

BÖLÜM 5

DENTAL İMPLANTLARDA OSSEOPERSEPSİYON

Tuba YILMAZ SAVAŞ¹

GİRİŞ

Çiğneme, motor bir hareket olup stomatognatik sistemin temel fonksiyonlarından ve beynin posterior bölümünde nöral çekirdekler tarafından kontrol edilir (1,2). Çiğneme doğal dişlerin sürmesinin ardından karmaşık bir hareket modeli sekline dönüşür. Motor sistemi aktive etmek için hafızaya alınan kalıp model kullanılır. Gıdanın parçalanarak yutulması işlemi için gerekli olan çiğneme hareketi, uyarı duyuşal kortekse iletildikten sonra olur. Periodontal ligamentlerde bulunan reseptörlerden alınan sinyallerle düzenlenen kas aktivasyonu gıdanın parçalanması esnasında gerçekleşir. Çiğneme fonksiyonunda zamanla değişimler olabilmektedir. Çünkü zamanla ve yaşlanma ile doğa dişlerde kayıp olabilmekte ve buna bağlı olarak çiğneme fonksiyonunda da bozulmalar ortaya çıkabilmektedir (1). Zamanla ortaya çıkan bu değişimlerin ve eksikliklerin telafi edilebilmesi ve hastaların beslenmesinin idamesi protetik diş hekimliğinin temel amaçlarından (3).

İmplant destekli protezler hızla artan bir taleple dişsiz hastalar için konvansiyonel tam protezler yerine iyi bir alternatif oluşturmaktadır (4, 5). İmplant destekli protezlerin tercih edilmesi için primer faktör hastaların çiğneme fonksiyonunu arttırma arzularıdır. Çiğneme fonksiyonunun rehabilitasyonu, hasta için kritik bir değerdir.

İMPLANTIN TARİHÇESİ

Bilim insanları çağlar boyunca insanların fonksiyon ve estetiğinin yeniden sağlanması için çalışmıştır. İnsanda kaybolan bir vücut parçasını yeniden yerine koyma isteği çağlar öncesinde başlamıştır. Maksilla ve mandibulada taştan, tahtadan ve hayvan dişlerden eski çağlarda faydalanılmıştır (6,7). Dental

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi AD., tuba-yilmaz@windowslive.com

implantlara ait tarihe geçen ilk bulgu ise ilk çağ dönemine ait bir Honduron iskeletinde mandibular keser diş yerine kullanılmış taş implanttır (8).

Gerçek anlamda ilk dental implant 18. yüzyılın başında altından üretilmiş kök formunda vidalardır (9). Lastik, porselen, platin, gümüş, guta-perka gibi çeşitli materyallerden yapılmış implantların varlığı bildirilmiştir (10,11). İmplantoloji döner aletlerin ve lokal anestetiklerin bulunmasının ardından başka bir boyut kazanmıştır. İlk dönemlerde çoğu yetersiz ya da başarısızlıkla sonuçlanan denemeler yapılmıştır. Dental radyograflerin kullanılmaya başlanması implantolojinin bilimsel temelleri atmış; implantın çene içinde gösterilmesi dental radyograflar ile sağlanmıştır. Amerikalı Dr. Greenfield 1913 yılında platinyum ve iridyumdan üretilen bir implantı maksiller premolar bölgesine yerleştirmiş ve radyolojik olarak görüntülemiştir (12). Bu gelişmelerden sonra çekilen bir diş yerine yapay bir malzemeden diş koyarak proteze destek sağlama fikri geliştirilmiş ve modern implantolojinin temelleri atılmıştır. Total protez kullanamayan dişsiz hastalarına 1937 yılında Müller, 1941 yılında Dahl subperiostal implantlar uygulamışlardır. Bu yöntem Avrupa ve Amerika'da yaklaşık 20 yıl kadar kullanılmıştır (13). Ancak subperiostal implantlarda ortaya çıkan başarısızlıklar implantolojiye olan ilginin zamanla azalmasına neden olmuştur.

1930'lu yılların sonlarına doğru Strock kardeşlerin vitalyum vidalar ile yaptıkları denemeler soy metaller (pasif metaller) ile yapılan ilk ciddi araştırmalardır (8). Bunu takiben birçok araştırmacı (Formiggini, Scialom, Chercheve, Sandhaus, Tramonte, Heinrich) tarafından farklı vida tasarımları denenmiştir (13).

Paslanmaz çelik, krom-kobalt-molibden alaşımları, titanyum, tantalyum ve alüminyum oksit sıklıkla kullanılan implant materyalleri arasında gelir. Titanyum blade implantlar ilk olarak 1967 yılında Linkow tarafından tanıtılmıştır. Bu implant tasarımı ile çiğneme yüklerinin kemikte mümkün olan en geniş yüzeye yayılması hedeflenmiştir. Blade implantlar tüm dünyada kabul görmüş ve başarılı olmuştur (13, 14).

İmplantolojinin gerçek temelleri Brånemark ve ark.'nın (15) 1960'larda başlattıkları çalışmalar ile olmuştur. Titanyum vidalar implant materyali olarak hayvan deneylerinde kullanılmıştır. Brånemark'ın yaptığı ilk mikroskopik çalışmalar, osteointegrasyon kavramının gelişmesine ışık tutmuştur.

Brånemark ve ark. (16) mikroskopik seviyede osseointegrasyonu "yaşayan sağlıklı kemik ile yük taşıyan implant yüzeyi arasındaki direkt yapısal ve fonksiyonel bağlantı" olarak tanımlamışlardır.

Kısa bir zamanda büyük bir gelişme gösteren dental implantoloji ve osteo-integrasyon kavramı, deneysel çalışmalardan rutin klinik kullanıma geçmiştir (17). Çeşitli cerrahi ve protetik yaklaşımların geliştirilmesi, implant materyallerinin ve implant formlarının denenmesi ile bu sistemlerin biyouyumluluğunun, doku iyileşmesinin ve fonksiyonel ihtiyaçların anlaşılması sayesinde implantoloji günümüzdeki yerini almıştır. Bu gün implantoloji tüm dünyada kabul edilen güvenilir bir tedavi modelidir. Aslında sadece dişsiz çenelerin tedavisi için kullanılmaya başlanmış olsa da endikasyon alanları genişletilerek artık neredeyse tüm diş hekimliği alanlarında, parsiyel ve tam dişsizliklerde, maksillofasial cerrahide, ortodontide kullanılmaktadırlar (16,18).

İMLANT HASTALARINDA ÇİĞNEME VE DİĞER FONKSİYONLARI DEĞERLENDİRMEK İÇİN KULLANILAN ESKİ VE YENİ YÖNTEMLER

Önceki yöntemler

Torgny Haroldson'un tezi

Haroldson'un tezi, o ana kadar yayınlanmış ya da yayınlanacak olan altı farklı çalışmayı içeriyordu. Bunlardan ilki, çene içine yerleştirilmiş osseointegre implantların ankrajını etkileyen biyomekanik faktörleri anlayabilmek amacıyla yapılmış fotoelastik bir çalışmaydı. Diğer beşi ise, Brånemark sistemine göre yapılan sabit implant destekli dental protezlerle tedavi edilen hastaların klinik çalışmasını içeriyordu. Örneğin; ısırma kuvveti, çiğneme etkinliği, kas fonksiyonlarının elektromiyografi (EMG) ile değerlendirilmesi gibi. Isırma kuvveti bir ısırma çatalına monte edilmiş gerilim iletkenleri ile kayıt edilmiştir (19,20).

Çiğneme etkinliği test gıdası olarak bademin kullanılması ve elek yöntemiyle belirlenmiştir (21). Bu objektif yöntemlerin yanı sıra, hastalara implant tedavisi öncesindeki ve sonrasındaki çiğneme fonksiyonu ile ilgili sorular sorulmuştur.

Anket kısmından elde edilen bilgilere göre 19 hastanın tümü protezlerinin stabil olduğunu ancak bunlardan 3 tanesi sert besinleri ön dişleriyle ısırma cesaret edemediklerini belirtmişlerdir. Yaklaşık olarak hastaların yarısı protez takıldığı ilk ve sonraki zamanlarda konuşma zorlukları yaşadıklarını söylemişlerdir (22).

Isırma kuvveti ölçümleri, hastaların farklı kuvvet seviyelerini ayırt etmede herhangi bir sorun yaşamadıklarını göstermiştir. Maksimum ısırma kuvveti 42

N ile 412 N arasında değişmiştir ve ortalama 144 N'dur. Bu aynı aletle ölçülen tam protez hastalarından oldukça yüksektir. İmplant hastaları ve bu hastalarla aynı dentisyon genişliğine sahip doğal dentisyona sahip kontrol grubunun çiğneme etkinliği testleri çiğneme fonksiyonunun benzer sonuçlar gösterdiğini ortaya koymuştur (23).

O zamanki yöntemlerle yapılmış EMG çalışmaları, implant hastalarının kontrol grubuyla benzer çiğneme kas fonksiyonu olduğunu göstermiştir (23,24). Daha sonraki EMG çalışmaları, implant hastalarının çene hareketleri ve sessiz periyot doğal dişlere sahip deneklerle aynı sonuçlar gösterdiği bulunmuştur. Bu da implant hastalarında her iki çenede ya da tek çenede implant olup olmamasına ya da diğer çenede total protez olmasına bakılmaksızın yapılmıştır. Bu; periodontal ya da müköz membranın sessiz periyot fenomeni için tek sorumlu olamayacağı sonucuna ulaşılmasını sağlamıştır (24).

Haraldson'un tezinin çıkarımına göre, sabit implant destekli protezlerin çiğneme fonksiyon kapasitesini doğal dentisyona eş değer derecede restore ettiğini ancak dentisyonun daha kısaltılmış arka bu şekilde olabileceği ve bunun kısaltılmış ilk nesil Brånemark implant restorasyonlara karşılık geldiği sonucuna varılmıştır (25).

Lars Lindquist'in tezi

Lindquist'in tezi dişsiz mandibula rehabilitasyonunun uzun dönem takibi üzerine yoğunlaşmıştır (26). Haraldson'un tezinde kullanılan ısırma kuvveti, çiğneme etkinliği ve çiğneme yeteneğiyle ilgili soruların yanı sıra, periimplant kemik değişiklikleri, beslenme seçimleri ve psikolojik reaksiyonlar da tezde mevcuttur.

İlk çalışmasında adaptasyonu bozuk 49 tam protez hastasının eski protezlerinin uyumu artırılmış ya da yeniden yapılmıştır. Bu değişimlerin tam protezlerin ısırma kuvvetinde ve çiğneme etkinliğinde sadece küçük ve önemsiz değişimler meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Sadece bir hasta implant yaptırmaktan vazgeçmiştir çünkü yeni protezleri onun istediği fonksiyonu yerine getirmiştir. Kalan hastalar problemlerini çözebilmek için implant tedavisini beklemeye başlamışlardır. Uzun adaptasyon sürecinin ardından daha iyi fonksiyonel sonuçlar ortaya çıkmamıştır.

Tatmin olmayan tam protez hastalarının mandibulalarını sabit implant destekli protezlerle tedavi edilmesinin ardından çiğneme yeteneği, çiğneme

etkinliği ve ısırma kuvvetleri gelişmiştir. Bu etkinlikler implantların yerleştirilmesinin ardından zamanla artmıştır (27,28). Ayrıca implant hastalarının psikolojileri de olumlu olarak etkilenmiştir (29). Bu olumlu fonksiyonel sonuçlara rağmen hastaların diyet alışkanlıkları ve diyet seçimlerinde önemli değişimler olmamıştır.

Radyografik ölçümlerin analizleri, 3 yıldan fazla bir periyodun ardından oral hijyen ve parafonksiyonel aktivitenin periimplant kemik kaybı oranını etkilediğini göstermiştir (30). Bu bağlamda bu hastaların 10 ve 15 yıllık takiplerinde, sigaranın periimplant kemik kaybında en önemli faktör olduğu belirtilmiştir (31). Biyomekanik hesaplamalara zıt olarak mandibular implant restorasyonların kantilever uzantıları, distal implantlarda çok da fazla kemik kaybına neden olmamıştır. Mandibuler distal implantlar anterior implantlardan daha az kemik kaybı göstermiştir (30).

Sture Lundqvist'in tezi

Lundqvist'in tezi, dişsiz maksillaya odaklanmış ve ısırma kuvveti ve çiğneme etkinliğinin yanı sıra, okluzal dokunma hassasiyeti, oral stereognozis, oral motor aktivite ve fonetiklerle de ilgilenmiştir (32).

Test edilen kimselerin dişlerinin arasına farklı kalınlıklarda folyolar yerleştirilerek oklüzal kalınlık algısı ölçülmüştür (33). Oral stereognozis testinde deneklerin farklı şekillerde 12 test parçasını ağızda manipüle edilerek tanımlamalarını istemişlerdir. Oral motor test ise, iki test parçasını intraoral olarak bir araya getirme girişimlerinden oluşmuştur. Farklı zorluk derecelerindeki 4 mm x 4 mm boyutlarında dört farklı test parçası kullanılmıştır. Hastaların bu parçaları tanımlama ve bir araya getirme zamanları hesaplanmıştır (34).

Fonetik çalışmalarda ise hastaların konuşmaları, konuşma patolojistleri ve uzman olmayan bir grup tarafından implant tedavisinden önce ve sonra gerçekleştirilen analizlerde incelenmişlerdir (35,36). Buna ek olarak, "S" harfinin elektropalatografik ve optoelektronik analizleri gerçekleştirilmiştir (37).

Maksiller implant destekli sabit protezler ile maksimum ısırma kuvveti 3-4 kat artmıştır ve çiğneme etkinliği tedavi sonrası üç yıllık dönemde önemli ölçüde artmıştır (38). Okluzal dokunsal hassasiyet maksiller implant destekli sabit protez tedavisinden sonra hızla artmış ve belirli bir düzeyde sabit kalmıştır. Her iki çenede de sabit implant destekli proteze veya tek çenede bu şekilde restorasyona karşıt çenede ise doğal dişlere sahip hastalarda okluzal dokunma

hassasiyeti, her iki çenede de doğal dişlere sahip bireylerin değerlerine ulaşmaktadır (33).

Hem oral stereognozis hem de oral motor yetenek maksiller implant destekli sabit protez tedavisinden sonra artmıştır (34). Deneklerin ağızlarındaki nesnelere tanımlama için kendi dişlerini kullandıkları zaman en iyi sonuçların meydana geldiği önceki testlerde gösterilmiştir. İmplant tedavisinin ardından meydana gelen gelişme muhtemelen implant destekli yeni dişlerin stabilitesinin oral motor ve duyu fonksiyonunu daha iyi hale getirmesi olabilir (32).

Fonasyon, maksillada sabit implant destekli protez tedavisinden sonra ilk 6 aya kadar bozulma göstermiştir; ancak 3 yıllık takibin ardından tedavi öncesindeki duruma yakın bir hale gelmiştir. Başlangıç fonetik problemlerden sonra, hastaların %92,3'ü 3 yıllık takip süresi sonunda konuşma problemleri çözülmüştür (35, 28). Genellikle "S" sesi, sabit implant destekli protez tedavisi ile bağlantılı olarak peltekleşerek bozulmaktadır. "S" sesinin telaffuzundaki zorluklar düşük ısırma kuvveti, temas halindeki diş kontak sayısı azlığı, çiğneme kaslarının palpasyon hassasiyeti ile ilişkilidir. Ancak protez içerisindeki interdental boşlukların büyüklüğü ile alakalı değildir. Yeni bir maksiller sabit implant restorasyonunda konuşma rehabilitasyonun oldukça uzun bir uyum süreci gerektirdiği sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda oral fonksiyonel mekanizmaların da "S" sesi üretilmesinde önemli ölçüde katkısı olduğunu bulunmuştur (37).

Son yöntemler

Krister Svensson'un tezi

Genel amaç, çene fonksiyonlarının düzenlenmesinde periodontal mekanoreseptörlerin oynadığı rolü incelemek ve hastalık veya diş tedavisinin çiğneme davranışını nasıl etkilediğini araştırmaktır. Bu bağlamda, doğal dişler üzerine yapılan sabit dental protezler ve osseointegre implantlar temel prostodontik ilgi olmuştur. Deneyler iki motor davranış görevi üzerine kurulmuştur: tut-ve-böl görevi ve manipülasyon-ve-böl görevi. Özel bir alet, tut-ve-böl görevinde ve kuvvet ölçümlerinde kullanılmıştır. Çene hareketlerini görüntülemek için ise kompleks bir alet manipülasyon-ve-böl görevinde kullanılmıştır (39).

Testlere alınan insanlar birçok gruptan oluşturulmuştur: a) ileri periodontitisli 11 hasta ve periodontal olarak sağlıklı kontrol grubu b) sağlıklı dentisyona sahip 20 denek tut-ve-böl görevini santral insizörden birinci molar diş

kadar gerçekleştirmiştir. Dört tanesi deneyleri dişlerine lokal anestezi yapılmasından sonra tekrar gerçekleştirmiştir. c) Sağlıklı doğal dentisyona sahip 15 denek tut-ve-böl görevini maksiller santral insizör ve karşıtı ile iki test yiyeceği (fıstık ve bisküvi) ile anestezi öncesi ve sonrası gerçekleştirmiştir. d) 30 denek 10'ar kişilik 3 gruba ayrılmıştır (1) her iki çenede de doğal dişler üzerine sabit protezi olan hastalar (2) her iki çenede de sabit implant destekli proteze sahip hastalar ve (3) sağlıklı doğal dentisyona sahip kontrol grubu.

Periodontal desteğini kaybetmiş denekler, sağlıklı dişlerden yaklaşık üç kat daha düşük tutma kuvvetine sahiptir (40). Sağlıklı dişlerde tutma kuvveti distale doğru gittikçe insizörden 0,6 N, birinci molara doğru 1.7, N artmaktadır. Anestezi halinde iken, tutma kuvveti normal halden yaklaşık iki kat daha düşüktür (41, 42).

Doğal dişler üzerindeki sabit protezli denekler ve sabit implant destekli protezli deneklerin tutma kuvveti doğal dentisyona sahip deneklerden 2,5 kat daha fazla bulunmuştur. İmplantlara sahip hastalar, her iki test gıdası için doğal dişlerinde sabit protez olan hastalardan önemli derecede yüksek tutma kuvveti göstermiştir (39). Gruplar arasında iki test gıdasını lokmalara bölmek için gerekli olan kuvvetler arasında önemli bir fark bulunamamıştır (39).

Prostodontik olarak tedavi edilen her iki grubun, doğal dentisyonla kıyaslandığında benzer derecede bozulmuş motor performansına sahip olduğu görülmüştür. Sabit protezlere sahip denekler mekanoreseptörlere sahip ancak sabit implant destekli protezler mekanoreseptörlere sahip olmadığı gerçeğine rağmen sonuç bu şekilde bulunmuştur. Biraz şaşırtıcı olan bu grubu açıklamak için bütün dayanak dişler mekanik olarak birleştirildiğinde, periodontal mekanoreseptörlerden gelen sinyal kalıplarının bozulduğu söylenmiştir. Periodontal mekanoreseptörleri olmamasına rağmen implant hastalarının benzer performans göstermesi, osseopersepsiyon fenomeni ile açıklanabilir (43).

Bu tezle, düşük ısırma gücü seviyeleri normal motor kontrolü için periodontal mekanoreseptörlerin sağladığı duyuşsal bilginin önemini ve dişler arasında yiyeceğin tutulması ve bölünmesi esnasında ısırma gücü üretiminin düzenlenmesinin önemi vurgulanmıştır. Periodontal dokuların azalan desteğinin ve anestezisinin, sabit dental protezlerdeki dayanak dişlerin mekanik olarak birbirlerine bağlanmasında olduğu gibi düzenlemeyi bozabileceği sonucuna ulaşılmıştır (39).

OSSEOPERSEPSİYONUN TANIMLANMASI

Milyonlarca parsiyel ya da tam dişsiz hasta osseointegre implantlarla restore edilmişlerdir. Diş çekiminden sonra periferel geribildirim mekanizmasının bir kısmı kaybolmasına rağmen, dişsiz hastalarda iyi fonksiyon görmektedir. Bu fonksiyon, dişsiz hastalar osseointegre implantlarla rehabilite edildiklerinde artmaktadır (44). İmplantların komşuluğundaki reseptörlerin aktivasyonunun geribildirim yollarının restore edilmesinden sorumlu olduğu düşünülebilir.

Oral duyu fonksiyonu birçok aktiviteyi içerir. Bunlar; mandibuler hareketlerin ve pozisyonun kontrolü, çiğneme kuvvetleri, stereognozis ve inter-okluzal dokunma hassasiyetidir (45). Bunun için, çiğneme sisteminin birçok bölgesinde yer alan periferel reseptörlerin aktivasyonu ile sinir impulsu afferent yolu izleyerek birinci veya ikinci dereceden nöronları da içine alır. Talamus ya da beyincikteki entegrasyon çekirdeğine ulaşır ve potansiyel olarak serebral korteksi aktive ederek korteksin bilinçlenmesini sağlar (46, 47).

Osseopersepsiyon, implant çevresindeki sinir sonlanmalarının ve/veya reseptörlerin aktivasyonu ile kemik destekli protezler tarafından iletilen eksternal stimulusların bilinçli bir algısı olarak tanımlanabilir (48). Kalanlar periositiumda ya da kemiğin kendi içinde yerleşebilir. İmplant yüklemesi sırasında hızlı elastik kemik deformasyonu oluşmasının periostal reseptörleri aktive ettiği düşünülmektedir. Bazen osseopersepsiyon terminolojisi daha geniş kapsamla duyu için kullanılmaktadır. Bunlar ciltten ve kaslardan gelen inputlar veya endosseöz implantlarla tedavi edilen eklem hastaları için kullanılmaktadır (49).

Dental implantların osseointegrasyonu uzun yıllardır çok çeşitli kriterler göz önüne alınarak detaylı olarak incelenmekle birlikte, daha az üzerinde durulan bir fenomen implantların nörofizyolojik integrasyonudur (47).

Temporomandibuler eklem (TME) oluşumundaki başlıca morfojenetik olaylar 7. ve 21. embriyonal haftalar arasında meydana gelir. TME gelişimi tamamlanmadan önce anne karnında çene hareketlerinin başladığı bilinmektedir. Çocuk doğduktan sonra stomatognatik sistem fonksiyonları daha çok beslenme, solunum ve vokalizasyondan oluşmaktadır. Dişler sürmeden önce TME nöromusküler gelişimi devam etmektedir. Prenatal mandibular aktiviteden neonatal fonksiyona doğru nöral aktivitede bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Dişlerin sürmesiyle birlikte çene hareketlerine yeni bir eleman eklenmiş olur. Periodontal membran dokunma, dokunulma ve proprioseptif uçları kapsayan bir ağ örgüsü karakterini geliştirir.

Periodonsiyumdaki mekanoreseptörlerin hücre çekirdekleri trigeminal gangliyonda veya trigeminal sinirin mezensefalik çekirdeğinde bulunabilir. Membrana ait proprioseptif uçlardan başlayan uyarılar trigeminal (5. kranial) sinirin mezensefalik nükleusuna gelir. Bu nükleus fonksiyonel ve parafonksiyonel hareketlerin yapılmasında önemli rol oynar ve merkezi sinir sisteminin tek duyusal nükleusu olup 7. ve 9. kafa sinirine bazı lifler taşır. Hücre gövdelerinden kollateraller mastikatör nükleusun motor hücreleri ile sinaps yapar ve böylece monosinaptik refleks daha fazla takviye kazanmış olur. Alt çenenin fonksiyonel ve parafonksiyonel hareketlerinden çiğneme kasları sorumludur (50,51).

Stomatognatik sistemin normal fonksiyonu çene kemikleri, dişler, periodonsiyum ve nöromüsküler sistemin refleks arkları ile kontrol edilen TME arasında anatomik ve fizyolojik kusursuz bir uyum gerektirir (52). Proprioseptif impuls iletimi periodontal ligamentte bulunan Ruffini mekanoreseptörlerin dokunma (taktil) stimülasyonu ile başlar. Gövdesi trigeminal gangliyonda bulunan birinci nöronu geçen impuls ikinci nörona ulaşmadan önce ana sensitif nükleusu geçer. Gövdesi talamusta bulunan ikinci nöron burada üçüncü nöron ile birleşir. Bu şekilde devam eden impuls, stimulusun motor yanıtı teklilediği primer sensitif kortekse ulaşır (53).

Periodontal ligamentte bulunan Ruffini sinir sonlanmaları, etrafını birkaç tabaka fibroblastların sardığı kollajen liflerin ve dalları bulunan miyelinsiz sinir sonlanmalarının yer aldığı geniş reseptörlerdir. Her bir reseptörün etrafında bulunan kapsül sinir uçlarıyla bağlantılıdır. Bu reseptörler basınç ve gerilime oldukça duyarlıdır. Diş kaybı periodontal ligament reseptörlerinin kaybı ve periferik feedback yollarının önemli ölçüde zarar görmesine neden olur (46,47,52). Yapılan çalışmalarda total protez kullanan dişsiz hastaların interoklüzal dokunma persepsiyonu (algısı) ve stereognozis gibi duyusal fonksiyonlarında dişli hastalara göre önemli ölçüde düşüş olduğu bildirilmiştir (45,54,55,56). Mukozal mekanoreseptörlerin periodontal ligamentte bulunan reseptörlerden daha az duyarlı olması sebebiyle periferik feedback zayıflar (47).

Osseopersepsiyon, osseointegre implant rehabilitasyonu ile ilişkili mekanosensibilite olarak düşünülebilir. Bu fenomen; kemik destekli protezlerin mekanik stimülasyonu ile ortaya çıkan; kas, eklem, mukozal, kütanöz ve periostal dokularda bulunan mekanoreseptörlerce iletilen ve sensorimotor fonksiyonu gerçekleştiren santral nöral proseste meydana gelen bir değişim olarak tanımlanabilir (57).

Heasman, tüm mandibuler dişlerin çekilmesinin ardından N. Alveolaris Inferior'un (NAI) miyelinli sinir lifi içeriğinin yaklaşık 20'sini kaybettiğini bildirmiştir (47). Bu sonuç dişleri ve periodontal ligamenti inerve eden sinirlerin bir kısmının hala NAI içerisinde mevcut olduğunu göstermektedir. Histolojik çalışmalar implantların çevresinde bir süre sonra yeni sinir lifleri oluştuğunu göstermiş ve bu liflerin doğal dişleri çevreleyen sinirlerden rejenere olabileceği bildirilmiştir (58).

Periostiyum serbest sinir uçları, kompleks kapsüllü ve kapsülsüz sinir sonlanmaları içerir. Serbest sinir uçları çığneme kasları veya derinin baskı ve gerilme uyarıları ile aktive olur. Osseointegre implantlar, doğal dişlerdeki periodontal ligamentin viskoelastik yapısına karşılık, direkt kemik-implant bağlantısı göstererek kuvvetlerin periimplant kemiğe ve periostiyuma iletilmesini sağlar (47).

Protezlerin çene kemiklerine osseointegre implantlarla direkt olarak bağlanmasının duyuusal kaybı kısmi olarak geri kazandırabileceği düşünülmektedir (47, 59). Van Steenberghe (60), dental implant uygulanan bazı hastaların tekrar normal duyularını kazandığını ve iki adet femoral implant ile tedavi edilen bir hastanın bir süre sonra yürürken sert bir zeminde mi toksa halıda mı yürümekte olduğunu ayırt edebildiğini bildirmiştir.

Kemik destekli osseointegre implantlar uzun yıllardır hem ekstremitte amputasyonlarını, hem de dişsizlik vakalarını rehabilite etmekte kullanılmaktadır. Feine ve ark. (61), implantların klinik olarak tatmin edici sonuçlar vermesinin hem fizyolojik, hem de psikolojik adaptasyon ile mümkün olabileceğini bildirmiştir. Alt ekstremitte amputasyonu gerçekleştirilen ve implant destekli protez kullanan hastaların bir süre sonra, yürürken zemindeki yapıyı ayırt edebildiği bildirilmiştir (47). Aynı şekilde, diş eksiklikleri implant destekli protezlerle rehabilite edilen hastalarda da bir süre sonra osseopersepsiyon adı verilen özel bir duyuusal algılama geliştiği literatürde rapor edilmiştir (61).

Tüm bunların yanı sıra, osseopersepsiyon fenomeninin mekanizması halen açık olarak tanımlanamamıştır. Bu algılamanın, kemikte bulunan reseptörlerden kaynaklandığı veya hem motor hem de duyuusal fonksiyonları içerdiği konusunda kesin görüş birliği sağlanamamıştır.

Batista ve ark. (52), yaptıkları çalışmada hastalarda nörofizyolojik sersöriyel geri kazanımı incelemiştirler. Bu çalışmada 6 grup hasta ile çalışılmıştır.

Bu gruplar; her iki çenede konvansiyonel total protez kullanan grup (A); bir çenede konvansiyonel total protez, diğer çenede implant destekli hareketli protez kullanan grup (B1); bir çenede implant destekli sabit protez, diğer çenede konvansiyonel total protez kullanan grup (B2); her iki çenede de implant destekli sabit protez kullanan grup (B3); bir çenede implant destekli sabit protez kullanan, diğer çenede doğal dentisyona sahip grup (B4) ve her iki çenede de doğal dentisyona sahip grup (C) olarak tanımlanmıştır. Araştırmacılar taktıl eşik değeri (tactile threshold) yöntemini kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, her hasta grubunda maksiller ve mandibuler premolar dişleri arasına 3 mm eninde, 15 mm botunda ve sırasıyla 10, 24, 30, 50, 80 ve 104 mikrometre kalınlıklarında alüminyum folyo yerleştirilerek hastalara dişlerinin arasındaki cismi hissedip hissetmediklerini sormuşlardır. Her folyo için 20 kez tekrarlanan ölçümler sonucunda grupların ortalama değerleri sırasıyla 92, 27, 27, 14, 10 ve 10 mikrometre olarak tespit edilmiştir (52).

Araştırmacılar, Jang ve Kim (62) ile Jacobs ve Van Steenberghe'nin (47) çalışmalarına paralel şekilde, her iki çenede implant destekli protez kullanan veya bir çenede implant destekli proteze, diğer çenede ise doğal dentisyona sahip olan hastaların tamamen doğal dentisyon grubuna benzer skorlar gösterdiğini rapor etmiştir (62,63). Her iki çenede de konvansiyonel total protez kullanan hastaların sadece tek çenede bile implant destekli protez kullanılmasıyla taktıl eşik değerinin yaklaşık 3 kat düştüğünü gösteren bu çalışma sonuçları, Wada ve ark. (58), implant çevresindeki kemikte yeni serbest sinir uçlarının ve periodontal ligamentin kısmi olarak rejenerere olduğu görüşünü desteklemektedir.

Jacobs ve Van Steenberghe (47) yayınladıkları çalışmada; osseointegre implantların periodontal ligamentin viskoelastik özellikleri ile değil, kemik-implant birleşimindeki kemiğin elastik özellikleri ile kuvvet transferi gerçekleştirdiğini ve kuvvetin kemiğe direkt olarak iletilmesi sonucu, kemikte meydana gelen mikro deformasyonun periimplant kemikte ve periostiyumda bulunan reseptörlerde aktivasyon meydana getirdiği rapor edilmiştir (47).

Osseopersepsiyon fenomeninin histolojik, nörofizyolojik ve psikofiziksel kanıtları çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir. Bu sonuçlar ışığında periferik feedback yollarının osseointegre implantlar ile kısmi olarak restore edilebileceği ve implant destekli protezler ile daha doğal fonksiyon sağlanmasının mümkün olduğu bildirilmiştir (53,62,63,64).

Osseyepsiyona katkıda bulunan potansiyel mekanoreseptörler

Ortak mekanoreseptörler

TME'de düşük eşikli mekanoreseptörler bulunur. İnsanlarda bu reseptörler koruyucu bir rol oynar ve ayrıca hareketlerin ve eklemlerin pozisyonlarının sinyallenmesinde sınırlı bir role sahiptir (65).

Kas mekanoreseptörleri

Kasla ilişkili başlıca mekanoreseptörler Golgi tendon organlarıdır. Golgi tendon organları, az sayıda ekstra fusal kas lifi ile seri olarak kas-tendon kavşağında bulunur. Kas kasılması ile kas liflerinin çekilmesi Golgi tendon organlarını aktive eder. Çene kaslarıyla ilişkili Golgi tendon organları, kas kasılmasının düzenlenmesinde ve kas içi gerilimin bildirilmesinde önemli bir rol oynar. Bu reseptörler, doğal deşarj ile birlikte, ısırma gibi istemli kasılmalar sırasında oluşan kas içi gerilim hissine önemli katkılarda bulunur (66).

Mukozal mekanoreseptörler

Doğal dişlerin bulunduğu yerlerde, periodontal mekanik reseptörler, rafine edilmiş interdental ayırt edici fonksiyon için önemlidir. Tam protezlerin karşıtı olan implant destekli protezlerde, protezin altındaki mukozal reseptörlerin aktivasyonundan oral kinestetik algıya bir katkı gelebilir (67). Oral mukozada Meissner korpüskülleri, glomerüler uçlar, Merkel hücreleri, Ruffini benzeri uçlar ve serbest sinir uçları dahil olmak üzere farklı tipte mekanoreseptörler tanımlanabilir (49).

Periosteal mekanoreseptörler

Periostium, serbest sinir uçları ve karmaşık kapsüllenmemiş ve kapsüllenmiş uçlar içerir. Serbest sinir uçları, çiğneme kaslarının ve cildin hareketi yoluyla periostun basıncı veya gerilmesi ile aktive edilir (49). Çene kemiğindeki osseointegre implantlara kuvvet uygularken, kemikte oluşan basıncın bazen kemiğin ve çevresindeki periostun deformasyonuna izin verecek kadar büyük olduğu varsayılabilir (47).

Peri-implant kemik innervasyonunun ossepersepsiyondaki rolü

Osseointegre implantların fizyolojik entegrasyonu, oral fonksiyonu etkileyen peri-implant innervasyonların varlığını gösterir. Bununla birlikte, literatür gözden geçirilirken, bu innervasyonun rolünün sadece kısmen anlaşıldığı so-

nucuna varılabilir. Çeşitli hayvan çalışmaları, implant yerleştirme ile ilişkili kemik innervasyon paternlerindeki değişiklikleri araştırmıştır (68,69).

Canlı ve nekrotik kemik dokusu arasındaki ara yüzde, kemiğin yeniden şekillenmesi ve büyümesine dahil olan sinir liflerinin varlığı, sinir liflerinin implant yerleştirilmesinden sonra yenilenebileceğini göstermiştir. Dos Santos Cor-pas ve ark. (70), insanlarda osseointegre implantların etrafındaki peri-implant sinir liflerini tanımladı. Hem miyelinli hem de miyelinsiz sinir lifleri, implant dişlerinin yakınındaki osteonal kemiğin Havers kanallarının içinde tanımlanabilir. Miyelinli lifler de implant çevresindeki dokuma kemikte bulunuyordu. Ancak implantların çevresinde farklılaşmış sinir uçları gözlenememiştir. Bu çalışma, insan peri-implant kemiğinde sinir liflerinin varlığını göstermektedir, bu nedenle peri-implant kemik innervasyonunun osseopersepsiyon fenomenindeki rolü göz ardı edilemez.

Histolojik altyapı

Diş kaybı, büyük sayıda duyu sinir liflerinin kaybına neden olmaktadır. Bu örneğin, hedef organ ve distal endonöral tüplerin kaldırılması gibi bir amputasyona karşılık gelmektedir (71). Diş kaybindan sonra sinir gövdeleri dejenere olur çünkü soket kemikle dolar ve sinirler stimülasyonu kaybeder (72). Diğer bir ihtimal de sinir liflerinin üstte yer alan oral mukoza gibi diğer yapıları inerve etmesi olabilir (73). Lidden ve Scott (74), iyileşmiş çekim soketlerindeki periodontal orjinli sinirleri stimüle edebilmişlerdir. Bu da sinir uçlarının hala derin alveoler kemikte var olduğunu göstermektedir.

İmmunokimya, nörofilamanların belirteç olarak kullanılmasıyla periimplant bölgelerinde birkaç işaretlenmiş bölge ortaya koymaktadır. Ancak, bu yapıların fonksiyonu ile ilgili herhangi bir sonuca ulaşılmamıştır (75). Diğer bir histolojik araştırma; mongrel köpeklerle yapılan bir çalışmada, diş çekiminin ardından imediyat yerleştirilen implantların yüzeyi ile sinirler arasında yakın kontaklar göstermiştir. Bu çalışmadaki yazarlar bu liflerin diş çekiminden önce periodontal ligamenti inerve eden nöral lif kalıntılarında orjin alabileceğini söylemişlerdir. Yazarlar, implant materyalinin tipinin dokunma duyusunun geri dönüşümünün derecesini etkileyebileceğini kabul etmişlerdir (76,77). İntramedüller osseointegrasyonu keşfetmek için oluşturulan bir kemirgen modelinde, implantlara bitişik remodele kemikte sinir fiberleri tespit edilmiştir (78). Mongrel köpeklerinde erken yüklenen screw tip implantlarda, vida dişleri altında konsantre çok ince nörofilaman pozitif sinir lifleri implant

yüzey tipinden etkilenmeksizin gözlemlenmiştir (58). Yük transferinin inner-vasyonu arttırabildiği öngörülmüştür.

Bazı yazarlar, oral implantların fonksiyonel mobilite ile birlikte hayat boyunca adaptasyon mekanizmalarını geliştirmek ve fizyolojik migrasyona izin vermek için tercih edilebileceğini söylemişlerdir (79,80). Bu noktayla ilgili olarak, bazı çalışmalarda implant çevresinde sement ve periodontal ligament oluşumu gösterilmiştir (79,80,81). İmplantlar yerleştirilme sırasında periodontal ligament dokusu ile yakın temasta olmasa bile, implantlar tamamen veya kısmen periodontal ligament ile temas haline gelir (82). İmplant çevresindeki bu periodontal ligament, normal bir dişte olan periodontal ligament gibi kollajen fibriller ve kan damarları içerir. Periimplant gingiva ya da alveoler mukozayla ilgili hayvan çalışmaları, periimplant gingivada rejenere olmuş sinir liflerinin dental birleşme epitelindeki sinir lifleri gibi normal nöral karakter gösterdikleri ortaya koymuştur (83).

Duyusal fonksiyon

Endosseöz implantların mekanosensitivitesinin nörofizyolojik kanıtı

Kedilerde kaninler bölgesine yerleştirilen maksiller implantların afferent infra-orbital sinirde aksiyon potansiyeli oluşturmadığı gösterilmiştir (84). Ancak başka bir çalışmada ise, implantlar çevresindeki maksiller kemiğin hafif veya güçlü mekanik ve termal uyarınları algılayabilme özelliği olduğu gösterilmiştir (85). Mongrel köpekleriyle yapılan başka bir hayvan çalışması; implant yüklemesinin ardından, NIS sinirinde bir aksiyon potansiyeli oluşabileceğini göstermiştir (86).

Refleks fonksiyonu

Oral implantlarla rehabilite edilen hastaların çiğneme kas fonksiyonları doğal dentisyona sahip bireylere benzerdir. Kas aktivitesini; kaç yıldır protez kullanıldığı, kalan diş sayısı ve protetik rehabilitasyonun genişliği etkileyebilir (24).

Periodontal ligamentte yer alan reseptörler insanların çene-kapama kas kontrolünde rol oynar ancak sadece bu tek afferent yol değildir. Bu fonksiyonda ayrıca diş pulpası, mukoza, kaslar, tendon, eklem reseptörleri de yer alır (87,88,89).

Kısmi ya da tam dişsiz hastalarda mekanik ya da akustik stimuluslar, maseter kasında bir inhibitör refleks cevaba yol açar. Diş çekiminden sonra, travmatik oklüzyondan koruyan çiğneme kaslarının koruyucu refleksleri ortadan

kalkar. İmplant stimülasyonun bu tür refleksi indüklediği ancak daha yüksek bir eşikte bunu yaptığı gösterilmiştir. Kedilerde maksiller implanta uygulanan rampa stimulusunun altında hızlı kuvvet uygulama durumundayken önemli bir çene-kapama inhibisyonuna neden olmadığı ortaya çıkmıştır. Bunun için en olası açıklama, sonradan üretilen bu titreşimlerin, dişlerden kalan periodontal ligament reseptörleri gibi uzak sinir reseptörlerini tetikleyebildiğidir. İnsanlarda da benzer gözlemler yapılmıştır. İmplant destekli sabit protezlerle rehabilte edilen tam dişsiz hastalarda, “sessiz periyot” değil, çene kapama kaslarında geçici bir inhibitör refleksi EMG’de saptanabilir. Bazı dişler ağızda kaldığında, protezle bağlantılı olmasa bile net bir inhibitör refleksi ortaya çıkabilir (90,91,92,93).

Oral implantların psikofiziksel değerlendirilmesi

Nörofizyolojik kayıtların yanı sıra, araştırmalar osseopersepsiyonu araştırmak için non-invaziv yöntemler üzerine yoğunlaşmıştır. Duyu fonksiyonlarını değerlendirmek için kullanılan psikofiziksel testler, deneye ve çevresine uygun bir konsantrasyon gerektirir. Standardize edilmiş bir metodoloji ölçülebilir ve tekrarlanabilir sonuçlar üretmek için kesinlikle gereklidir. Böyle yapıldığında, maymunlarda kanıtlandığı gibi, psikofiziksel eşik düzeyleri nörofizyolojik olanlarla uyum içinde olabilir. Eşik seviye değerleri için, deneklere arka planda “gürültü” olarak adlandırılan uyarıyı ayırt etmesi istenilir (94).

Bu ayırım, aktif ve pasif eşik değerler arasında yapılır. Pasif eşik değerler, özneye herhangi bir fiziksel hareket yapılmaksızın dişe veya implanta pasif olarak uygulanan bir stimulus anlamına gelir. Bu tip bir karşılaştırma, periodontal ligament nöral reseptörleri ile kemik içindeki nöral reseptörlerin rollerinin her birinin ayrı ayrı anlaşılmasına olanak tanır (95). Aktif eşik değerinde (tespit), öznenin antagonistik diş veya implantların arasına yerleştirilen farklı büyüklüklerdeki nesnelere dokunmasını ya da manipüle etmesi istenir. Öznenin nesnelere dokunmasını hissetmez bildirmeleri istenir. Öznenin tespiti de içeren cevap seviyesi, periodontal ligament reseptörlerinin mevcudiyetine (dişler hala mevcut ise), kemik ve kas reseptörleri vs. bağlıdır (67).

İnsanlarda, implantların pasif eşik değeri dişlerden 50 kat daha yüksek, aktif eşik değeri ise dişlerden ortalama 6 kat daha yüksektir (67). İmediyat yüklenme yapılan bir çalışmada, implantlar iyileşme sırasında pasif dokunma duyarlılığında önemli derecede artış göstermiştir (96). Bu durumun klinik etkileri düşünülecek olursa, tamamen implantla tedavi edilen hastaların okluzal bo-

zuklukları, sağlıklı periodonsiyumlu doğal dentisyona sahip bireylerden daha az tespit edebilme yeteneğine sahip olduğu söylenebilir (97).

Vibrotaktil hassasiyet (dinamik eşik tespiti) osseointegre implantlarla test edilmiş ve doğal dentisyonla hatta tam protezlerle de karşılaştırılmıştır. İnsanlarda yapılan araştırmalar, doğal dişlerin implantlardan biraz daha iyi vibrotaktil değerler gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. İlginç olarak, bu tür titreşimlerin tespiti, doğal dişlere anestezi yapılıp implantlarla kıyaslandığında bozulmuştur. Titreşimlerin, periodontal ligamentin anesteziden dolayı azalmış iletim yeteneği yüzünden, uzak nöral reseptörlere iletimin osseointegre implantların rijit ara yüzleri üzerinden daha etkili bir şekilde yapılması muhtemel bir açıklama olarak öne sürülmüştür (98).

Osseopersepsiyon ve iskeletsel rekonstrüksiyon

Kol ve bacaklarda, soket protezlerde uygulanan titreşimler tarafından tetiklenen kütanöz duyu algısı ile endosseöz implantların vibrotaktil uyaran eşiği karşılaştırılmıştır. Her çeşit reseptöre ayrıca uzak olanlara da titreşim uygulanmıştır. Hastalar, implant destekli bacak protezlerinde, soket protezleriyle kıyaslandığında artmış bir persepsiyon ve özel bir his bildirmişlerdir (59). Bu şekilde daha iyi bir uyum ve daha doğal bir fonksiyon elde edilebilir. Osseointegre parmak protezleriyle hastalar dokunma uyarısına karşı normal bir algılamaya sahip olurlar ve böylece hastalar günlük yaşamlarındaki aktivitelerini en iyi şekilde gerçekleştirebilirler (99).

Klinik etkiler

Birçok çalışma implant yerleştirilmesinin ardından maksimum okluzal kuvvetin zamanla arttığını göstermiştir. Ayrıca "ısıрма esnasında implantlara ya da üst yapılarına zarar verme korkusu" bu tip araştırmaları zorlaştırmaktadır (100,101). Zamanla ısırma kuvvetinin artmasını açıklayan sebeplerden biri, hastaların güvenidir. İmplantla rehabilite edilen hastaların, koruyucu mekanizmaları sebebiyle çiğneme ya da dişlerini sıkma kuvvetlerini sınırladıkları olası görünmektedir (102). Bu durum, üst yapılarda görülen ciddi mekanik zararların sınırlı insidanda olması ile klinik olarak da onaylanmaktadır (103).

Klinik etkiler hem hasta hem de klinisyen düzeyindedir. İmplantların aktif eşik düzeylerinin doğal dentisyondan daha fazla olması yüzünden, oklüzyonu kontrol eden diş hekimi hastanın algısına güvenmemelidir. Protetik rehabilitasyon için kullanılan materyale bağlı olarak da okluzal ayırma bir fark oldu-

ğu da dikkate alınmalıdır (104). Rijit metal altyapıya bağlanan plastik dişler 400 mikrometre çevresinde bir okluzal algıya sahipken, metal seramik restorasyonlar için hastalar, 20 mikrometre ya da daha az folyo kalınlığını algılayabilirler (45). İmediyat yükleme protokollerinin fizyolojik faktörleri de içermesi gerekmektedir (105).

Hastalar birkaç hafta boyunca çiğneme kuvvetlerini sınırlamaları için teşvik edilmelidir. Bu da kemik ile implant arayüzünde sinir sonlanmalarının ortaya çıkması için geçen süreye tekabül eder ve implantlar ile algı artar. Bu oluşum esnasında ve hatta sonrasında, doğal dentisyonu koruma altına almak için akıllıca olabilir (93).

Heckmann ve ark. (106), yaptıkları uzun dönem çalışmada kineisografik ve elektromiyografik parametrelerin implant yerleştirilmesinden olumlu etkilenip etkilenmediğini ve elde edilen durumun zamanla kalıcı olup olmadığını araştırmışlardır. Dişsiz hastalarda nöromusküler sistemin fonksiyonel adaptasyonu restorasyonun 4 farklı durumunda kaydedilmiştir: uyumsuz eski protezler, yeni tam protezler, implant destekli overdenture protezler ve 10 yıldır kullanılan implant destekli overdenture protezler. Restorasyonun her fazında, nöromusküler adaptasyon vertikal açılma, frontal ekstansiyon ve kapama hızı gibi miyodinamik parametrelerin temelleri ne dayanarak ölçülmüştür. Masse-ter ve temporal kasların EMG parametreleri simultane olarak ölçülmüştür. Sonuçlarda miyodinamik ve EMG parametrelerinde genel olarak bir artış ortaya çıkmıştır. Sonuçların hepsi normal dişli hastaların değerlerine yaklaşmıştır ve bu seviyesini 10 yıllık bir süre boyunca korumuştur. İkinci ve üçüncü durum arasındaki önemli değişimler; protezlerin implantla stabilizasyonunun nöromusküler parametrelerin ani artışı ile birlikte olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, yaşlı dişsiz hastalarda, iki interforaminal implant tedavisi sağlıklı dişlerin gösterdiği değerlere yakın bir şekilde nöromusküler adaptasyonu sağlar. Böylece, implantların bilinen doku koruması ve fonksiyon artmasıyla birlikte nöromusküler adaptasyonu da arttırdığı söylenebilir (106).

Grigoriadis ve ark. (107); her iki çenede de implant destekli köprüleri olan insanlarda, periodontal reseptörlerin yokluğunda çiğneme esnasında yiyeceğin sertliğine göre çene kaslarının aktivitesinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma için her iki çene de implant destekli köprülere sahip 13 hasta ve 13 doğal dentisyona sahip hastadan yumuşak ve sert jelatin bazlı model yiyecekleri çiğneyip yutmaları istenmiştir. Bu esnada masseter ve

temporal kasların EMG aktiviteleri bilateral olarak birlikte kaydedilmiştir. Her iki grupta da besinin sertliğinin artmasıyla birlikte, çiğneme döngüsü sayısı ve mastikatör sekansta artış olmuştur. Ancak sadece dişli grupta çene hareketlerinin vertikal ve lateral genliği ve çene açılma hızı yiyeceğin sertliğinin artmasıyla önemli ölçüde artmıştır. Her iki grupta yiyeceğin sertliğine göre EMG aktivesinin adapte olmasına karşın, yiyecek sertliğinin artmasına EMG aktivitesinde implant olan katılımcılar doğal dişlere sahip katılımcılardan daha zayıf bir artış göstermişlerdir. Buna ek olarak, çiğneme sekansının ilerlemesi esnasındaki kas aktivesinde implant grubu dişli gruptan önemli derecede daha az düşüş göstermiştir. Sonuç olarak; implant destekli köprülere sahip insanlar çiğneme esnasında gıda sertliğine bozulmuş bir adaptasyon göstermektedirler. Yazarlar, periodontal mekanoreseptörlerden gelen duyu sinyalleri eksikliğinden dolayı bu bozulmanın gerçekleştiğini öne sürmüşlerdir (107).

Çeşitli implant destekli protezlerdeki psikofiziksel bulgular, uzvun daha iyi fizyolojik entegrasyonuna yol açan gelişmiş bir dokunsal işlevi doğrulamaktadır (67). Diş implantının neden olduğu stimülasyonun, eşik seviyelerini anlamak için birkaç klinik çıkarım göz önünde bulundurulmalıdır. İmplant destekli protezlerin restorasyonu sırasında uzmanlar hastanın oklüzyon algısına güvenmemelidir. Bu bağlamda diş hekimi, implant yerleştirildikten sonra iyileşme döneminde giderek artan dokunsal fonksiyona da dikkat etmelidir. Bu durum imediyat yükleme protokolleri ile uğraşırken özellikle önemli olacaktır. Suboptimal geri bildirim mekanizmalarıyla ilgili her türlü oklüzal aşırı yüklenmeyi önlemek için, hastalara implant iyileşme döneminde yumuşak yiyecekler vererek çiğneme kuvvetlerini sınırlamaları talimatı verilmelidir. Gıcırdatma veya diş sıkma gibi parafonksiyonel alışkanlıklar da implant iyileşme evresini olumsuz etkileyebilir. Bruksizm, imediyat yükleme protokolleri için nispeten kontrendikedir (108,109). İmplant destekli protezler için aktif eşik seviyesinin doğal dişlere göre daha yüksek olduğu bilindiğinden, diş hekimi oklüzal değerlendirme sırasında dikkatli olmalıdır (48). Hastalar, kemik/implant ara yüzündeki nöral sonlanmaların ortaya çıkması ve implantlar aracılığıyla algnın iyileşmesi için gereken süreye tekabül eden birkaç hafta boyunca çiğneme kuvvetlerini sınırlamak için bilgilendirilmelidir (110).

SONUÇ

Kemik içi implantların uzuv veya diş amputasyonlarını iyileştirdiği kanıtlanmıştır. Bu tür kemiğe yerleştirilen protezlerle iyi bir klinik başarı elde etmek

için implant(lar)ın fizyolojik ve psikolojik entegrasyonunun anlaşılması gerekir. Dental implant destekli restorasyonlara sahip hastaların klinik sonuçları, literatürde belgelendiği gibi bir süre sonra duyuşsal algının varlığını göstermektedir (111). Merkezi sinir sisteminin plastisitesine ilişkin mevcut kanıtlar, hastaların dental durumlarındaki bu değışikliklere uyumunun anlaşılması için olası bir nöral temel sağlar. Böylece, dişlerin ve periodontal yapının kaybedildiği durumlarda diğer periferel reseptörlerin baskın olduğu, afferent projeksiyonları sensorimotor kortekse iletlediği ve kemik ankrajlı implant restorasyon bölgesine uyarılar sağlayarak kompanse ettiği ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, osseopersepsiyon olgusunu anlamak ve dolayısıyla araştırmacıların daha iyi çığneme sonuçları ve implant destekli restorasyonların başarısı ile optimize edilmiş diş implantları tasarlamasına yardımcı olmak için uzun vadeli sonuçları olan daha fazla klinik çalışmayı içeren daha fazla araştırma gereklidir (111).

Hem subjektif hem de objektif değerdendirmelere göre, implant tedavisinden sonra hastaların yaşantıları ve oral fonksiyonlarının büyük ölçüde gelişmektedir. Son çalışmalar, ısırma ve çığneme esnasında periodontal mekanoreseptörlerin rolünün önemini göstermiştir.

KAYNAKLAR

1. Çalıklkocaoğlu S. Tam protezler, İstanbul. 1998; Cilt 2: 712-725.
2. Henrikson T, Ekberg E, Nilner M. Masticatory efficiency and ability in relation to occlusion and mandibular dysfunction in girls. *International Journal of Prosthodontics* 1998; 11: 125-132.
3. Özdemir Ö, Akören C. Tam protezlerde çığneme etkinliği. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2010(3), 60-69.
4. Batenburg RH, Meijer HJ, Raghoobar GM, et al. Treatment concept for mandibular overdentures supported by endosseous implants: a literature review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 1998;13:539-45.
5. Stellingsma C, Vissink A, Meijer HJ, et al. Implantology and the severely resorbed edentulous mandible. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine* 2004;15:240-8.
6. Ring ME. A thousand years of dental implants: A definitive history- Part 2. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 1995; 16:1060-1069
7. Ring ME. A thousand years of dental implants: A definitive history- Part 1. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 1995; 16:1060-1069
8. Schroder A, ("A Brief History of Implantology"). In; Schroeder A., Sutter F., Buser D., Krekeler G. (2.eds). Oral Implantology Georg Thieme Verlag Stuttgart New York. 1996,60-63.
9. Weinberg LA. Biomechanics of force distribution in implant-supported prostheses. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 1993; 8(1) :19-31
10. Andrews RR. Prehistoric crania from central America. *International Dental Journal* 1893; 3:914-915.

11. Berry A. Lead roots of teeth for implantation. *Journal of Dental Sciences* 1888;8:549-553.
12. Greenfield E.J. An artificial root. *The Dental Brief* 1910;15:837
13. Brandt Hans H. Einleitung . In; Brandt Hans H (eds). Einführung in die Implantologie München; Wien; Baltimore 1996: Urban und Schwarzenberg 1- 4.
14. Hahn JA, The Blade implant. *The Journal of the American Dental Association*, 1990; 121:394-402.
15. Brånemark P-I, Adell R, Breine U, et al. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. Experimental studies. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery* 1969; 3:81-100.
16. Brånemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T (eds.) Tissue- Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry. Chicago: Quintessence, 1985.
17. Zarb GA, Albrektsson T. Osseointegration: A requiem for the periodontal ligament? (guess editorial) *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 1991;11:88-91.
18. Misch CE. Dental implant prosthetics. Mosby Inc. 2005.
19. Helkimo E, Carlsson GE, Carmeli Y. Bite force in patients with functional disturbances of the masticatory system. *Journal of Oral Rehabilitation* 1975;2 :397-406.
20. Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Bite force and state of dentition. *Acta Odontologica Scandinavica* 1977;35:297-303.
21. Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Chewing efficiency and state of dentition. A methodologic study. *Acta Odontologica Scandinavica* 1978;36:33-41.
22. Haraldson T, Carlsson GE. Bite force and oral function in patients with osseointegrated oral implants. *Scandinavian Journal of Dental Research* 1977;85:200-8.
23. Haraldson T, Carlsson GE, Ingervall B. Functional state, bite force and postural muscle activity in patients with osseointegrated oral implant bridges. *Acta Odontologica Scandinavia* 1979;37:195-206.
24. Haraldson T, Ingervall B. Muscle function during chewing and swallowing in patients with osseointegrated oral implant bridges. An electromyographic study. *Acta Odontologica Scandinavia* 1979;37:207-216.
25. Haraldson T. Functional evaluation of bridges on osseointegrated implants in the edentulous jaw (dissertation). Goteborg: University of Goteborg; 1979.
26. Lindquist LW. On prosthetic rehabilitation of the edentulous mandible (dissertation). *Swedish Dental Journal* 1987;(Suppl. 48).
27. Lindquist LW, Carlsson GE. Long-term effects on chewing with mandibular fixed prostheses on osseointegrated implants. *Acta Odontologica Scandinavia* 1985;43:39-45.
28. Lindquist LW, Carlsson GE, Glantz PO. Rehabilitation of the edentulous mandible with a tissue-integrated fixed prosthesis: a six-year longitudinal study. *Quintessence International* 1987;18:89-96.
29. Blomberg S, Lindquist LW. Psychological reactions to edentulousness and treatment with jawbone-anchored bridges. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 1983; 68:251-62.
30. Lindquist LW, Rockler B, Carlsson GE. Bone resorption around fixtures in edentulous patients treated with mandibular fixed tissue-integrated prostheses. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1988;59:59-63.
31. Carlsson GE, Lindquist LW. Ten-year longitudinal study of masticatory function in edentulous patients treated with fixed complete dentures on osseointegrated implants. *The International Journal of Prosthodontics* 1994; 7:448-453.
32. Lundqvist S. Speech and other oral functions (dissertation). *Swedish Dental Journal* 1993;(Suppl. 91).
33. Lundqvist S, Haraldson T. Occlusal perception of thickness in patients with bridges on osseointegrated oral implants. *Scandinavian Journal of Dental Research* 1984;92:88-92.

34. Lundqvist S, Karlsson S, Fransson B. Oral stereognosis and motor ability before and after treatment with a fixed maxillary prosthesis on osseointegrated implants. In: Lundqvist S. Speech and other oral functions (dissertation). *Swedish Dental Journal* 1993;(Suppl. 91):paper III.
35. Lundqvist S, Haraldson T, Lindblad P. Speech in connection with maxillary fixed prostheses on osseointegrated implants: a three-year follow-up study. *Clinical Oral Implants Research* 1992;3:176–80.
36. Lundqvist S, Lohmander-Agerskov A, Haraldson T. Speech before and after treatment with bridges on osseointegrated implants in the edentulous upper jaw. *Clinical Oral Implants Research* 1992;3:57–62.
37. Lundqvist S, Karlsson S, Lindblad P, et al. An electropalatographic and optoelectronic analysis of Swedish [s] production. *Acta Odontologica Scandinavica* 1995;53:372–80.
38. Lundqvist S, Haraldson T. Oral function in patients wearing fixed prosthesis on osseointegrated implants in the maxilla: 3-year follow-up study. *Scandinavian Journal of Dental Research* 1992;100:279–83.
39. Svensson K. Sensory-motor regulation of human biting behavior. Thesis for doctoral degree (Ph.D.). Stockholm: Karolinska Institutet; 2010.
40. Johansson AS, Svensson KG, Trulsson M. Impaired masticatory behavior in subjects with reduced periodontal tissue support. *Journal of Periodontology* 2006;77:1491–7.
41. Johnsen SE, Svensson KG, Trulsson M. Forces applied by anterior and posterior teeth and roles of periodontal afferents during hold-and-split tasks in human subjects. *Experimental Brain Research* 2007;178:126–34.
42. Svensson KG, Trulsson M. Regulation of bite force increase during splitting of food. *European Journal of Oral Sciences* 2009;117:704–10.
43. Carlsson GE. Early in contrast to recent methods to evaluate masticatory function in implant patients. *Journal of Prosthodontic Research*, 2012; 56: 3–10.
44. Branemark P-I. Biomechanical aspects of load transfer to bone which could trigger osseoperception; how the concept of osseoperception evolved. In: Jacobs R, ed. Osseoperception. Leuven: Catholic University Leuven; 1998: 43–46.
45. Henry PJ. Oral implant restoration for enhanced oral function. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 2005;32:123–127.
46. Abarca M, Van Steenberghe D, Malevez C et al. The neurophysiology of osseointegrated oral implants. A clinically underestimated aspect. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2006; 33: 161–169.
47. Jacobs R, Van Steenberghe D. From osseoperception to implant-mediated sensory-motor inreactions and related clinical implications. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2006; 33: 282–292.
48. Jacobs R. Neurophysiological and psychophysical evaluation of osseoperception including methodological aspects; neurological versus psychophysical assessment of osseoperception. In: Jacobs R, ed. Osseoperception. Leuven: Catholic University Leuven; 1998:75–88.
49. Klineberg I, Murray G. Osseoperception: sensory function and proprioception. *Advances in Dental Research* 1999;13:120–129.
50. Yengin E. Temporomandibular Rahatsızlıklarda Teşhis ve Tedavi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Doktora Tezi, 2000.
51. Baumann, M.A. ve Lotzmann, U. TMJ Disorders and Orofacial Pain, Germany: Thieme, 2002.
52. Batista M, Bonachela W, Soares J. Progressive recovery of osseoperception as a function of the combination of implant-supported protheses. *Clinical Oral Implants Research*, 2008; 19(6): 565-569.

53. Van Loven K, Jacobs R, Swinnen A, et al. Sensations and trigeminal somatosensory-evoked potentials elicited by electrical stimulation of endosseous oral implants in humans. *Archives of Oral Biology*, 2000; 45: 1083-1090.
54. Murphy WM, Morris RA, O'Sullivan DC. Effect of oral prostheses upon texture perception of food. *British Dental Journal* 1974; 137: 245-249.
55. Christensen LV, Levin AC. Periodontal discriminatory ability in human subjects with natural dentitions, overlay dentures and complete dentures. *Journal of the Dental Association of South Africa*, 1976; 31: 339-342.
56. Fenton AH, Lundqvist S. Occlusal thickness perception of patients with osseointegrated implant bridges. *Journal of Dental Restoration* 1981;60: 419.
57. Klineberg I, Calford MB, Dreher B, et al. A consensus statement on osseoperception. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 2005;32(1-2), 145-146.
58. Wada S, Kojo T, Wang YH, et al. Effect of loading on the development of nerve fibers around oral implants in the dog mandible. *Clinical Oral Implants Research* 2001;12; 219-224.
59. Jacobs R, Branemark R, Olmarker K, et al. Evaluation of the psychophysical detection threshold level for vibrotactile and pressure stimulation of prosthetic limbs using bone anchorage or soft tissue support. *Prosthetics and Orthotics International* 2000 ;24:133-142.
60. Van Steenberghe D. From osseointegration to osseoperception. *Journal of Dental Research* 2000; 79(11): 1833-1837.
61. Feine J, Jacobs R, Lobbezoo F, et al. A functional perspective on oral implants state of the science and future recommendations. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2006; 33: 309-312.
62. Jang K, Kim Y. Comparison of oral sensory function in complete denture and implant-supported prosthesis wearers. *Journal of Oral Rehabilitation* 2001; 28: 220-225.
63. Jacobs R, Wu CH, Goossens K, et al. Perceptual changes in the anterior maxilla after placement of endosseous implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 2001;3:148-155.
64. Vaughan G, Macefield. Physiological characteristics of low-threshold mechanoreceptors in joints, muscle and skin in human subjects. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 2005; 32: 135-144.
65. Proske U, Schaible HG, Schmidt RF. Joint receptors and kinaesthesia. *Experimental Brain Research* 1988;72;219-24.
66. Proske U. The golgi tendon organ. properties of the receptor and reflex action of impulses arising from tendon organs. *International Review of Physiology* 1981;25:127-71.
67. Jacobs R, Van Steenberghe D. Role of periodontal ligament receptors in the tactile function of teeth: a review. *Journal of Periodontal Research* 1994;29:153-167.
68. Sawada M, Kusakari H, Sato O, et al. Histological investigation on chronological changes in peri-implant tissues, with special reference to response of nerve fibres to implantation. *Journal of Japanese Prosthodontic Society* 1993;37:144-58.
69. Buma P, Elmans L, Oestreicher AB. Changes in innervation of long bones after insertion of an implant: immunocytochemical study in goats with antibodies to calcitonin gene-related peptide and B-50/GAP-43. *Journal of Orthopaedic Research* 1995;13:570-77.
70. dos Santos Corpas L, Lambrichts I, Quirynen M, et al. Peri-implant bone innervation: Histological findings in humans. *European journal of oral implantology* 2014;7(3):283-92.
71. Mason AG, Holland GR. The reinnervation of healing extraction sockets in the ferret. *Journal of Dental Research* 1993;72:1215-1221.
72. Hansen JH. Neurohistological reactions following tooth extractions. *International Journal of Oral Surgery* 1980;9:411-426.
73. Desjardins RP, Winkelmann RK, Gonzalez JB. Comparison of nerve endings in normal gingiva with those in mucosa covering edentulous alveolar ridges. *Journal of Dental Research* 1971;50:867-879.

74. Linden RWA, Scott BJJ. The effect of tooth extraction on periodontal ligament mechanoreceptors represented in the mesencephalic nucleus of the cat. *Archives of Oral Biology*, 1989;34(12):937-941.
75. Weiner S, Klein M, Doyle JL, et al. Identification of axons in the peri-implant region by immunohistochemistry. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 1995;10:689-695.
76. Wang Y. Histological study of nerve distribution around different implant material in dogs. *The Journal of the Kyushu Dental Society* 1997;51:521-542.
77. Wang Y-H, Koyo T, Ando H, et al. Neuro-anatomical base of osseoperception; nerve regeneration after implantation in peri-implant area; a histological study on different implant material in dogs. In: Jacobs R, ed. *Osseoperception*. Leuven: Catholic University Leuven; 1998:3-11.
78. Ysander M, Branemark R, Olmarker K, et al. Intramedullary osseointegration: development of a rodent model and study of histology and neuropeptide changes around titanium implants. *The Journal of Rehabilitation Research and Development* 2001;38:183-190.
79. Buser D, Warrer K, Karring T, et al. Titanium implants with a true periodontal ligament: an alternative to osseointegrated implants? *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 1990;5:113-116.
80. Choi BH. Periodontal ligament formation around titanium implants using cultured periodontal ligament cells: a pilot study. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 2000;15:193-196.
81. Takata T, Katauchi K, Akagawa Y, et al. New periodontal ligament formation on a synthetic hydroxyapatite surface. *Clinical Oral Implants Research* 1993;4:130-136.
82. Parlar A, Bosshardt DD, Ünsal B, et al. New formation of periodontal tissues around titanium implants in a novel dentin chamber model. *Clinical Oral Implants Research*, 2005;16(3):259-267.
83. Fujii N, Ohnishi H, Shirakura M, et al. Regeneration of nerve fibres in the peri-implant epithelium incident to implantation in the rat maxilla as demonstrated by immunocytochemistry for protein gene product 9.5 (PGP9.5) and calcitonin gene-related peptide (CGRP). *Clinical Oral Implants Research* 2003;14:240-247.
84. Bonte B, Linden RW, Scott BJ, et al. Role of periodontal mechanoreceptors in evoking reflexes in the jawclosing muscles of the cat. *The Journal of Physiology* 1993;465:581-594.
85. Héraud J, Orofino J, Trub M, et al. Electrophysiologic evidence showing the existence of sensory receptors within the alveolar bone in anesthetized cats. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 1996;11(6).
86. Weiner S, Sirois D, Ehrenberg D, et al. Sensory responses from loading of implants: a pilot study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 2004;19:44-51.
87. ous stimulation of facial and intraoral sites in man. *Archives of Oral Biology* 1973;18:861-870.
88. Matthews B, Baxter J, Watts S. Sensory and reflex responses to tooth pulp stimulation in man. *Brain Research* 1976;113:83-94.
89. Louca C, Cadden SW, Linden RW. The roles of periodontal ligament mechanoreceptors in the reflex control of human jaw-closing muscles. *Brain Research* 1996; 731:63-71.
90. Bonte B, van Steenberghe D. Masseteric post-stimulus EMG complex following mechanical stimulation of osseointegrated oral implants. *Journal of Oral Rehabilitation* 1991;18:221-229.
91. Duncan RC, Storey AT, Rugh JD, et al. Electromyographic activity of the jaw-closing muscles in patients with osseointegrated implant fixed partial dentures. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1992;67:544-549.

92. Stuge U, Brodin P, Bjornland T. Masseter muscle reflex evoked by tapping on osseointegrated Frialit implants. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 1993;8:650–654.
93. Jacobs R, Van Steenberghe D. Qualitative evaluation of the masseteric poststimulus EMG complex following mechanical or acoustic stimulation of osseointegrated oral implants. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 1995;10:175–182.
94. Van Steenberghe D. The role and function of periodontal receptors in man, Thesis. Leuven: Katholieke Universiteit Leuven; 1979.
95. Trulsson M, Essick GK. Mechanosensation. In: Miles TS, Nauntofte B, Svensson P, eds. *Clinical oral physiology*. Copenhagen: Quintessence publishing Co. Ltd.; 2004:195–197.
96. El-Sheikh AM, Hobkirk JA, Howell PG, et al. Changes in passive tactile sensibility associated with dental implants following their placement. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 2003;18:266–272.
97. Hammerle CH, Wagner D, Bragger U, et al. Threshold of tactile sensitivity perceived with dental endosseous implants and natural teeth. *Clinical Oral Implants Research* 1995;6:83–90.
98. Trulsson M. Sensory and motor function of teeth and dental implants: a basis for osseoperception. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2005;32:119–122.
99. Lundborg G, Branemark PI, Rose n B. Osseointegrated thumb prostheses: a concept for fixation of digit prosthetic devices. *Journal of Hand Surgery* 1996;21:216–221.
100. Pera P, Bassi F, Schierano G, et al. Implant anchored complete mandibular denture: evaluation of masticatory efficiency, oral function and degree of satisfaction. *Journal of Oral Rehabilitation* 1998;25:462–467.
101. Fontjin-Tekamp FA, Slagter AP, Van der Bilt A, et al. Biting and chewing in overdentures, full dentures and natural dentitions. *Journal of Dental Research*, 2000; 79: 1579–24.
102. Haraldson T, Zarb GA. A 10-year follow-up study of the masticatory system after treatment with osseointegrated implants bridges. *Scandinavian Journal of Dental Research* 1988;96:243–252.
103. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, et al. Clinical complications with implants and implant prostheses. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2003;90:121–132.
104. Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1983;49:843–848.
105. Henry PJ, van Steenberghe D, Blomback U, et al. Prospective multicenter study on immediate rehabilitation of edentulous lower jaws according to the Branemark Novum protocol. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 2003;5:137–142.
106. Heckmann SM, Heussinger S, Linke JJ, et al. Improvement and long-term stability of neuromuscular adaptation in implant-supported overdentures. *Clinical Oral Implants Research* 2009; 20:1200–05.
107. Grigoriadis A, JohanssonRS, Trulsson M. Adaptability of mastication in people with implant-supported bridges. *Journal of Clinical Periodontology* 2011; 38: 395–404.
108. Davidovitch Z, Nicolay OF, Ngan PW, et al. Neurotransmitters, cytokines, and the control of alveolar bone remodeling in orthodontics. *Dental Clinics of North America* 1988;32:411–435
109. Rowe MJ, Tracey DJ, Mahns DA, et al. Mechanosensory perception: are there contributions from bone-associated receptors? *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 2005;32:100–108
110. Glauser R, Ree A, Lundgren A, et al. Immediate occlusal loading of Branemark implants applied in various jawbone regions: a prospective, 1-year clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 2001;3:204–213
111. Mishra SK, Chowdhary R, Chrcanovic BR, et al. Osseoperception in dental implants: a systematic review. *Journal of Prosthodontics* 2016;25(3):185–195.