüksiyon sürecini tetiklemektedir (12). Deproteinize edilmiş sığır kemiğinin otojen kemikle kombinasyon halinde veya tek başına kullanılması, çeşitli kemik ogmentasyonu prosedürlerinde iyi ve tekrarlanabilir sonuçlar göstermektedir (13). Otojen greftlerin bu avantajlarına rağmen, birkaç dezavantajı da bulunmaktadır. Başlıca dezavantajlar arasında ikinci bir cerrahi alana ihtiyaç duyulması, artmış postoperatif morbidite, geçici parestezi ve iyileşme sırasında greft rezorpsiyonu bulunmaktadır (14). Greftin önemli bir kısmının rezorpsiyonu ve açığa çıkması, en sık bildirilen komplikasyonlardandır (15, 16). İdeal olarak, rezorpsiyon fazından sonra yeterli hacmi korumak için büyük boyutlu greftler alınmaktadır (17). Otojen greftlerin kullanımıyla ilişkili dezavantajlar araştırmacıları alternatif materyaller bulmaya zorlamıştır (18). Bu amaçla YKR uygulamalarında birçok materyal kullanılmaktadır (19). YKR tekniğinde, kemik defekti çevresinde korumalı bir boşluk oluşturmak için mekanik bir bariyer olarak bir membran kullanılmaktadır (7). Membranların primer görevi, rejenerasyon sürecini desteklemek amacıyla epitel ve bağ dokusu hücrelerinin iyileşme alanına invazyonunu engellemek, aynı zamanda pluripotansiyel ve osteojenik hücrelerin serbestçe göç edebileceği uygun bir rejeneratif ortam oluşturmak ve sürdürmektir (1).

YKR uygulamalarında kullanılan bariyer membranlar rezorbe olmayan membranlar ve rezorbe olabilen membranlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (19). Rejenerasyon prosedürlerinde 4 çeşit rezorbe olmayan membran kullanımı görülmektedir:

- Genleştirilmiş-politetrafloroetilen (e-PTFE)
- Yoğun-politetrafloroetilen (d-PTFE)
- Titanyum mesh (TM)
- Titanyumla güçlendirilmiş PTFE (t-PTFE) (1)

Defektin genişliği ile birlikte alveolar kemikte görülen eksik duvar sayısı arttıkça rezorbe olmayan membranlara yönelme oranında artış görülmektedir (3). Rezorbe olmayan membranlar YKR için öngörülebilir ve uzun vadeli sonuçlar sunmaktadır (20). Rezorbe olmayan membranlar sert mekanik özellikleri nedeniyle, gerekli alanı oluşturup koruyabilmektedir (21). Bu membranların birçok avantajına rağmen, sekonder cerrahi prosedür ile çıkarılma gerekliliği, artan membran açığa çıkma riski ve bakteriyel enfeksiyon riski devam etmektedir (22). Rezorbe olmayan membranların kullanıldığı yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu tekniklerinde yer alan risk faktörlerinin bilinmesi, komplikasyon oranında önemli bir azalmaya yol açmaktadır (23).

Rezorbe olabilen membranlar ise tekrar uygulanan cerrahi operasyonlar ile çıkarılma durumunun olmaması ve daha az enfeksiyon riski taşıması avantajlarına sahiptirler ancak daha geniş kemik defektlerinin rekonstrüksiyonunda yeterli olamamaktadırlar (3). Yara bölgesinin açılmasının ve membranın açığa çıkmasının sonuçları, büyük sorunlara neden olabilmektedir. Membranın açığa

çıkması YKR prosedürlerinin en sık rastlanan dezavantajı olarak kabul edilmektedir (23). Bariyer membranların kullanılması, distraksiyon osteogenezisi veya blok greftleme yöntemlerine kıyasla daha az komplikasyona sahip olmasına rağmen, flep stabilitesinin sağlanamaması başlıca endişe kaynağı olmaktadır (24). Kemik rejenerasyonu için rejeneratif tekniklerin başarısındaki en kritik faktörlerden biri, mukoperiosteal flebin primer olarak kapatılmasıdır (25). Tüm iyileşme süresi boyunca membran yerinde kaldığında kemik kazanımının maksimum olduğu görülmektedir (4).

Tablo 1. Rezorbe olmayan membranların avantaj ve dezavantajları (4).

Materyal	Avantaj	Dezavantaj
PTFE	Yüksek kimyasal stabilite Yüksek biyouyumluluk Yüksek bariyer fonksiyonu	Cerrahi olarak çıkarılma gerekliliği Membranın açığa çıkması
e-PTFE		
d-PTFE		
t-PTFE		
Titanyum	Yüksek biyouyumluluk Yüksek bariyer fonksiyonu Mekanik dayanıklılık	Cerrahi olarak çıkarılma gerekliliği Pahalı
Titanyum Alaşım		

1) e-PTFE Membran

Diş hekimliğinde ilk kullanılan membranlar, Nyman ve arkadaşları tarafından üretilen selüloz asetat filtreleriydi (26). 1984 yılında, aynı araştırma grubu e-PTFE membranı diş hekimliği alanına tanıtmıştır (27). PTFE, kimyasal ve biyolojik olarak inert, enzimatik ve mikrobiyolojik saldırılara karşı dirençli stabil bir polimerdir (28). e-PTFE membranlar, 1990'larda yüksek biyouyumlulukları ve bozulmaya karşı dirençleri nedeniyle YKR prosedürlerinde kullanılacak membran olarak altın standart kabul edilmiştir (29). e-PTFE membran, gözenekli bir yapıya ve esnek bir forma, kimyasal olarak da

kararlı bir yapıya sahiptir (7). e-PTFE membranın 2 ana dezavantajı, iyileşme sürecinde membranın açığa çıkması, ardından oral bakteriler tarafından kolonizasyon ve ikinci bir cerrahi prosedür ihtiyacıdır (30). e-PTFE'nin diğer dezavantajı ise, rejenerasyonun sonuçlarını etkileyen erken bir bakteriyel enfeksiyonun meydana gelebilmesidir (28). Yara bölgesini stabil hale getirirken eş zamanlı olarak bağ dokusu ile birlikte epitel hücrelerinin de göç etmesini sınırlandıran fazlaca miktarda minik gözenek bulundurmaktadır (1). e-PTFE aracılığıyla yönlendirilmiş kemik rejenerasyonunun başarılı olduğu, hem kısa hem uzun vadeli çalışmalarda vertikal ve horizontal alveolar kret ogmentasyonu için öngörülebilir bir teknik olduğu görülmektedir (23). e-PTFE membran iki farklı kısımdan oluşmaktadır; açık bir mikro yapı kısmı ve tıkaçıcı bir kısım. Açık mikro yapı, yüzeyinde kollajen fibrillerinin içe doğru büyümesini teşvik ederek membran stabilitesini arttırmaktadır. Tıkaçıcı kısım ise yumuşak doku hücrelerinin kemik ogmentasyonu alanına geçişini tamamen engellemektedir. e-PTFE membranlar ile vertikal kemik ogmentasyonu öngörülebilir sonuçlar vermektedir (7). e-PTFE membranların açığa çıkması durumunda bakteriyel enfeksiyon gibi ciddi komplikasyonlar görülebilmektedir, bu nedenle d-PTFE geliştirilmiştir (22). Günümüzde ise e-PTFE membranlar nadiren kullanılmakta olup, d-PTFE membranların belirli klinik endikasyonlarda aynı derecede etkili olduğu gösterilmektedir (31).

2)d-PTFE Membran

d-PTFE membran, yüksek yoğunluklu PTFE membrandan elde edilmiş olup submikron (0.2 µm) boyutunda gözenekler bulundurmaktadır. Yüksek yoğunluk ve minik gözenek boyutlarının bulunması, greftin yerleştirildiği alana bakteri geçişini sınırlandırarak, membran altında bulunan greft materyalinde inflamatuvar bir durum oluşması ihtimalini önlemektedir (3). Hedeflenen kemik rejenerasyonu, kemik iliği boşluğundan kortikal perforasyonlar yoluyla elde edilen yeterli kan teminine bağlı olmaktadır. d-PTFE membranların yetersiz gözenek miktarı bulundurması, alana ulaşan kan miktarını sınırlandırmaktadır. (1). d-PTFE'nin bakteriyel enfeksiyon olasılığı düşüktür (22). d-PTFE, uzun yıllardır piyasada bulunmakta ve etkinliği periodontal rejeneratif terapide ve soket koruma prosedürlerinde test edilmektedir (7). d-PTFE membranlar, var olan boşluğu korumak ile birlikte yara bölgesini de stabil hale getirerek kemik rejenerasyonu için yeterli süreyi sağlamaktadır (1). e-PTFE ile karşılaştırıldığında d-PTFE'nin diş hekimliğinde kullanımı daha yaygın bir şekilde kabul görmektedir (1). Vertikal kret ogmentasyon prosedürlerinde başarılı bir şekilde kullanılabileceği görülmektedir (7).

3)t-PTFE Membran

t-PTFE membran, TM ve PTFE membran özelliklerini birleştiren hibrit bir yapı olarak bilinmektedir. Bu yapının titanyum çerçevesi YKR için gerekli alanı korumakta (24) ve atrofik alveolar kretlerde vertikal ogmentasyon amacıyla kullanılmaktadır (32). Titanyumla güçlendirilmiş, rezorbe olmayan membranlar veya TM gibi boyutsal olarak stabil yapılar, rezorbe olabilen membranlardan daha güvenilir bir şekilde vertikal boyutları desteklemektedir. Titanyumla güçlendirilmiş membranın altındaki yenilenen dokunun kalitesi, yüzeysel fibröz tabakaya sahip kemik yapısı olarak ortaya çıkmaktadır (33). Başlangıçtaki vertikal defektin boyutu, ogmente edilen alanın miktarını etkilemekte;

her ilave milimetre, kemik rejenerasyonu olasılığını 2,5 kat arttırmaktadır (24). Titanyumla güçlendirilmiş PTFE mesh; otolog kemik ve ksenogreft karışımıyla vertikal kret ogmentasyon yöntemleri için güvenli ve öngörülebilir bir prosedür olarak düşünülmektedir (24).

4)Titanyum Mesh

TM'ler ilk olarak Boyne (1969) tarafından büyük kemik defektlerinin rekonstrüksiyonu için tanıtılmıştır (20). Titanyum, titanyum takviyeli PTFE oluşturmak için bir dengeleyici olarak PTFE'ye eklenmektedir (22). TM, sert doku ogmentasyonu için bir YKR bariyer membranı olarak benzersiz özelliklere sahiptir (8). Bariyer membranlar arasında TM tamamen metalden yapılmış tek materyaldir (8). Titanyum, hızlı pasif bir tabaka oluşturması sayesinde kararlı bir metal olarak kullanılabilen biyoinert bir malzemedir (9). TM gibi metal bazlı membranlar aşağıdaki özelliklerden dolayı kullanılmaktadır: yüksek sertlik, düşük yoğunluk, yüksek sıcaklık ve korozyon direnci (22). Yüksek dayanıklılığı ve sertliği osteogenez için alan desteği sağlamakta, stabilitesi yara iyileşmesi sırasında greft hacmini korumak için gerekli görülmekte ve elastikiyeti oral mukoza baskısını azaltabilmektedir (8). TM'lerin temel özelliklerini belirleyen faktörler kalınlık ve porozitedir (34). TM'in kalınlığı, genellikle 0,1 ila 0,6 mm arasında değişmektedir. Bu kalınlık materyalin mekanik özellikleriyle doğru orantılı olmaktadır (8). TM'in porozitesi %65-%80 arasında değişmektedir (35, 36). Gözeneklerin varlığı, rejenerasyon fazı sırasında hem mukozaya hem de kemiğe kan desteği sağlamaya izin vermektedir. Gözenekler ayrıca metabolik süreçleri ve doku beslenmesini kolaylaştırmaktadır (37). TM'nin sertliği ve çökmeye karşı koyma kabiliyeti kalınlığından kaynaklanmaktadır (38). TM, cerrahi operasyon bölgesinin stabilitesi için gerekli olan sertliği sağlamanın yanı sıra başarılı kemik rejenerasyonu için alanı koruyarak mikro hareketi önlemektedir. Ayrıca yerleştirilen membranın stabilitesinin bozulmasını ve dış kuvvetler ile greftin yer değiştirmesini engellemektedir (1). TM'yi sabitlemek için titanyum vidalar kullanılmakta ve daha sonra planlanan implant operasyonunda vidalar ve titanyum mesh çıkarılabilmektedir (8). Membranın açığa çıkması durumunda, TM düşük bir enfeksiyon riski taşımakta olup, membranın erken çıkarılması nadiren gözlemlenmektedir (1). Klinisyenler meshi bükebilir, konturlayabilir ve kemik defektine uyarlayabilir, böylece istenen alveolar kret taslağının üç boyutlu mimarisini taklit edebilmektedir (6).

Bununla birlikte, TM'nin eksiklikleri de görülmektedir. Mesh ve sabitleme vidalarının ikinci aşama cerrahi operasyon ile çıkartılması esnasında oluşabilecek mikro perforasyonlar sorun yaratabilmektedir. Perforasyonları işgal eden epitel ve bağ dokusu kaçınılmaz olarak membranla birlikte çıkarılmakta ve potansiyel olarak hastaya rahatsızlık verip ve iyileşme süresini uzatmaktadır (9). TM'ler, belirli bir yükseklik ve genişlik ile üç boyutlu şeklini korumakta, ancak bu teknikle aynı zamanda uygun bir vasküler kaynağın kurulmasını engellediği için ameliyat sonrası mukozal ayrılma riski taşımaktadır (4). Uygulama tekniği hassas ve zaman alıcı olmakta, bükülme sırasında keskin kenarlar oluşmasına yol açmaktadır. Bu keskin kenarlar titanyum meshin açığa çıkmasına neden olabilmektedir (8). İyileşme aşamasında, yaranın açılması ve bunun sonucunda meshin açığa çıkması,



materyalin ana komplikasyonları arasında sayılmaktadır. TM'lerin açığa çıkma oranı PTFE membranlardan daha düşüktür ve membran ekspozu meydana gelirse, gözenek yapısı alttaki dokulara müdahale etmeden uygun bir vasküler beslenmeye izin verdiği için meshin hemen çıkarılması gerekmemektedir. Kemik ogmentasyonu cerrahisinden 4 hafta sonra meydana gelen membranın açığa çıkması, greft hacminin %15-%25'inin rezorpsiyonuna neden olmaktadır (8).

İyi plastisitesi nedeniyle, titanyum mesh, bükme ve şekillendirme yoluyla çeşitli kemik düzensizliklerine uyum sağlayabilmekte ve kişiye özel olarak tasarlanabilmektedir (34). Bilgisayar destekli tasarım/üretim (CAD/CAM) teknolojisine dayanan bu teknik YKR öncesinde cerrahi süreci kolaylaştırmak amacıyla kişiye özel bir membran oluşturmaktadır (39). Kişiye özel üretilen membranlar ileri düzey vakalarda öngörülebilir greftleme imkanı sunmaktadır. TM'nin zaman alan manuel şekillendirmesine gerek kalmamaktadır. Böylece cerrahi süre açısından zaman kazancı sağlanmaktadır (39, 40). Kişiye özel TM kullanılarak yapılan çalışmalarda ortalama vertikal kemik ogmentasyonu 6,5 mm, konvansiyonel TM'lerde ise 5,91-6,91 mm olarak bulunmuştur. TM kullanılan YKR tekniklerinde komplikasyon olarak en sık meshin ekspozu ile karşılaşmaktadır. Ortalama ekspoz oranı %16,1 bildirilmektedir. (41). Kişiye özel meshlerde ise konvansiyonel meshler ile karşılaştırıldığında bu durum daha az izlenmektedir (40). Ekspoz oranı YKR'nin başarısını etkilemektedir (42).

TARTIŞMA

Estetik ve fonksiyon açısından öngörülebilir uzun vadeli bir sonuç sağlamak için yeterli hacim ve kalitede alveolar kemik bulunması gerekmektedir (4). Yetersiz kemik hacmine sahip bölgelerde kemik rejenerasyonunu sağlamak amacıyla çeşitli tedavi yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemler arasında otojen veya allojen blok greftler, distraksiyon osteogenezisi ve YKR yer almaktadır (29, 43-45). Otojen kemik, osteojenik, osteoindüktif ve osteokonduktif özelliklere sahip olması nedeniyle YKR uygulamalarında altın standart olarak kabul edilmektedir (14). Otojen greftlerin birçok avantajına rağmen, birtakım dezavantajları bulunmaktadır. Başlıca dezavantajları arasında artmış postoperatif morbidite, daha uzun operasyon süresi, elde edilen kemiğin sınırlı miktarda olması ve iyileşme sürecinde meydana gelen greft rezorpsiyonu sonucu %25'e varan hacim kaybı yer almaktadır (14, 43). Bu nedenlerle otojen greft kullanımının riskli görüldüğü durumlarda diğer alternatif greft materyallerinin kullanımı önerilmektedir (46). Rejenerasyon için alan oluşturmak temel bir gerekliliktir ve membranlar, maksimum osteoblast proliferasyonunu sağlamak için alan oluşturup, kan pıhtısını ve kemik greftini stabil tutarken bölgeyi dış etkenlerden koruyabilmelidir (19, 31).

İdeal membranı bulma çabasıyla, günümüze kadar çeşitli materyaller önerilmiştir (47). Aprile ve arkadaşları, piyasada ve klinikte yaygın olarak kullanılan membran çeşitlerinin kollajen membran, TM, e-PTFE ve d-PTFE olduğunu göstermiştir (48). 1990'larda, Hammerle ve arkadaşları e-PTFE membranı YKR için altın standart olarak kabul etmiş ve yeni membranların buna göre karşılaştırılması gerektiğini önermiştir (29). e-PTFE membranlar kullanılarak kemik rejenerasyonunun yüksek

başarısına rağmen bu materyalin birtakım dezavantajları bulunmaktadır (49). Bunlar membranın ikinci bir cerrahi müdahale ile çıkarılması gerekliliği ve membran ekspozunun bakteriyel kontaminasyona yol açabilmesidir (49). Erken bir bakteriyel enfeksiyonun meydana gelmesi rejenerasyonun sonucunu etkilemektedir (50). Son dönemlerde yapılan sistematik derlemelere göre, membranın açığa çıkması sık görülen bir durumdur ve rapor edilen ortalama insidans %11 ile %23 arasında değişmektedir (45, 51). Bu dezavantajlar, d-PTFE membranın geliştirilmesine yol açmıştır (50).

d-PTFE membran yüksek yoğunluklu bir yapıya sahip olup, %0.2 ile %0.3 μm arasında düşük bir poroziteye ve 0.13 mm ile 0.25 mm arasında değişen bir kalınlığa sahiptir (28, 52). Biyolojik olarak, bariyer özellikleri ile porozite arasındaki denge son derece önemlidir. d-PTFE' nin avantajı, düşük porozitesi nedeniyle bakterilere geçiş vermemesidir. Ancak, d-PTFE membranların düşük porozitesi, iyileşen bölgeye kan akışını sınırlayabilmektedir (53, 54). Lundgren ve arkadaşları, e-PTFE membranları kullanarak artan gözenek boyutlarıyla yapılan bir sıçan kalvariyal defekt modeliyle, 10 μm 'den büyük gözenek boyutlarının artırılmış mineralize kemik miktarı üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını, daha küçük gözenek boyutlarının ise kemik oluşumunun gecikmesine neden olduğunu göstermişlerdir (55). d-PTFE, istenmeyen bir şekilde açığa çıkma durumunda greft kontaminasyonunu önlemek amacıyla büyük kret atrofilerinin olduğu bölgelerde kullanılmak üzere önerilmiştir (56). d-PTFE membranın bir diğer avantajı ise YKR sonrasında keratinize dişetinin genişliğinin korunabilmesidir, bu durum membranın kasıtlı olarak açıkta bırakılmasıyla sağlanır (57, 58). Krauser ve arkadaşları, d-PTFE membranın açığa çıkmasından 21 gün sonra, membranın dış yüzeyinde düşük seviyede bakteri kolonizasyonu tespit etmiş, ancak iç yüzeyde hiç bakteri bulunmadığını göstermiştir (59). Ronda ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada hem e-PTFE hem de d-PTFE membranlar, vertikal defektlerin tedavisinde aynı klinik sonuçları gösterse de, d-PTFE membranın çıkarılmasının e-PTFE membrana göre daha kolay olduğu kanıtlanmıştır (7). Kinisyenler, PTFE membranlar ikinci bir cerrahi müdahale gerektirse de özellikleri, şekillendirilebilirlikleri, yapısal sertlikleri gibi avantajları nedeniyle kullanımlarına devam etmektedir (60). TM için kalınlık ve porozite mekanik özelliklerini etkileyen temel faktörlerdir (38). Kalınlığı, mekanik özellikleriyle doğru orantılıdır ve şu anda yaygın olarak kullanılan kalınlık aralığı 0,1 ila 0,6 mm'dir (37). Rakhmatia ve arkadaşları, fare modelinde TM ile kemik arttırımı etkisini 20, 50 ve 100 μm olarak karşılaştırmış ve daha ince TM'ye kıyasla 100 μm kalınlığındaki TM kullanımının daha geniş kemik rejenerasyonu etkisi sağladığını sonucuna varmışlardır (38). TM'nin porozitesinin, kan akışını sağlamada ve defekt bölgesindeki greftlerin metabolik süreçlerini kolaylaştırmada önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir (61). Celletti ve arkadaşları, TM'de gözenekler olmadan, meshin cerrahiden 3 hafta sonra açığa çıkacağını göstermiştir (62). Gözeneklerin varlığı nedeniyle TM, açığa çıkmasından sonra kemik rekonstrüksiyon bölgesinde mukozanın kendiliğinden iyileşmesine yol açabilir; bu da ePTFE veya t-PTFE'den farklı olarak, meshin açığa çıkmasından sonra enfeksiyon olmadığı sürece TM'nin hemen çıkarılmasına gerek olmayabileceğini göstermektedir (63).



Bahsedilen bariyer membranlar arasında, TM tamamen metalden yapılmış tek membrandır. Titanyumun mekanik ve biyolojik özelliklerindeki avantajları sayesinde, kemik rekonstrüksiyonunda yüksek başarı göstermektedir (37). Rezorbe olabilen kollajen membranlar ile karşılaştırıldığında, rezorbe olabilen membranlar başlangıçta kemik greft materyaline boyutsal koruma sağlasa da, membranın emilimiyle birlikte kademeli olarak bozulmakta ve bu nedenle TM ile aynı düzeyde alan koruma yeteneği sağlayamamaktadır (31). Konstantinidis ve arkadaşları, kollajen membran ile TM'nin vertikal kemik artırma üzerindeki etkisini karşılaştırmış ve kollajen membran grubunun $2,77 \pm 1,97$ mm kemik yüksekliği kazandığını, TM grubunun ise $4,56 \pm 1,74$ mm kemik yüksekliği kazandığını bulmuşlardır (64). Cucchi ve arkadaşları, dikey kemik artırma ve komplikasyon oranları açısından TM ile t-PTFE arasında anlamlı bir fark olmadığını kanıtlamıştır (65). Araştırmalar, rezorbe olabilen membranlar veya diğer rezorbe olamayan membranlardan farklı olarak, TM'nin açığa çıkmasından sonra kemik artırma bölgelerinde kemik rejenerasyonu başarısızlığının ve buna bağlı enfeksiyonun nadiren gözlemlendiğini göstermiştir (66).

Son yıllarda, rezorbe olabilen membranlar, klinik sonuçların rezorbe olmayan membranlarla elde edilenlerle karşılaştırılabilir olması nedeniyle popülerlik kazanmıştır. Rezorbe olabilen membranların, ikinci bir cerrahi müdahale gerektirmemesi avantajına sahip olmasına rağmen, şekillerini rezorbe olmayan membranlar kadar koruyamamaları, daha geniş cerrahi işlemlerde kullanılmalarını daha karmaşık hale getirmektedir (67). Öte yandan, daha yüksek komplikasyon oranlarına sahip olmalarına rağmen, rezorbe olmayan membranların, rezorbe olabilen membranlarla artırılan bölgelere kıyasla YKR uygulamalarında daha başarılı olduğu bildirilmiştir (68). Ancak, rezorbe olmayan membranların, çıkarılmaları için ikinci bir cerrahi müdahale gerekliliği, artan açığa çıkma ve sonrasında enfeksiyon riski, sınırlamalarındandır (1). Belirtilen dezavantajlara rağmen, rezorbe olmayan membranlar, greftin yüksek mekanik stabilitesi, optimal alan koruması ve mükemmel biyouyumluluk gibi avantajlar ile öne çıkmaktadır (3, 69).

SUMMARY / SONUÇ

Güncel gelişmelerle birlikte, cerrahi uygulamalarda kullanılan biyomateryaller daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Kullanılan biyomateryal doğru endikasyon, hastaya ait faktörler, çevresel faktörler, klinisyenin tecrübesi ve maliyet ele alınarak değerlendirilmelidir. Klinik uygulamadaki gereksinime en uygun seçimin yapılması için materyallerin özellikleri, sağladıkları faydalar ve sınırlamaların anlaşılması gerekmektedir. Bu faktörlerin en ideal seviyeye getirilmesi, özellikle de dokunun iyileşme mekanizması ve hastanın oral hijyen motivasyonu; sonuçlar üzerinde büyük etki yaratacaktır. Sonuç olarak, ogmentasyon prosedürü zorlu bir süreçtir ve ideal materyalin seçimi başarılı sonuçlar için ciddi bir öneme sahiptir.



Acknowledgements / Teşekkürler

Funding: None

Conflict of interest: None

References / Referanslar

1. Soldatos NK, Stylianou P, Koidou VP, Angelov N, Yukna R, Romanos GE. Limitations and options using resorbable versus nonresorbable membranes for successful guided bone regeneration. Quintessence Int. 2017;48(2):131-47.
2. Terheyden H, Raghoobar GM, Sjöström M, Starch-Jensen T, Cawood J. Preprosthetic Surgery- Narrative Review and Current Debate. J Clin Med. 2023;12(23).
3. Cucchi A, Sartori M, Aldini NN, Vignudelli E, Corinaldesi G. A Proposal of Pseudo-periosteum Classification After GBR by Means of Titanium-Reinforced d-PTFE Membranes or Titanium Meshes Plus Cross-Linked Collagen Membranes. Int J Periodontics Restorative Dent. 2019;39(4):e157-e65.
4. Poli PP, Beretta M, Cicciu M, Maiorana C. Alveolar ridge augmentation with titanium mesh. A retrospective clinical study. Open Dent J. 2014;8:148-58.
5. Cucchi A, Vignudelli E, Fiorino A, Pellegrino G, Corinaldesi G. Vertical ridge augmentation (VRA) with Ti-reinforced d-PTFE membranes or Ti meshes and collagen membranes: 1-year results of a randomized clinical trial. Clinical oral implants research. 2021;32(1):1-14.
6. Simion M, Dahlin C, Rocchietta I, Stavropoulos A, Sanchez R, Karring T. Vertical ridge augmentation with guided bone regeneration in association with dental implants: an experimental study in dogs. Clinical oral implants research. 2007;18(1):86-94.
7. Ronda M, Rebaudi A, Torelli L, Stacchi C. Expanded vs. dense polytetrafluoroethylene membranes in vertical ridge augmentation around dental implants: a prospective randomized controlled clinical trial. Clinical oral implants research. 2014;25(7):859-66.
8. Xie Y, Li S, Zhang T, Wang C, Cai X. Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology: current application and progress. Int J Oral Sci. 2020;12(1):37.
9. Sasaki JI, Abe GL, Li A, Thongthai P, Tsuboi R, Kohno T, et al. Barrier membranes for tissue regeneration in dentistry. Biomater Investig Dent. 2021;8(1):54-63.
10. Fontana F, Santoro F, Maiorana C, Iezzi G, Piattelli A, Simion M. Clinical and histologic evaluation of allogeneic bone matrix versus autogenous bone chips associated with titanium-reinforced e-PTFE membrane for vertical ridge augmentation: a prospective pilot study. Int J Oral Maxillofac Implants. 2008;23(6):1003-12.



11. Finkemeier CG. Bone-Grafting and Bone-Graft Substitutes. JBJS. 2002;84(3):454-64.
12. Kumar VV, Ebenezer S, Thor A. Bone Augmentation Procedures in Implantology. In: Bonanthaya K, Panneerselvam E, Manuel S, Kumar VV, Rai A, editors. Oral and Maxillofacial Surgery for the Clinician. Singapore: Springer Nature Singapore; 2021. p. 407-26.
13. Canullo L, Malagnino VA. Vertical ridge augmentation around implants by e-PTFE titanium-reinforced membrane and bovine bone matrix: a 24- to 54-month study of 10 consecutive cases. Int J Oral Maxillofac Implants. 2008;23(5):858-66.
14. Caldwell G, Mills M, Finlayson R, Mealey B. Lateral Alveolar Ridge Augmentation Using Tenting Screws, Acellular Dermal Matrix, and Freeze-Dried Bone Allograft Alone or with Particulate Autogenous Bone. The International journal of periodontics & restorative dentistry. 2015;35:75-83.
15. Maiorana C, Beretta M, Salina S, Santoro F. Reduction of autogenous bone graft resorption by means of bio-oss coverage: A prospective study. The International journal of periodontics & restorative dentistry. 2005;25:19-25.
16. Proussaefs P, Lozada J. The use of intraorally harvested autogenous block grafts for vertical alveolar ridge augmentation: A human study. The International journal of periodontics & restorative dentistry. 2005;25:351-63.
17. Kestra J, Barry O, Jong L, Wahl G. Long-term effects of vertical bone augmentation: A systematic review. Journal of Applied Oral Science. 2016;24:3-17.
18. Meloni SM, Jovanovic SA, Urban I, Canullo L, Pisano M, Tallarico M. Horizontal Ridge Augmentation using GBR with a Native Collagen Membrane and 1:1 Ratio of Particulated Xenograft and Autologous Bone: A 1-Year Prospective Clinical Study. Clinical implant dentistry and related research. 2017;19(1):38-45.
19. Gottlow J. Guided tissue regeneration using bioresorbable and non-resorbable devices: initial healing and long-term results. J Periodontol. 1993;64(11 Suppl):1157-65.
20. Rocuzzo M, Ramieri G, Spada MC, Bianchi SD, Berrone S. Vertical alveolar ridge augmentation by means of a titanium mesh and autogenous bone grafts. Clinical oral implants research. 2004;15(1):73-81.
21. Kirsch A, Ackermann KL, Hurzeler MB, Durr W, Hutmacher D. Development and clinical application of titanium minipins for fixation of nonresorbable barrier membranes. Quintessence Int. 1998;29(6):368-81.
22. Zhang M, Zhou Z, Yun J, Liu R, Li J, Chen Y, et al. Effect of Different Membranes on Vertical Bone Regeneration: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. Biomed Res Int. 2022;2022:7742687.
23. Fontana F, Maschera E, Rocchietta I, Simion M. Clinical classification of complications in guided bone regeneration procedures by means of a nonresorbable membrane. Int J Periodontics Restorative Dent. 2011;31(3):265-73.



24. Urban IA, Montero E, Monje A, Sanz-Sánchez I. Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical periodontology*. 2019;46:319-39.
25. Assenza B, Piattelli M, Scarano A, Lezzi G, Petrone G, Piattelli A. Localized ridge augmentation using titanium micromesh. *J Oral Implantol*. 2001;27(6):287-92.
26. Nyman S, Lindhe J, Karring T, Rylander H. New attachment following surgical treatment of human periodontal disease. *Journal of clinical periodontology*. 1982;9(4):290-6.
27. Gottlow J, Nyman S, Karring T, Lindhe J. New attachment formation as the result of controlled tissue regeneration. *Journal of clinical periodontology*. 1984;11(8):494-503.
28. Carbonell JM, Martin IS, Santos A, Pujol A, Sanz-Moliner JD, Nart J. High-density polytetrafluoroethylene membranes in guided bone and tissue regeneration procedures: a literature review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2014;43(1):75-84.
29. Hammerle C, Jung R. Bone augmentation by means of barrier membranes. *Periodontology* 2000. 2003;33:36-53.
30. Barboza EP, Stutz B, Ferreira VF, Carvalho W. Guided bone regeneration using nonexpanded polytetrafluoroethylene membranes in preparation for dental implant placements--a report of 420 cases. *Implant dentistry*. 2010;19(1):2-7.
31. Rakhmatia Y, Ayukawa Y, Furuhashi A, Koyano K. Current barrier membranes: Titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *Journal of prosthodontic research*. 2013;57.
32. Maiorana C, Fontana F, Dal Polo MR, Pieroni S, Ferrantino L, Poli PP, et al. Dense Polytetrafluoroethylene Membrane versus Titanium Mesh in Vertical Ridge Augmentation: Clinical and Histological Results of a Split-mouth Prospective Study. *J Contemp Dent Pract*. 2021;22(5):465-72.
33. Jovanovic SA, Nevins M. Bone formation utilizing titanium-reinforced barrier membranes. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1995;15(1):56-69.
34. Dere K. Horizontal ve Vertikal Yönde Yapılan Kemik Augmentasyon Yöntemleri. 2023. p. 293-307.
35. Stamp R, Fox P, O'Neill W, Jones E, Sutcliffe C. The development of a scanning strategy for the manufacture of porous biomaterials by selective laser melting. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2009;20:1839-48.
36. Aerts E, Li J, Van Steenberghe MJ, Degrande T, Jansen JA, Walboomers XF. Porous titanium fiber mesh with tailored elasticity and its effect on stromal cells. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2020;108(5):2180-91.
37. Briguglio F, Falcomata D, Marconcini S, Fiorillo L, Briguglio R, Farronato D. The Use of Titanium Mesh in Guided Bone Regeneration: A Systematic Review. *Int J Dent*. 2019;2019:9065423.
38. Rakhmatia Y, Ayukawa Y, Furuhashi A, Koyano K. Microcomputed Tomographic and Histomorphometric Analyses of Novel Titanium Mesh Membranes for Guided Bone Regeneration:



- A Study in Rat Calvarial Defects. The International journal of oral & maxillofacial implants. 2014;29:826-35.
39. Jung G-U, Jeon J-Y, Hwang K-G, Park C-J. Preliminary evaluation of a three-dimensional, customized, and preformed titanium mesh in peri-implant alveolar bone regeneration. Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. 2014;40:181-7.
40. Otawa N, Sumida T, Kitagaki H, Sasaki K, Fujibayashi S, Takemoto M, et al. Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Modeling accuracy of titanium products constructed with selective laser melting. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery. 2015;43.
41. Polo M, Poli P, Rancitelli D, Beretta M, Maiorana C. Alveolar ridge reconstruction with titanium meshes: A systematic review of the literature. Medicina oral, patología oral y cirugía bucal. 2014;19:e639-46.
42. Chan H-L, Benavides E, Tsai C-Y, Wang H-L. A Titanium Mesh and Particulate Allograft for Vertical Ridge Augmentation in the Posterior Mandible: A Pilot Study. International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry. 2015;35(4).
43. Toscano N, Shumaker N, Holtzclaw D. The art of block grafting: A review of the surgical protocol for reconstruction of alveolar ridge deficiency. JIACD. 2010;2.
44. Esposito M, Grusovin M, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington H, Coulthard P. The Efficacy of Horizontal and Vertical Bone Augmentation Procedures for Dental Implants. European journal of oral implantology. 2009;2:167-84.
45. Donos N, Mardas N, Chadha V. Clinical outcomes of implants following lateral bone augmentation: systematic assessment of available options (barrier membranes, bone grafts, split osteotomy). Journal of clinical periodontology. 2008;35:173-202.
46. Santos P, Gulinelli J, Telles C, Júnior W, Okamoto R, Buchignani V, et al. Bone Substitutes for Peri-Implant Defects of Postextraction Implants. International journal of biomaterials. 2013;2013:307136.
47. Caballe-Serrano J, Abdeslam-Mohamed Y, Munar-Frau A, Fujioka-Kobayashi M, Hernandez-Alfaro F, Miron R. Adsorption and release kinetics of growth factors on barrier membranes for guided tissue/bone regeneration: A systematic review. Arch Oral Biol. 2019;100:57-68.
48. Aprile P, Letourneur D, Simon-Yarza T. Membranes for guided bone regeneration: a road from bench to bedside. Advanced healthcare materials. 2020;9(19):2000707.
49. Simion M, Jovanovic SA, Trisi P, Scarano A, Piattelli A. Vertical ridge augmentation around dental implants using a membrane technique and autogenous bone or allografts in humans. Int J Periodontics Restorative Dent. 1998;18(1):8-23.
50. Retzepi M, Donos N. Guided Bone Regeneration: biological principle and therapeutic applications. Clinical oral implants research. 2010;21(6):567-76.



51. Wessing B, Lettner S, Zechner W. Guided bone regeneration with collagen membranes and particulate graft materials: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33(1):87-100.
52. Marouf HA, El-Guindi HM. Efficacy of high-density versus semipermeable PTFE membranes in an elderly experimental model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2000;89(2):164-70.
53. Zellin G, Linde A. Effects of different osteopromotive membrane porosities on experimental bone neogenesis in rats. *Biomaterials*. 1996;17(7):695-702.
54. Lamb JW, 3rd, Greenwell H, Drisko C, Henderson RD, Scheetz JP, Rebitski G. A comparison of porous and non-porous teflon membranes plus demineralized freeze-dried bone allograft in the treatment of class II buccal/lingual furcation defects: a clinical reentry study. *J Periodontol*. 2001;72(11):1580-7.
55. Lundgren AK, Lundgren D, Taylor Å. Influence of barrier occlusiveness on guided bone augmentation. An experimental study in the rat. *Clinical oral implants research*. 1998;9(4):251-60.
56. Cucchi A, Ghensi P. Vertical guided bone regeneration using titanium-reinforced d-PTFE membrane and prehydrated corticocancellous bone graft. *The open dentistry journal*. 2014;8:194.
57. Barber HD, Lignelli J, Smith BM, Bartee BK. Using a dense PTFE membrane without primary closure to achieve bone and tissue regeneration. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2007;65(4):748-52.
58. Matumoto EK, Corrêa MG, Couso-Queiruga E, Monteiro MF, Graham Z, Braz SHG, et al. Influence of partially exposed nonabsorbable membrane for alveolar ridge preservation: a randomized controlled trial. *Clinical implant dentistry and related research*. 2023;25(3):447-57.
59. Krauser J. High-density PTFE membranes: uses with root-form implants. *Dental Implantology Update*. 1996;7(9):65-9.
60. Rodriguez I, Selders G, Fetz A, Gehrmann C, Stein S, Evensky J, et al. Barrier membranes for dental applications: A review and sweet advancement in membrane developments. *Mouth Teeth*. 2018;2(1):1-9.
61. Gutta R, Baker RA, Bartolucci AA, Louis PJ. Barrier membranes used for ridge augmentation: is there an optimal pore size? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2009;67(6):1218-25.
62. Celletti R, Davarpanah M, Etienne D, Paecora G, Tecucianu J-F, Djukanovic D, et al. Guided tissue regeneration around dental implants in immediate extraction sockets: comparison of e-PTFE and a new titanium membrane. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 1994;14(3).
63. Park SH, Wang HL. Clinical significance of incision location on guided bone regeneration: human study. *Journal of periodontology*. 2007;78(1):47-51.



64. Konstantinidis I, Kumar T, Kher U, Stanitsas PD, Hinrichs JE, Kotsakis GA. Clinical results of implant placement in resorbed ridges using simultaneous guided bone regeneration: a multicenter case series. *Clinical oral investigations*. 2015;19:553-9.
65. Cucchi A, Vignudelli E, Napolitano A, Marchetti C, Corinaldesi G. Evaluation of complication rates and vertical bone gain after guided bone regeneration with non-resorbable membranes versus titanium meshes and resorbable membranes. A randomized clinical trial. *Clinical implant dentistry and related research*. 2017;19(5):821-32.
66. Ricci L, Perrotti V, Ravera L, Scarano A, Piattelli A, Iezzi G. Rehabilitation of deficient alveolar ridges using titanium grids before and simultaneously with implant placement: a systematic review. *Journal of Periodontology*. 2013;84(9):1234-42.
67. Miron RJ, Zucchelli G, Pikos MA, Salama M, Lee S, Guillemette V, et al. Use of platelet-rich fibrin in regenerative dentistry: a systematic review. *Clinical oral investigations*. 2017;21:1913-27.
68. Merli M, Merli I, Raffaelli E, Pagliaro U, Nastri L, Nieri M. Bone augmentation at implant dehiscences and fenestrations. A systematic review of randomised controlled trials. *Eur J Oral Implantol*. 2016;9(1):11-32.
69. Cucchi A, Chierico A, Fontana F, Mazzocco F, Cinquegrana C, Belleggia F, et al. Statements and recommendations for guided bone regeneration: Consensus report of the guided bone regeneration symposium held in Bologna, October 15 to 16, 2016. *Implant dentistry*. 2019;28(4):388-99.