

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ
ANABİLİM DALI

**MANDİBULA CERRAHİSİNDE İNFERİOR ALVEOLER
SİNİR LOKALİZASYONU; TAVŞANLARDA DENEYSEL
ÇALIŞMA**

**Dt. Muhammed Fatih KUYUMCU
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMANI
Doç. Dr. Özgür ERDOĞAN**

**Tez No:.....
ADANA – 2014**

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ
ANABİLİM DALI

**MANDİBULA CERRAHİSİNDE İNFERİOR ALVEOLER
SİNİR LOKALİZASYONU; TAVŞANLARDA DENEYSEL
ÇALIŞMA**

**Dt. Muhammed Fatih KUYUMCU
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMANI
Doç. Dr. Özgür ERDOĞAN**

**Bu proje,
Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Birimi tarafından
DHF2012D7 No'lu proje olarak desteklenmiştir.**

**Tez No:.....
ADANA – 2014**

KABUL VE ONAY FORMU

Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı Doktora Programı çerçevesinde yürütülmüş olan “**Mandibula Cerrahisinde İ inferior Alveoler Sinir Lokalizasyonu; Tavşanlarda Deneysel Çalışma**” adlı çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi :

TEZ SINAV JÜRİSİ

Doç. Dr. Özgür ERDOĞAN

Çukurova Üniversitesi

Başkan

Üye

Prof. Dr. Z. Özgür PEKTAŞ

Başkent Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Mehmet KÜRKCÜ

Çukurova Üniversitesi

Üye

Yard. Doç. Dr. Ufuk TATLI

Çukurova Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. M. Emre BENLİDAYI

Çukurova Üniversitesi

Yukarıdaki tez, Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Şeref ERDOĞAN

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tezimin başlangıcından bitim aşamasına kadar beni destekleyen, değerli bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Özgür ERDOĞAN başta olmak üzere,

Doktora eğitimim süresince değerli bilgilerini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve üzerimde önemli emeği bulunan sayın hocalarım Prof. Dr. Mehmet Kürkçü'ye ve Prof. Dr. Emin ESEN'e,

Eğitimimde katkıları olan, kendilerinden çok şey öğrendiğim Doç. Dr. Yakup ÜSTÜN'e, Doç. Dr. M. Emre BENLİDAYI'ya ve Yrd. Doç. Dr. Ufuk TATLI'ya,

İstatistik değerlendirme aşamasındaki önemli katkılarından dolayı değerli hocam Prof. Dr. Nazan Z. Alparslan'a,

Laboratuvar işlemleri sırasında yardımlarını esirgemeyen Hatice ULUSOY'a,

Doktora hayatım boyunca içtenlikle yanımda olan desteğini hep hissettiğim ablalarım Selda EKER, Eda İRDAY ve Nursen ŞAHİNOĞLU'na,

Bu çalışmanın başından sonuna kadar tüm aşamalarındaki yardımlarından dolayı değerli asistan arkadaşlarım Dr. Uygur BAKŞI, Dr. Gökhan ATAKAN, Dr. Sadık GASİMOV, Dt. Onur GÜRKAYNAK, Dt. Volkan ÇİFTÇİ'ye ve ihtiyacım olduğunda desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. İbrahim DAMLAR, Dr. Burcu ÇAM, Dr. Ufuk GÜRSESLİ, Dr. Şule Nur KURT, Dr. Mert SANRI, Dr. Onur E. KAHRAMAN, Dt. Fariz SALİMOV, Dt. Halide NAMLI, Dt. H. İbrahim KISA, Dt. Onur KEÇELİ, Dt. Erkan ARSLAN, Dt. Mehmet ÇALIŞKAN ve Dt. Revnak AKBURAK'a,

Hayatımın beş yılını geçirdiğim ve bu güne gelmeme olanak sağlayan Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nin tüm personeline,

Tezimin tüm sıkıntılı dönemlerini benimle beraber yüklenen ve yol arkadaşım Alanur YASTI'ya,

Bugünlere gelmemde en büyük emeğin sahibi ve en büyük destekçilerim olan sonda saydığım ama en başta gelen annem Müzeyyen ÖZKAN ve kardeşim Dr. Gökhan KUYUMCU'ya,

Sevgi, saygı ve tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No:
KABUL VE ONAY	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	x
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Trigeminal Sinir (V. Kafa Çifti)	3
2.1.1. Motor Kök	3
2.1.2. Duyu Kökü	4
2.1.2.1. Mandibuler Dal (V ₃):	4
2.1.2.1.1. Mandibuler Sinirin Ana Kökünden Ayrılan Dallar	5
2.1.2.1.2. Mandibuler Sinirin Anterior Kökünden Ayrılan Dallar	5
2.1.2.1.3. Mandibuler Sinirin Posterior Kökünden Ayrılan Dallar	6
2.1.2.1.3.1. Auriculotemporal Sinir	6
2.1.2.1.3.2. Lingual Sinir	6
2.1.2.1.3.3. İnférieur Alveoler Sinir:	6
2.2. Tavşan Mandibula Anatomisi	7
2.3. İnférieur Alveoler Sinir Hasarı ve Diş Hekimliğindeki Önemi	10
2.3.1. İnférieur Alveoler Sinir Hasarının Etiyolojisi	11
2.3.1.1. Travmatik Lokal Anestezi Enjeksiyonuna Bağlı İnférieur Alveoler Sinir Hasarı	13
2.3.1.2. Dental İmplant Frezine Bağlı Meydana Gelen İnférieur Alveoler Sinir Hasarı	13

2.3.1.3. Dental İmplant Bağlı Meydana Gelen İnförior Alveoler Sinir Hasarı	13
2.3.1.4. Dental İmplant Cerrahisinde İnförior Alveoler Sinir Yaralanmalarının Diğer Sebepleri	17
2.3.2. İnförior Alveoler Sinir Hasarı Sınıflandırmaları	17
2.3.2.1. Seddon Sınıflaması	17
2.3.2.1.1. Nöröpraksi	17
2.3.2.1.2. Aksonotmesis	18
2.3.2.1.3. Nörötmesis	18
2.3.2.2. Sunderland Sınıflaması	20
2.3.3. İnförior Alveoler Sinir Hasarında Klinik Bulgular	21
2.3.4. İnförior Alveoler Sinir Fonksiyonlarını Değerlendirme Metotları	21
2.3.4.1. Sübjektif Klinik Duyu Testleri	23
2.3.4.1.1. Mekanoseptif (Mekanik Reseptörler İle İlgili) Testler	23
2.3.4.1.2. Nosiseptif (Ağrı Reseptörleriyle İlişkili) Testler	23
2.3.4.2. Objektif Klinik Duyu Testleri	24
2.3.4.2.1. Trigeminal Somatosensöriyel Uyarılmış Potansiyeller Testi	24
2.3.4.2.2. Ortodromik (İletim Doğrultusunda) Duyu Siniri Aksiyon Potansiyeli	25
2.3.4.2.3. Göz Kırpma Refleksi	25
2.3.5. İnförior Alveoler Sinir Hasarı Meydana Gelen Hastaların Yönetimi	26
2.3.5.1. - 1. Aşama: Genel Risk Faktörlerinin	26
2.3.5.2. - 2. Aşama: İnföroperatif Risk Faktörlerinin Kayıt Altına Alınması	26
2.3.5.3. - 3. Aşama: Hasta Şikayetinin Belirlenmesi	26
2.3.5.4. - 4. Aşama: Postoperatif Değerlendirme ve Tanı	26
2.3.5.5. - 5. Aşama: Medikal Tedavi	27
2.3.5.6. - 6. Aşama: Post Operatif 1. Hafta Muayenesi	28
2.3.5.7. - 7. Aşama: Post Operatif 1. Hafta Tedavisi	28

2.3.5.8. - 8. Aşama: 12. hafta Postoperatif Muayene	29
2.3.5.9. - 9. Aşama: 12. hafta Postoperatif Tedavi	29
2.4. Elektrofizyolojik Ölçümler	30
2.4.1. Sinir doku Aksiyon Potansiyeli	31
2.4.2. Uyarılmış Potansiyel – Uyarılmış Tepki	31
2.5. Elektriksel Sinir Konum Belirleyici Cihazlar	32
2.5.1. Sinir Uyarımını Etkileyen Elektro-Fizyolojik Faktörler	32
2.5.2. Transkütanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu	35
2.5.3. Perkütanöz Elektrot Rehberliği	35
3. GEREÇ VE YÖNTEM	36
3.1. Gereç	36
3.2. Yöntem	39
3.3. Elektrofizyolojik Ölçümler	42
3.4. Radyografik Ölçümler	45
3.5. Verilerin İstatistiksel Analizi	47
4. BULGULAR	48
5. TARTIŞMA	57
6. SONUÇLAR	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No:
Şekil 2.1.	Tavşan mandibulası, medial görüntü 7
Şekil 2.2.	Tavşan mandibulası, lateral görünüm 8
Şekil 2.3.	Tavşan mandibulası, düz grafi 10
Şekil 2.4.	Osteotomi frezlerinin İnfierior Alveoler Sinire Etkileri ¹³ 15
Şekil 2.5.	Dental İmplantların Mandibuler Kanala Etkisi ¹³ 16
Şekil 3.1.	Kayıt Elektrotları 37
Şekil 3.2.	İzole stimülasyon elektrotu 37
Şekil 3.3.	Mental siniri uyarmak için üretilen stimülasyon elektrotu 38
Şekil 3.4.	Osiloskop 38
Şekil 3.5.	Motorlu Hassas Testere Ünitesi 39
Şekil 3.6.	Test düzeneğini tasvir eden figür 41
Şekil 3.7.	Submandibular yaklaşım, kayıt elektrotlarının yerleştirilmesi, iğne elektrotunun yerleştirilmesi, angulus bölgesinde 3 adet giriş noktası 42
Şekil 3.8.	İzole stimülasyon elektrotu yardımıyla uyarı uygulanması 43
Şekil 3.9.	Osiloskopta bileşik aksiyon potansiyeli tespiti 44
Şekil 3.10.	Elde edilen anatomik kesitler ve osteotomiler 45
Şekil 3.11.	Tavşan Hemi mandibulasından alınan periapikal grafi 46
Şekil 3.12.	Tomografik kesit ve ölçümler 47
Şekil 4.1.	Stimülasyon süresine (0,05 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi 49
Şekil 4.2.	Stimülasyon süresine (0,05 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi 50
Şekil 4.3.	Stimülasyon süresine (0,1 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi 50
Şekil 4.4.	Stimülasyon süresine (0,1 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi 51

Şekil 4.5.	Stimülasyon süresine (0,3 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi	52
Şekil 4.6.	Stimülasyon süresine (0,3 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi	52
Şekil 4.7.	Stimülasyon süresine (0,5 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi	53
Şekil 4.8.	Stimülasyon süresine (0,5 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi	54
Şekil 4.9.	Stimülasyon süresine (1 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi	54
Şekil 4.10.	Stimülasyon süresine (1 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi	55
Şekil 4.11.	Tomografik uzaklık ölçümleri ile periapikal analizlerden elde edilen ölçümlerin birbiri ile ilişkileri	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No:
Çizelge 2.1. İnfirior Alveoler Sinir Hasarı Mekanizmaları ve Etiyolojisi ¹³	12
Çizelge 2.2. Sunderland Sınıflaması ve Seddon sınıflamasındaki karşılığı ¹³	20
Çizelge 2.3. Ağrı Çalışma Derneği'ne göre nörosensöriyel terimler ⁴⁶	21
Çizelge 2.4. Sübjektif klinik test metotları ve değerlendirilen yapılar ¹³	22
Çizelge 2.5. İnfirior alveoler sinir hasarı ve hasar yönetimi ¹³	29
Çizelge 3.1. Anestezi ve analjezi uygulamaları	40
Çizelge 4.1. Geçerli verilerin guruplara dağılımı, ortalamaları ve standart sapmaları	48

KISALTMALAR DİZİNİ

cm:	Santimetre
mm:	Milimetre
PMF:	Posterior Mandibuler Foramen
β :	Beta
α :	Alfa
δ :	Gamma
Δ :	Delta
TSEP :	Trigeminal Somatosensöriyel Uyarılmış Potansiyeller Testi (Trigeminal Somato-Sensory Evoked Potentials)
SNAP :	Ortodromik (İletim Doğrultusunda) Duyu Siniri Aksiyon Potansiyeli (Orthodromic Sensory Nerve Action Potentials)
CBCT :	Konik Işın Huzmeli Bilgisayarlı Tomografi (Cone Beam Computed Tomography)
mg :	Miligram
TENS :	Transkütanöz elektrik sinir stimülasyonu
ml :	Mililitre
IV :	İntravenöz
AM :	Oral uygulama
Kg :	Kilogram
Max :	Maksimum
NSAID :	Steroid olmayan antiinflamatuvar ilaçlar
İAS :	İnferior alveoler sinir
mV :	Mili volt
CMAP :	Bileşik motor aksiyon potansiyelleri (Compound Motor Action Potentials)
SNAP :	Duyusal bileşik aksiyon potansiyelleri (Sensory Nerve Action Potentials)
IONM :	Operasyon sırasında nörofizyolojik sinir gözlemi (Intraoperative Neurophysiologic Monitoring)
Hz :	Hertz

PEG :	Perkütanöz elektrot rehberliği (Percutaneous Electrode Guidance)
HEPA :	Yüksek etkili partikül hava (High-Efficiency Particulate Air)
C :	Santigrat
° :	Derece
gr :	Gram
cc :	Santimetreküp
USB :	Evrensel seri yolu (Universal Serial Bus)
İm :	İntramusküler
dk :	Dakika
kVp :	Kilovolt pik
ms :	Milisaniye
tiff :	Tagged Image File Format
sn :	Saniye
SPSS :	Statistical Package for the Social Sciences
mA :	Mili amper
CAP :	Bileşik aksiyon potansiyeli (Compound Action Potential)
CAF :	Bileşik Aksiyon Alanı (Compound Action Field)
SQUID :	Superconducting Quantum Interference Device
TSEP :	Trigeminal duyu siniri uyarılmış potansiyelleri (Trigeminal Somatosensory Evoked Potentials)
QST :	Niceliksel duyu testi (Quantitative Sensory Testing)

ÖZET

Mandibula Cerrahisinde İnfirior Alveoler Sinir Lokalizasyonu; Tavşanlarda Deneysel Çalışma

Diş kayıpları herhangi bir yaşta travma, çürük, periodontal hastalık ve diğer sebepler ile meydana gelebilen bir durumdur. Diş çekimi yapıldıktan sonra hastaların alveol kemiğinde rezorpsiyon oluşur. Oluşan bu rezorpsiyon protetik rehabilitasyon ve implant cerrahisi uygulamasında zorluklar oluşturmaktadır.

Bu durum maksilla ve mandibulanın alveoler kemiğinde rezorpsiyona sebep olmaktadır. Bu durum mandibula posterior bölgede karşılaşıldığında dental implant uygulamalarını zorlaştırabilmektedir. Bu gibi durumlarda dental implant cerrahileri sırasında inferior alveoler sinirin konumunu belirlemek daha da önem kazanmaktadır. Dental implant cerrahisi sırasında implant frezlerinin veya dental implantların inferior alveoler sinir ile olan yakın ilişkisinden dolayı alt dudak ilgili taraf derisinde duyu kaybı gibi yıkıcı sonuçlar ile karşılaşılabilir.

Son bir kaç on yılda, cerrahi işlemler sırasında periferik motor sinirlere yönelik konum belirleme işlemleri klinik uygulamalarda kendisine geniş yer bulmuştur. Öte yandan, periferik duyu sinirlerinin konumunun belirlenmesi ise son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Bu çalışmanın amacı elektriksel uyarıcı cihazlar yardımı ile tavşan modelinde mandibula içerisinde seyreden inferior alveoler sinirin konumunu cerrahi esnasında belirlemektir.

Çalışmada 6 adet erişkin, erkek Yeni Zelanda tavşanı kullanıldı. Uyarıcı cihaz olarak günümüz klinik uygulamalarda kullanılan bir sinir stimülatörünün (Tracer III®- Portex, Smith's Medical, Kent, United Kingdom) etkinliği değerlendirildi. Çalışmaya özel olarak izole edilmiş kayıt ve uyarıcı elektrotları üretildi. Tüm ölçümlerin uyarıcı frekansı 1 Hz olacak şekilde yapıldı. Uyarıcı şiddeti 0,5 – 5 mA aralığında değerlendirildi. Uyarıcı süresi 0,05; 0,1; 0,3; 0,5 ve 1 ms aralıklarında değerlendirildi. Oluşturulan aksiyon potansiyelleri bileşik aksiyon potansiyeli ölçümü tekniği yöntemiyle tespit edildi. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildi.

Sonuç olarak; kemik doku içerisinde seyretmekte olan inferior alveoler sinirin uyarılabilirliği ve bu şekilde kemik içerisindeki konumunun belirlenebildiği gözlenmiş olup; bu tekniğin güvenilir, objektif bir değerlendirme metodu olduğu gözlenmiştir. Ancak klinik uygulamalar açısından bu tekniğin ilerleyen çalışmalar ile desteklenmesi gerekmektedir.

Anahtar Sözcükler: İnfirior Alveoler Sinir, Stimülasyon, Bileşik Aksiyon Potansiyeli, Parestezi

ABSTRACT

Localization of the Inferior Alveolar Nerve in Mandibular Surgery; an Experimental Study in Rabbits

Tooth loss may occur at any age as a result of trauma, caries, periodontal diseases and other reasons. Alveolar bone tends to resorb after tooth extraction. This situation causes difficulties for implant surgery and prosthetic rehabilitation.

This phenomenon results in decreased alveolar bone height in the maxilla and in the posterior mandible as well. Therefore localization of the inferior alveolar nerve has great importance during dental implant surgery.

In last few decades intraoperative localization of motor nerves has been widely studied. On the other hand, sensorial nerve localization has gained a role in clinical practice recently. Detrimental consequences such as lip paresthesia may occur after dental implant placements due to close contact of dental implant drills or dental implants itself. In order to prevent such complications the localization of inferior alveolar nerve gains great importance during the surgery. The aim of the present study was to determine the location of the inferior alveolar nerve within the mandible using an electrical stimulation device intraoperatively.

In the present experimental study, six New Zealand rabbits were used. A nerve stimulator (Tracer III[®] - Portex, Smith's Medical, Kent, United Kingdom) was used as stimulating device. The recording and isolated stimulating electrodes were manufactured and calibrated particularly for this study. The frequency of stimulation was set as 1 Hz. The range of the stimulator was 0,5-5 mA. The duration of the stimulation was evaluated in 0,05; 0,1; 0,3; 0,5 and 1 ms. The action potentials were detected by compound action potential technique. The data were analyzed statistically.

In conclusion, intraoperative localization of the inferior alveolar nerve within the bone tissue was achieved via stimulation technique and this technique offers a reliable, objective method of evaluating the distance of the inferior alveolar nerve in bone tissue. However the technique needs to be further studied to be used clinical settings.

Key Words: Inferior Alveolar Nerve, Stimulation, Compound Action Potential, Paresthesia

1. GİRİŞ

Günümüzde tam veya kısmi dişsiz hastaların protetik rehabilitasyonlarında dental implantlar sıklıkla kullanılmaktadır. Dental implantların klinik uygulamalarda kendilerine daha geniş yer bulması, dental implant uygulamaları açısından birçok yeni tekniğin tanımlanmasını sağlamıştır.

Mandibula' ya uygulanacak olan kist operasyonları, dental implant cerrahileri, ortognatik cerrahi osteotomileri ve diş çekimi gibi cerrahi müdahalelerde inferior alveoler sinirin konumunun belirlenmesi ve bu sinirin korunması gerekmektedir. Bu amaçla klinik muayeneye ek olarak; panoramik grafiler, konik ışın huzmeli dental volümetrik tomografik grafiler, konvansiyonel tomografik grafiler gibi yardımcı diagnostik yöntemlere başvurulur.

Dental implant cerrahisinde sinir yaralanmaları; travmatik lokal anestezi uygulamasından, implant osteotomisinden veya dental implantların yerleştirilmesinden kaynaklanabilmektedir. Sinir yaralanması sonucu meydana gelen komplikasyonlarda hafif paresteziden tam anesteziye ve/veya ağrıya kadar değişen semptomlar gözlenmektedir.

Dental implant cerrahisi sonrası, trigeminal sinirin duyu innervasyonunu sağladığı bölgelerin deri ve mukozasında his kaybı meydana gelebilmektedir. Dental implant cerrahilerinden sonra en sık travmaya maruz kalan sinir inferior alveoler sinirdir.¹ Dolayısıyla inferior alveoler sinirin operasyon sırasında ve sonrasında korunması büyük önem taşımaktadır.

İnferior alveoler sinir hasarı sonucu hastaların ilgili taraf alt dudakları ve dişlerinde hissizlik meydana gelebilmektedir. Bu durum hastaların; konuşmasını, yemek yemesini, tıraş olmasını ve sıvı tüketmek gibi günlük aktivitelerini etkilemektedir. Bu gibi komplikasyonların önlenmesi açısından inferior alveoler sinir konumunun etkili, klinik olarak uygulanabilir, invaziv olmayan ve uygun fiyatlı bir yöntemle belirlenmesi gerekmektedir.

Günümüzde inferior alveoler sinirin konumunu belirlemede sıklıkla operasyon öncesi periapikal grafiler, panoramik grafiler, konik ışınlı bilgisayarlı tomografiler kullanılmaktadır. Ancak bu yardımcı tanı araçları iyonize radyasyon kullanımını da

beraberinde getirmektedir. Ayrıca operasyon sırasında da hastadan grafi almak zor olmaktadır. Bu amaçla inferior alveoler sinirin konumunu objektif olarak belirleyecek, invaziv olmayan ve operasyon içerisinde kullanılabilir bir yöntem ihtiyacı duyulmaktadır.

Bu tez çalışmasında; yumuşak dokularda sinir lokalizasyonu için kullanılan elektrikli sinir konum belirleyici cihazların, kemik içerisinde seyretmekte olan inferior alveoler sinirin konumunu belirlemedeki etkinliği amaçlanmıştır. Böylelikle operasyon içi, objektif ve göreceli olarak invaziv olmayan bir yöntemin klinik kullanıma uygun olup olmadığı değerlendirilecektir. Kemik doku içerisinde stimülasyonun yapılması açısından literatürde mevcut daha önce yapılmış bir çalışma bulunmadığından bu çalışma özgün bir çalışma olarak kabul edilebilir.

İnferior alveoler sinirin mandibulaya uygulanan tüm cerrahi işlemlerde korunmasının sağlanması amaçlanmış ve mevcut komplikasyon oranlarının düşürülmesi hedeflenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Trigeminal Sinir (V. Kafa Çifti)

Diş Hekimliğinde ve Ağız Diş, Çene Cerrahisi' nde hem ağrı kontrolü, hem de uygulanan cerrahi işlemlerde herhangi bir sekel oluşmasının önlenmesi için trigeminal sinirin (5. Kafa çifti) anatomisinin ve fonksiyonunun detaylı olarak bilinmesi gerekmektedir. Beşinci kafa çifti diğer birçok işlevinin yanında, oral kavite ve çevresinin duyu innervasyonunu da sağlamaktadır. Trigeminal sinir kafa çiftleri arasında en büyük çapa sahip olan sinir dalıdır.

2.1.1 Motor Kök

Trigeminal sinirin motor kökü, duyu kökünden ayrı olarak medulla oblongata ve pons arasından kaynak almaktadır. Küçük çapta olan motor kök trigeminal gangliondan ayrı olarak anterior yönde ilerler. Daha sonra foramen ovaleden geçerek mandibuler sinirin (V₃) duyu köküyle birleşerek tek bir kök halinde mandibuler sinir olarak dağılmaktadır. Trigeminal sinirin motor dalları, aşağıda özetlenen kasların motor innervasyonunu sağlamaktadır.

- A. Çiğneme kasları
 - a. Masseter kası
 - b. Temporalis kası
 - c. Medial pterygoid kası
 - d. Lateral pterygoid kası
- B. Mylohyoid kas
- C. Digastrik kasının anterior karnı
- D. Tensor tympani kası
- E. Tensor veli palatini kası

2.1.2 Duyu Kökü

Trigeminal sinir, ponstan ayrıldıktan hemen sonra semilunar gangliyonu (Gasser gangliyonu, Trigeminal gangliyon) oluşturmaktadır. Semilunar gangliyon, adından da anlaşılacağı üzere yarım ay şeklinde olup; anterior yönde 3 ana dal oluşturmaktadır.

- A. Oftalmik Dal (V_1): Kavernoöz sinüsün lateral duvarını takip ederek süperior orbital fissür yoluyla göz boşluğuna çıkarak kafa içini terk etmektedir.
- B. Maksiller Dal (V_2): Anterior ve inferior yönde seyrederek, foramen rotundum yoluyla pterygopalatin fossaya çıkarak kafa kavitesini terk etmektedir.
- C. Mandibuler Dal (V_3): İnférieur yönde motor kök ile beraber ilerleyerek foramen ovale yoluyla kafa kavitesini terk eder. Bu iki kök daha sonra birleşerek infratemporal fossaya tek bir kök halinde çıkarlar.

2.1.2.1 Mandibuler Dal (V_3):

Trigeminal sinirin en büyük ana dalı olan mandibuler dal, büyük olan duyu kök ve küçük olan motor kök olmak üzere iki kök halinde bulunmaktadır. Motor kök medulla oblongatadan ayrılarak foramen ovaleden geçer ve trigeminal gangliyonun ayrılan duyu kökü ile birleşir. Birleşmiş olan ana kök 2-3 mm sonra ikiye ayrılarak anterior ve posterior dallara ayrılmaktadır². Mandibuler sinirin innerve ettiği sahalara aşağıda özetlenmiştir;

- A. Duyusal kök
 - a. Deri
 - i. Temporal Bölge
 - ii. Auriküler Bölge
 - iii. Eksternal Akustik Meatus
 - iv. Yanak
 - v. Alt dudak, Çene ucu
 - b. Müköz Membranlar
 - i. Yanak (içi)
 - ii. Dilin anterior 2/3 kısmı

- iii. Mastoid hücreler
 - c. Mandibuler dişler ve periodontal dokular
 - d. Mandibula
 - e. Temporomandibuler Eklem
 - f. Parotid salgı bezi
- B. Motor Kök
- a. Çiğneme kasları
 - i. Masseter Kası
 - ii. Temporalis Kası
 - iii. Lateral Pterygoid Kası
 - iv. Medial Pterygoid Kası
 - b. Mylohyoid Kas
 - c. Digastrik Kasının Anterior Karnı
 - d. Tensor Tympani Kası
 - e. Tensor Veli Palatini Kası

2.1.2.1.1 Mandibuler Sinirin Ana Kökünden Ayrılan Dallar:

Ana kökten ayrılan dallar; foramen ovaleden çıktıktan sonra nervus spinosus dalını (meningeal dalı) verir. Bunun yanında medial pterygoid kasa motor sinir dalı ayrılır. Nervus spinosus, middle meningeal arter ile beraber foramen spinosumdan kafa kavitesine girerek duranın ve mastoid hücrelerin duyu innervasyonunu sağlamaktadır. Medial pterygoid sinir dalı ise medial pterygoid kası, tensor veli palatini ve tensor tympani kaslarının motor innervasyonunu sağlar.

2.1.2.1.2 Mandibuler Sinirin Anterior Kökünden Ayrılan Dallar:

Anterior kökten ayrılan dalları inceleyecek olursak; anterior kök posterior kökten daha incedir. Foramen ovaleyi terk ettikten sonra ilerleyerek lateral pterygoid kasının karınları arasından geçer. Bu noktadan sonra bukkal sinir olarak adlandırılır. Bukkal sinir derin temporal dallara (temporalis kasının motor innervasyonu sağlar), masseterik sinire ve lateral pterygoid sinire dallar gönderir. Bukkal sinir (buksinatör sinir olarak da adlandırılır) uzun bukkal sinir olarak devam eder ve buksinatör kasının latereline ulaşır. 3. Molar dişin oklüzal seviyesinde mandibula ramusunun anterior

kenarına ulaşır. Bukkal sinir içerisindeki duyu lifleri yanak içi mukozası ve posterior dişlerin bukkal mukozasına doğru dağılarak bu bölgenin duyu innervasyonunu sağlar. Bukkal sinir, buksinatör kasının motor innervasyonunu sağlamaz. Buksinatör kasının motor innervasyonu fasial sinir tarafından sağlanır.

2.1.2.1.3 Mandibuler Sinirin Posterior Kökünden Ayrılan Dallar:

Posterior kök çoğunlukla duysal olup, motor bileşeni azdır. Ana kökten ayrıldıktan sonra inferior yönde lateral pterygoid kasının medialinde ilerler ve üç ana dala ayrılır.

2.1.2.1.3.1 Auriculotemporal Sinir

Parotid bezinin içerisinden geçerek temporal bölgede birçok dal verir. Bunların arasında fasial sinir ile bağlantı lifleri, anterior auricular sinir, otik gangliyon ile bağlantı dalları, artiküler dallar ve süperfasial temporal dallar vardır.

2.1.2.1.3.2 Lingual Sinir

Lateral pterygoid kasının medialinde inferior yönde ilerler ve ramus ile medial pterygoid kası arasında pterygomandibuler alandan geçer. Inferior alveoler sinirin medialinde ve anteriorunda paralel olarak ilerler. Daha sonra pterygomandibuler rafeye yaklaşarak mandibuler 3. molar dişin inferiorundan ve medialinden geçer. Bu alanda hemen müköz membranın altında bulunmaktadır. Daha sonra ağız tabanına ulaşır. Ağız tabanında kavis (loop) yaparak submandibular kanalı çaprazlar ve sublingual alanda terminal dallarına ayrılır. Lingual sinir, dilin 2/3 anteriorunun duyu innervasyonunu sağlamaktadır. Fasial sinirden nazofarinks hizasında bu sinire katılan chorda-tympani siniri ile de dilin 2/3 anterior tat duyusu innervasyonunu sağlamaktadır.

2.1.2.1.3.3 Inferior Alveoler Sinir:

Inferior alveoler sinir, posterior kökün ve tüm mandibuler sinir dallarının en kalın olanıdır.³ Lateral pterygoid kasının medialinde inferior yönde ilerleyerek lingual sinirin posterio-lateralinde bulunur. Sfenomandibuler ligament ile ramus mandibulanın medial yüzü arasında ilerleyerek mandibuler foramen yoluyla mandibuler kanala girer. Mandibuler kanal içerisinde inferior alveoler arter, vena ile beraber mental foramene

kadar ilerler. Mental foramenin çıkışında mental sinir ve insisiv sinir olarak terminal dallarına ayrılmaktadır. Langlais et al.⁴ bifid mandibuler kanal ve inferior alveoler siniri radyografik olarak araştırmışlardır. İncelenen 6000 panoramik filmde bifid mandibuler kanal % 0.95 olarak belirlenmiştir. Mylohyoid sinir, inferior alveoler sinir mandibuler foramene girmeden hemen önce ayrılarak mylohyoid kasına doğru inferior yönde ilerler. Mylohyoid sinir mikst bir sinir olup; mylohyoid ve digastrik kasına motor lifler taşımaktadır. Ayrıca mylohyoid sinirin duysal lifler taşıdığı ve mental protuberans bölgesinde deriyi de innerve ettiği düşünülmektedir^{5,6}. Mandibuler molar dişlerin, özellikle 1. molar dişin mesial kökünün pulpal innervasyonunda da rol oynadığına dair raporlar bildirilmiştir⁵. Mandibuler sinirin (V₃) dalları aşağıda özetlenmektedir;

1. Ana kök
 - a. Nervus Spinosus
 - b. Medial Pterygoid Kas Dalı
2. Bölünmüş Kök
 - a. Anterior Dal
 - i. Lateral Pterygoid Dalı
 - ii. Masseterik Sinir
 - iii. Temporal Kas Dalı
 - iv. Bukkal Sinir
 - b. Posterior Dal
 - i. Auriculotemporal Sinir
 - ii. Lingual Sinir
 - iii. İnfierior Alveoler Sinir
 1. Dental Pleksus
 2. Mental Sinir
 3. İnsisiv Sinir.
 4. Mylohyoid Sinir

2.2 Tavşan Mandibula Anatomisi

Tavşan mandibula anatomisi, karşılaştırmalı olarak incelendiğinde insan mandibuler anatomisi ile birçok açıdan benzer anatomik özellikleri taşıdığı gözlemlenir.

İnsan mandibulasında retromolar bölgenin posterior, süperior hizasında ve oklüzal düzlemin yaklaşık olarak 1 ile 19 mm üzerinde bulunan mandibuler kanalın proksimal ucu (Mandibuler foramen); tavşanlarda da inferior alveoller sinirin mandibula içerisine giriş yaptığı foramen olarak gözlemlenmiştir⁷. Ancak konum itibariyle mandibuler foramen tavşanlarda oklüzal seviyenin inferiorunda konumlanmaktadır. Bu sinir Gandur ve ark. nin tavşanlar üzerinde yaptığı bir çalışmada 'Posterior Mandibuler Foramen' (PMF) olarak belirtilmiştir⁸. Inferior alveoler sinir mandibula içerisinde proksimalden distale doğru kanal içerisinde oblik olarak yol alırken molar dişlerin apikalini takip ederek ilerler. (Şekil -2.1)

Yapılan anatomik incelemelerde inferior alveoler sinirin, medial pterygoid kasının hemen lateralinde ilerleyerek mandibuler foramene ulaştığı ve süperior medialinde lingual sinir ile beraber ilerlediği gözlemlenmiştir (Şekil -1). Bundan dolayı cerrahi protokol bu anatomik oluşumlar referans alınarak planlanmıştır.



Şekil 2.1: Tavşan mandibulası, medial görüntü

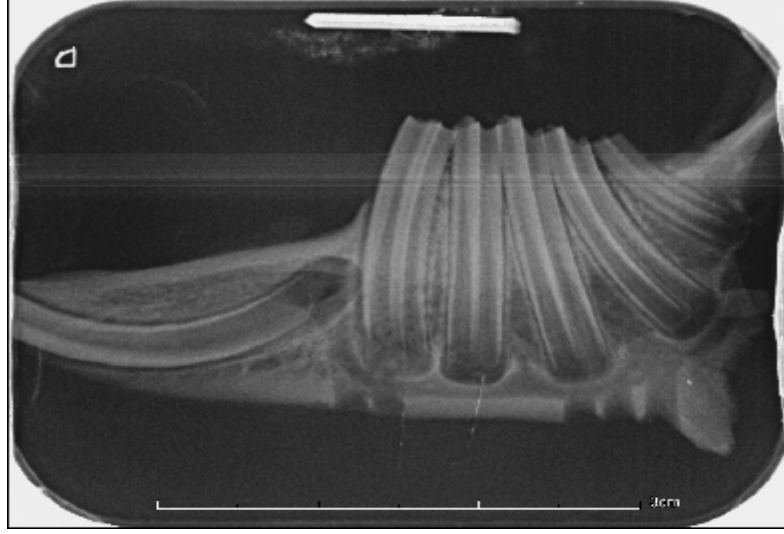
Inferior alveoler sinir mandibuler kanala girdikten sonra inferior yönde ilerleyerek bazis mandibulaya yaklaşır, daha sonra tekrar süperior yönde ilerler ve mental foramenden çıkarak yumuşak dokulara dağılır. Kemirgenlerin çoğunluğunda olduğu gibi, molar ve keser dişlerin arasında mandibulanın lateral yüzeyinde mental foramenden çıkarak yumuşak dokular içerisine dağılmaktadır. (Şekil-2.2)



Şekil 2.2: Tavşan mandibulası, lateral görünüm

Bu çalışma kapsamında yapılan anatomik diseksiyonlarda angulus bölgesinin uzun olduğu, ancak ramus mandibulanın kemik kalınlığının ince olduğu gözlemlenmiştir. Gövde kısmının ise yeterli kalınlık ve genişlikte kemik dokuya sahip olduğu ve mandibuler kanala yaklaşık 4 ile 5 mm mesafede bulunduğu gözlemlenmiştir. Gövde kısmının başlangıcından yaklaşık 1 cm kadar sonra mandibuler kanal, bazis mandibulaya yaklaşmakta ve aralarında ki mesafe 2 mm'ye kadar düşmektedir.

Yapılan radyografik incelemelerde mandibuler kanalın izlediği yol gözlemlenebilmiştir. Yapılan radyografik incelemelerde diş köklerinin bazis mandibulaya kadar uzayabildiği görülmüştür. (Şekil-2.3)



Şekil 2.3: Tavşan mandibulası, düz grafi

2.3 İnférieur Alveoler Sinir Hasarı ve Diş Hekimliğindeki Önemi

İnférieur alveoler sinirin mandibulaya yapılan cerrahi müdahalelerde korunması büyük önem taşımaktadır. Mandibulaya uygulanacak olan kist operasyonları, dental implant cerrahileri, osteotomiler ve diş çekimi gibi cerrahi müdahalelerde inferior alveoler sinirin konumunun belirlenmesi bu sinirin korunması açısından önemlidir. Bu amaçla klinik muayeneye ek olarak; panoramik grafipler, konik ışın huzmeli dental volümetrik tomografik grafipler, konvansiyonel tomografik grafipler gibi yardımcı diagnostik yöntemlere başvurulur.

Konvansiyonel ve ileri radyografi teknikleri; her ne kadar üç boyutlu kesitleriyle sinirin yerinin belirlenmesinde önemli rol oynasalar da dental implantların yerleştirilmesinde güvenlik aralığının oluşturulması için sinirin direk işlem sırasında görülmesi gerekmektedir⁹.

1995 yılında Worthington ‘Son on beş yılda implant cerrahisini uygulayan hekim sayısında büyük bir artış meydana geldi. Güven kazandıkça, giderek daha zor vakalar kabul edilmeye başlandı. Bundan dolayı problem ve komplikasyonların artacağı beklenmektedir’ diye belirtmiştir¹⁰. İleriye yönelik bir öngörü olmasına rağmen, günümüze kadar dental implant cerrahisinin komplikasyon oranı bir çok çalışmada % 0 – 40 arasında belirtilmiştir¹¹. Dental implant cerrahisinde sinir yaralanmaları; travmatik lokal anestezi uygulamasından, implant osteotomisinden veya dental implantın yerleştirilmesinden kaynaklanabilmektedir. Sinir yaralanması sonucu meydana gelen

komplasyonlarda hafif paresteziden tam anesteziye ve/ veya ağrıya kadar değişen semptomlar gözlenmektedir. Sonuç olarak; konuşmak, yemek yemek, tıraş olmak ve sıvı tüketmek gibi günlük aktiviteler etkilenmektedir.

İnferior alveoler sinir mandibuler molar, premolar dişlere ve mandibulanın ilgili tarafındaki kemik dokuya dağılmaktadır. En büyük son dalı mental foramenden çıkarak 3 ana dala ayrılmaktadır. Bu dallardan bir tanesi mental bölge derisinin duyu innervasyonunu sağlamaktayken; diğer iki dal ikinci premolardan orta hatta kadar müköz membran, gingiva ve dudak derisinin duyu innervasyonunu sağlar.

İnferior alveoler sinir çene yüz bölgesinde en çok hasar gören sinirdir (%64,4) ; hemen arkasından % 28,8 ile lingual sinir hasarı gözlenmektedir¹². Bu hasarları önlemenin en iyi yolu mandibulanın 3 boyutlu gözlenmesidir. Bunun için mandibulanın anatomisinin iyi bilinmesi; klinik ve radyografik muayenenin dikkatle yapılması gerekmektedir.

2.3.1 Inferior Alveoler Sinir Hasarının Etiyolojisi

İnferior alveoler sinirin hasarları intraoperatif ve postoperatif olarak iki ana başlıkta incelenebilir. İntraoperatif travmalar kendi içerisinde mekanik, termal ve kimyasal travmatik faktörler; postoperatif travmalar ise peri-implant enfeksiyonu, hematoma, skar oluşumu ve iskemi olarak sıralanabilir. Mekanik travmatik faktörler; enjeksiyon iğnesi, dental implant frezi, dental implantın kendisi, kemik debris (yabancı cisim), mandibuler kanalı içeren hematoma, insizyon sırasında bisturi ucunun travması, yumuşak doku ekartörlerinin travması olarak sıralanabilir. Bu faktörler direk olarak sinirin zedelenmesine sebep olabildiği gibi; hematoma, baskı veya sekonder iskemiye sebep olarak dolaylı olarak da zarar verebilmektedirler. Kimyasal ve termal intraoperatif direk faktörler sinir dokularında yıkıma sebep olmaktadır. Dolaylı postoperatif termal ve enfeksiyona bağlı faktörler ise enflamasyona, sekonder iskemiye ve sonuç olarak sinir dokularında dejenerasyona sebep olmaktadır. Hematoma ise dokuda skara ve yine sekonder iskemiye sebep olarak sinir dokularında hasara sebep olmaktadır¹³.

Çizelge 2.6: İnfirior Alveoler Sinir Hasarı Mekanizmaları ve Etiyolojisi¹³

İntraoperatif Etiyolojik Faktörler	Mekanizma Direk-Dolaylı	Postoperatif Etiyolojik Faktörler	Mekanizma Direk-Dolaylı
Travmatik Lokal Anestezi			
Lokal Anesteziye bağlı kimyasal hasar	Dolaylı - endonörial ödem, baskı ve sekonder iskemi	Epinöral kan damarlarında veya inferior alveoler arterde hasara bağlı	Dolaylı – reaktif fibrozis ve skar oluşumuyla sonuçlanan hematom
Enjeksiyon İğnesi	Direk – Bir veya birden çok sinir lifinin hasarı		
Dental İmplant Frezi			
Mandibuler Kanala Kısmi Giriş	Dolaylı – Hematom ve sekonder iskemi	Termal Hasar	Dolaylı- sekonder iskemiye bağlı inferior alveoler sinir ve kemik doku enflamasyonu
Mandibuler Kanala Tam Giriş	Direk – Ezilme, kesilme İnfirior alveoler sinirde primer iskemi		
İrrigasyon Solüsyonuna Bağlı Kimyasal Hasar	Direk- Sinir dejenerasyonu		
Termal Hasar	Direk- Sinir dejenerasyonu		
Dental İmplant			
Mandibuler Kanala Kısmi Giriş	Dolaylı – Debris birikimi, Hematom, Baskı ve sekonder iskemi	Enfeksiyon	Dolaylı - Sekonder iskemiye bağlı inferior alveoler sinir ve kemik doku enflamasyonu
Mandibuler Kanala Tam Giriş	Direk – Ezilme, kesilme İnfirior alveoler sinirde primer iskemi	Mandibuler kanala çok yakın implant	Dolaylı – Kemik ve inferior alveoler sinirde baskı ve sekonder iskemi
		Kronik Uyarı	Dolaylı – Sinirin yanında veya üzerinde temas halinde olup kronik nöropati oluşumu
Yanlış Operasyon Tekniği			
Bisturi	Direk mental sinir kesisi	Yumuşak doku ödemi	Yumuşak doku ödeme bağlı mental sinir basısı
Yumuşak doku elevasyonu ve retraksiyonu	Direk mental sinir basısına bağlı hasar		
Yumuşak doku sütürasyonu	Sütür materyaline veya iğnesine bağlı hasar		

2.3.1.1 Travmatik Lokal Anestezi Enjeksiyonuna Bağlı İnférieur Alveoler Sinir Hasarı

İnférieur alveoler sinirin hasarı travmatik enjeksiyon sonrası da meydana gelebilmektedir. Bu tip yaralanmanın tam mekanizması henüz tam olarak belirlenememiş olmakla beraber; literatürde genişçe yer bulmuştur. Bu tip yaralanmaları açıklamak amacıyla üç farklı teori geliştirilmiştir. Bunlardan ilki enjeksiyon iğnesinin sinirde meydana getirdiği direk travma olarak belirtilmiştir¹⁴⁻¹⁷. Bu teoride enjeksiyon yapılan iğnenin ucu yumuşak dokunun içerisinde veya kemik temasıyla bükülmekte ve çevre dokularda hasara sebep olmaktadır.

Bir diğer teori ise; travmatik enjeksiyon sonrası meydana gelen hematoma sonrası inferior alveoler sinirde hasar oluşması ile ilgilidir^{17,16,15}. İğne ucunun bükülmesiyle; özellikle iğne dokudan geri çekilirken sinir çevresindeki damarlarda meydana gelen travma sonucu hematoma oluşumu ve dolayısıyla sinir fibrillerinde baskı oluşmasına sebep olabileceği şeklinde açıklanmıştır. İnférieur alveoler sinir bloğu yapılan hastaların yaklaşık %1,3'ü ile %8,6'sı elektrik şoku hissi yaşadıklarını belirtmişlerdir¹⁸.

Son olarak lokal anestetik maddenin nörotoksitesini değerlendiren çalışmalar mevcuttur^{14,15,19,20}. Prilokain (% 4) ve Artikain'in; Lidokain'e göre daha fazla hasara sebep olduğu gösterilmiştir^{14,15,18,21,22}.

Bazı yazarlar tarafından mandibuler implant uygulamaları sırasında inferior alveoler sinirin blok anestezi tekniğiyle uyandırılması yerine; lokal infiltrasyon yöntemi ile işlemi gerçekleştirmek önerilmiştir^{23,24}. Böylelikle, inferior alveoler sinirin bir miktar iletim sağlamasının sinirde oluşabilecek direk travmalarda faydalı bir uyarıcı olabileceğini belirtmişlerdir. Ancak, bu teknikte kemik dokuda duyuşal sinir sonlanmaları mevcut olduğundan dolayı genel olarak işlem sırasında hastada rahatsızlık hissi ve ağrı oluşabilmektedir²⁵.

2.3.1.2 Dental İmplant Frezine Bağlı Meydana Gelen İnférieur Alveoler Sinir Hasarı

En şiddetli inferior alveoler sinir hasarı implant frezleri ya da implantların kendisinden dolayı meydana gelmektedir²⁶. Duyuşal inferior alveoler sinir hasarı direk intraoperatif (mekanik veya kimyasal) veya indirek postoperatif (iskemi veya termal stimülasyon) olarak meydana gelebilmektedir²⁷.

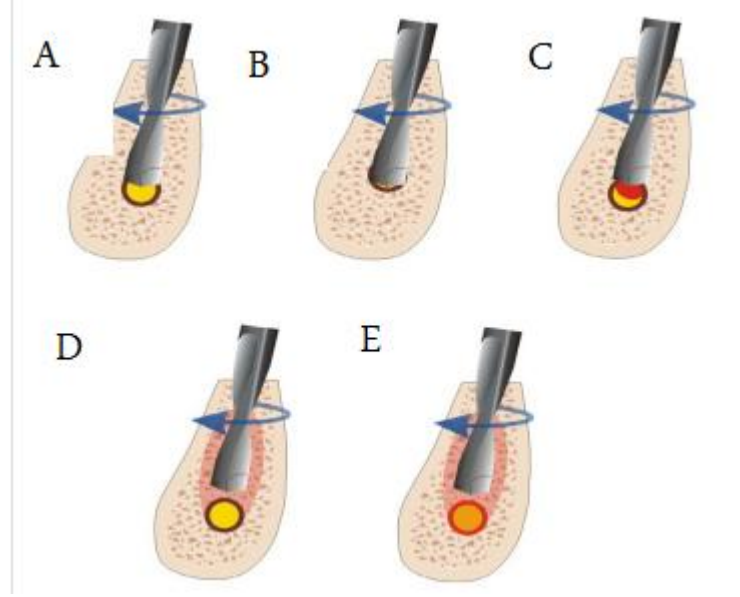
Birçok firmanın ürettiği implant frezleri, bu frezlere uyumlu implantların boylarından bir milimetre kadar daha uzundur. Bu durumun uygulayan hekim tarafından kontrol edilmesi frezleme esnasında oluşabilecek frez ve sinir ilişkisini engelleyebilir²⁸. Inferior alveoler sinir hasarı; implant ya da frezin siniri kesmesi, sinirin frezlere dolanması ya da implantların siniri sıkıştırması sonucu meydana gelebilmektedir¹¹.

Mevcut kemik; üç boyutlu inceleme veya düz grafipler yardımıyla doğru hesaplanmış olsa bile; frezlerin aşırı ilerletilmesi (direk intraoperatif mekanik travma) ile de sinir hasarı oluşabilmektedir¹³. Özellikle düşük yoğunluktaki süngerimsi kemik dokuda kortikal kemik geçildikten sonra frez bir anda ilerleyebilmekte ve sinir hasarı oluşturabilmektedir²⁶. Yapılan bir çalışmada mandibuler kanal etrafındaki kortikal kemiğin implant frezine direnç gösterip göstermeyeceği araştırılmış ve sonuç olarak mandibuler kanalın direnç gösteremeyeceği belirtilmiştir²⁹.

Inferior alveoler sinir hasarının bir diğer sebebi ise implantların apikal kısmının mandibuler kanal içerisine yerleştirilmesidir. Örneğin posterior mandibula da trabeküler kemik yapısı daha geniş ve daha az yoğundur^{30,31}. Bundan dolayı yerleştirilen implantlar planlanandan daha derine gömülebilmekte, dolayısıyla planlanmış pozisyona göre daha aşağıda konumlanarak mandibuler kanal içerisine yerleştirilebilmektedir³².

Mandibuler kanalın kısmi olarak implant frezi ile zedelenmesi sonucu meydana gelen inferior alveoler sinir hasarı implant frezlerinden çok; implant frezlerinin oluşturduğu travmaya sekonder olarak gelişen kanama ve skar oluşumu sonucu meydana gelmektedir¹³.

İmplant osteotomisi sırasında açığa çıkan ısının çevre dokularda meydana getirdiği termal etki sonucu da inferior alveoler sinir hasarı oluşabilmektedir. Frezleme sırasında açığa çıkan aşırı ısı dokularda fibrozis, osteolitik dejenerasyon ve nekroza sebep olabilmektedir. Açığa çıkan aşırı ısı sonucu inferior alveoler sinir etkilenebilmektedir³³.



Şekil 2.4: Osteotomi frezlerinin İnférieur Alveoler Sinire Etkileri. A: Mandibuler kanala kısmi intrüzyon, B: Mandibuler kanala tam intrüzyon. C: Kısmi intrüzyona bağlı meydana gelen hematoma. D: Termal hasar sonucu sekonder peri implant kemik nekrozu. E: Termal hasara bağlı inferior alveoler sinir hasarı¹³

2.3.1.3 Dental İmplantta Bağlı Meydana Gelen İnférieur Alveoler Sinir Hasarı

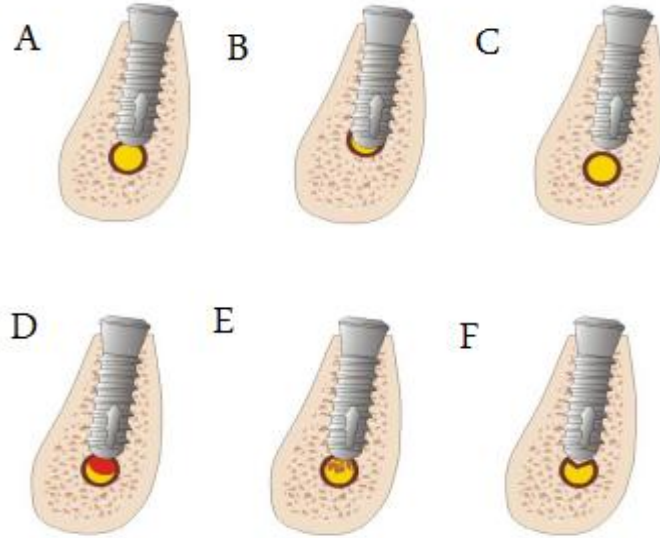
Dental implant kaynaklı inferior alveoler sinir hasarı direk intraoperatif olarak (Mekanik), dolaylı postoperatif olarak (iskemi) veya peri-implant enfeksiyonuna bağlı meydana gelebilmektedir²⁷. Direk mekanik yaralanma olarak implantın mandibuler kanal içerisine yerleştirilmesiyle sinir dokuda sıkışma, kesik veya tam kesi meydana gelebilmektedir.

Direk mekanik travmalardan sonra mandibuler kanal sınırına yerleştirilen dental implantlar sonucu; inferior alveoler sinirin küçük bir sinir ve terminal bir dal olmasından dolayı sinirde retrograd dejenerasyon meydana gelebilmektedir³⁴. Mandibuler kanal içerisine parsiyel olarak yerleştirilmiş bir implantta ise, ilişikteki nörovasküler dalda meydana gelen baskı ve iskemiye bağlı hasar meydana gelmektedir^{26,35}. Direk travma ile inferior alveoler hasarına daha çok immedat implant yerleştirilmesi sırasında karşılaşılmaktadır. İlgili sahada diş çekimi sırasında birkaç milimetrelik kemik doku hasar görebilmekte ve primer stabiliteyi arttırmak için dental implantlar apikale doğru ilerletilebilmektedir. Bunun sonucunda operasyon öncesi

ölçülen uzunluktan daha derine yerleştirilen implantlar mandibuler kanal içerisine yerleştirilebilmektedir. Bu durumu engellemek için çekim sonrası tekrar radyolojik olarak değerlendirme önerilmektedir²⁸. Sammartino et al.³⁶'nın yaptığı çalışmada oklüzal kuvvetler ve implant yerleştirilmesi sırasında inferior alveoler sinirin etkilenmesini önlemek için 1.5 mm uzaklık bırakılmasını önermişlerdir.

Dental implantların mandibuler kanala yakın yerleştirilmesi veya yakın frezleme sırasında meydana gelen hematoma basıncına bağlı da inferior alveoler sinir hasarı meydana gelebilmektedir. Mandibuler kanala yakın frezleme sırasında mandibuler kanalın çatısında meydana gelen kırık veya çatlak sonucu kanal içerisine doğru kanama meydana gelebilmekte ve inferior alveoler sinirde hasar meydana getirebilmektedir³⁷.

İnferior alveoler sinirin hasarı postoperatif enfeksiyona bağlı da meydana gelebilmektedir. Dental implant periapikal lezyonları, dental implantların apeksi çevresinde meydana gelen enfeksiyöz ve enflamatuvar dokuların radyolojik olarak gözlenmesidir. Bu dokularda meydana gelen kronik ya da akut enfeksiyonlara bağlı inferior alveoler sinirin hasarı meydana gelebilmektedir³⁸.



Şekil 2.5: Dental İmplantların Mandibuler Kanala Etkisi. A: Mandibuler kanala kısmi intrüzyon. B: Mandibuler kanala tam intrüzyon. C: İnfierior alveoler sinirde baskı meydana getiren mandibuler kanala çok yakın implant D: Mandibuler kanala çok yakın olan ve kanal içinde hematoma sebep olan dental implant. E: Mandibuler kanala kısmi intrüzyon ve debris birikimi. F: Mandibuler kanalın tavanını kıran ve inferior alveoler sinirde bası meydana getiren dental implant¹³

2.3.1.4 Dental İmplant Cerrahisinde İnfirior Alveoler Sinir Yaralanmalarının Diğer Sebepleri

Dental implant cerrahisinde yanlış operasyon tekniğine bağlı olarak da inferior alveoler sinir hasarı meydana gelebilmektedir. Bu tip yaralanmalar başlıca aşırı derecede rezorbe olmuş olan mandibulalarda mental foramenler hizasına dental implantlar yerleştirilirken veya yumuşak doku insizyonu yapıldığı sırada meydana gelmektedir. İnsizyonun mental siniri etkilemesini engellemek için insizyon hattını daha lingualde tutmak ve tam kalınlık flep eleve etmek gerekmektedir. Bunların dışında mental foramen hizasında flep elevasyonu, retraksiyon, sütür, ödem, basınç uygulaması sonucu da inferior alveoler sinir hasarı meydana gelebilmektedir.

Periferik sinirler üzerine yapılan 6 saatten fazla baskı sonucu sinir fibrillerinde atrofi meydana geldiği gösterilmiştir³⁹. İnfirior alveoler sinirin hasarından üç ay sonra kalıcı santral ve periferik değişimler meydana gelmekte ve cerrahi müdahaleye olumlu yanıt azalmaktadır⁴⁰. Altı ayı aşan sürede ise meydana gelen hasar kalıcı olmaktadır⁴¹.

2.3.2 İnfirior Alveoler Sinir Hasarı Sınıflandırmaları

2.3.2.1 Seddon Sınıflaması

1943 yılında Seddon⁴² mekanik sinir yaralanmalarını morfofizyolojik olarak üç ana başlıkta sınıflandırmıştır. Bu sınıflama hasarın zamanla ilerlemesine ve duyuşal iyileşme sürecine göre yapılmıştır. LaBanc⁴³ ise bu sınıflamayı trigeminal sinir için yapmıştır. Bu sınıflamada sinir yaralanmaları temel olarak 3 guruba ayrılmıştır.

2.3.2.1.1 Nöropraksi

Aksonda dejenerasyon meydana gelmemiş, tamamen iyileşen ve sadece iletim bloğu bulunan hasarı tanımlamaktadır. Nöropraksi sinir dokusunun gerilmesi, sinir dokusu üzerinde basınç oluşması ya da sinir demetine yapılan müdahale sonucu gelişebilmektedir. Endonörial kapillerlerde intrafasiküler ödem oluşturmaya yetecek kadar güçlü bir travma sonucu iletim bloğu meydana gelmektedir. Normal duyu fonksiyonu intrafasiküler ödemin çözülmesinden bir ila iki gün sonra, genellikle sinir hasarından bir hafta sonra tekrar geri kazanılmaktadır. Sinir dokusunun üzerine uygulanmış basınç miyelin kılıflarında mekanik ayrılmaya veya demiyelinize olmalarına sebep olabilmektedir. Bu tip bir yaralanma meydana geldiğinde ise duyu ya

da fonksiyonun geri kazanılması 1-2 ay içerisinde olmaktadır. Bu tip sinir hasarında inferior alveoler sinirin fonksiyon bozukluğu parestezi şeklinde gözlenmektedir⁴³.

2.3.2.1.2 Aksonotmesis

Sinir aksonunda meydana gelen hasar; sonrasında sırasıyla dejenerasyon ve rejenerasyon oluşmasını tanımlamaktadır. Bu tip yaralanmalar sinir dokunun genellikle kompresyonu (baskı) ya da traksiyonu(gerilme) sonucu meydana gelmektedir. Bu tip yaralanmalar sonucu ileri iskemi, intrafasiküler ödem veya demiyelinizasyon oluşabilmektedir. Sinir aksonunun zarar görmüş olmasına rağmen bu tip yaralanmalarda endonörial kılıf, perinörium veya epinörium zarflarında hasar bulunmamaktadır. Tamamen iyileşme 2-4 ay içerisinde meydana gelebildiği gibi 12 aya kadar uzayabilmektedir. Bu tip yaralanmalarda sinir hasarı meydana geldikten sonraki 2-4'üncü aylarda iyileşmenin belirtisi olarak duyu ya da fonksiyonda iyileşme izlenmeye başlanmakta ve takip eden 8-10 ay içerisinde iyileşme tamamlanmaktadır. Aksonotmesis tipi yaralanmalarda inferior alveoler sinirin fonksiyon bozukluğu ilk aşamada anestezi; iyileşme başladıktan sonra parestezi olarak gözlenmektedir⁴³.

2.3.2.1.3 Nörotmesis

Sinirin, bağ doku komponentlerini de içerecek şekilde tamamen hasar görmesini tanımlamaktadır. Bu tip yaralanmada duysal ve fonksiyonel iyileşme baskılanmıştır. Bu tip sinir yaralanmasının etiyojisi traksiyon, kompresyon, enjeksiyon yaralanması, kimyasal yaralanma, laserasyon veya avülsyondur. Bu tip hasar sonucu sinir fonksiyonunda direk anestezi gözlenmektedir. İlerleyen dönemde parestezi ve allodini, hiperpati, hiperaljezi, veya kronik ağrı gibi nöropatik bulgular gözlemlenebilmektedir. Bu tip yaralanmaların iyileşme potansiyelleri düşük prognoza sahip olmakla beraber; duysal ve fonksiyonel iyileşme tamamen meydana gelmemekte ve yüksek olasılıkla santral nörinom oluşmaktadır⁴³.

2.3.2.2 Sunderland Sınıflaması

1951 yılında Sunderland⁴⁴ sinir hasarlarını sinir gövdesinin yapısal dokularında meydana gelen hasara göre sınıflandırmıştır. Bu sınıflama da temel olarak 6 gruptan oluşmaktadır.

Tip 1 yaralanma; Seddon sınıflamasındaki nöropraksiyi tanımlamaktadır. Nöropraksi ya da tip 1 yaralanmada geçici bir iskemi meydana gelmektedir. Kan akımı tekrar sağlanabilirse sinir fonksiyonu genellikle normale dönmektedir. Uzun süreli iskemi durumunda ise iyileşme etkilenmektedir.

Tip 2 yaralanma; daha uzun süreli baskı ya da gerilme kuvvetlerine bağlı olarak meydana gelen intrafasiküler ödem, azalmış kan akımı ve iletim bozukluğu sonucu oluşmaktadır. Tip 2 yaralanmanın iyileşmesi değişkenlik göstermektedir.

Tip 3 yaralanma ise miyelin kılıflarında segmental mekanik ayrılmaya ve demiyelinizasyona sebep olan ciddi baskı veya germe kuvvetleri sonucu oluşmaktadır. İyileşme süresi uzundur. Duyusal hasar daimi olabilmektedir.

Tip 4 yaralanmalarda; sadece epinöriyum etkilenmemiştir. Tip 4 yaralanmalarda intrafasiküler parçalanma meydana gelmiş olup; bu tip yaralanmalarda klinik olarak hipoestezi, disestezi ve nöroma oluşumu ile karşılaşılmaktadır. Epinöral devamlılık bozulmadığı için ilerleyen dönemde nöroma oluşumu gözlenmektedir¹³.

Tip 2, tip 3 ve tip 4 yaralanmalar Seddon sınıflamasının aksonotmesisi ile uyumlu bulgular göstermektedir¹³. Afferent veya efferen fibriller hasar görmüş olup; endonöriyum, epinöriyum ve perinöriyum tabakaları sağlamdır. Cerrahi dekompresyon gerektirebilir. İyileşme aksonal rejenerasyona bağlıdır. Üçüncü tip yaralanmalarda intrafasiküler yapılarda (akson ve endonöriyum) da hasar meydana gelmişse ve klinik takiplerde iyileşme zayıf olarak gözlemlenirse, cerrahi rekonstrüksiyon gerekebilmektedir. Bu tip yaralanmaların prognozu kötü olup genellikle cerrahi rekonstrüksiyon gerektirmektedir⁴³.

Tip 5 yaralanma ise sinir dalında meydana gelen tam kesilme olarak tanımlanmıştır. Bu tip yaralanmalarda cerrahi yaklaştırma ve adaptasyon gerekmektedir⁴³. Tip 6 yaralanmada ise diğer tipteki yaralanmaların kombinasyonu şeklinde sınıflandırılmıştır. Tip 5 ve tip 6 yaralanmalarda iyileşme potansiyeli öngörülememektedir.

İnferior alveoler sinir yaralanmalarında yaralanma derecesinin belirlenmesinin en iyi yolu klinik bulguların dikkatli değerlendirilmesidir⁴¹. Sinir yaralanmasından sonra meydana gelen tam uyuşukluk zaman içerisinde iyileşiyorsa tip 1 veya tip 2 yaralanmanın meydana geldiği düşünülür. Başlangıç döneminde tam uyuşukluğun bulunması sinir dokuda tam bir ayrılmanın olduğunun kesin belirtisi değildir⁴⁵.

Çizelge 2.7: Sunderland Sınıflaması ve Seddon sınıflamasındaki karşılığı¹³

Sunderland	Seddon	Yaralanma	Klinik bulgu	İyileşme potansiyeli
Tip 1	Nöropraksi	İntrafasiküler Ödem, İletim bloğu	Nörit, Parestezi	Tamamen (1 gün- 1hafta)
		Segmental demiyelinizasyon	Nörit, Parestezi	Tamamen (1-2 ay)
Tip 2	Aksonotmesis	Akson hasarı, Endonöryal tüp sağ-lamdır	Parestezi, Aralıklarla disestezi	Tamamen (2-4 ay)
Tip 3		Endonöryal tüp hasarı	Parestezi, Disestezi	Yavaş, Tamamen iyileşmez (12 ay)
Tip 4		Sadece Epinöryum Sağlamdır	Hipoestezi, Disestezi, Nöroma oluşumu	Devamlılığı olan nöroma
Tip 5	Nörotmesis	Süreklilik kaybı	Anestezi, inatçı ağrı, nöroma oluşumu	Spontane İyileşme potansiyeli yoktur
Tip 6		Diğer yaralanma tiplerinin kombinasyonu	Diğer bulguların kombinasyonu	Öngörülemez

2.3.3 İnfirior Alveoler Sinir Hasarında Klinik Bulgular

İnfirior alveoler sinirin duyuusal hasarları; hastanın şikâyetleri ve mental bölge derisi, müköz membranlar, alt dudak ve ikinci premolar hizasına kadar olan gingival dokulardaki klinik semptomlara göre değerlendirilmelidir²⁸. Temel olarak, duyu hasarına bağlı meydana gelen semptomlar anestezi, parestezi ve disestezi olarak sınıflandırılabilir.

Anestezi; duyu hissinin ağrı dâhil olacak şekilde tamamen kaybı olarak tanımlanmaktadır.

Parestezi (karıncalanma) ise daha geniş bir anlama sahip olup; deri üzerinde rahatsızlık vermeyebilen karıncalanma hissini tarif etmektedir. Parestezi tanımına uygulanan stimülasyona azalmış tepki anlamına gelen hipoestezi ve uygulanan stimülasyona artmış tepki anlamına gelen hiperestezi de dâhildir.

Disestezi spontane veya mekanik uyaran ile meydana gelen ağrılı nöropatiyi (periferel sinir dokularında meydana gelen patolojik değişim) tanımlamaktadır. Bu kategori hiperaljeziyi (ağrılı olmayan bir uyarıya karşı gelişen hızlı ve ağrılı tepki), hiperpatiyi (gecikmiş ve uzun süren ağrı tepkisi), anesthesia dolorosayı (anestetik bölgede ağrı meydana gelmesi) ve allodyniyi (Normalde ağrı oluşturmayacak uyarana karşı oluşan ağrı) içerir.

Ağrı Çalışma Derneği (The Association for the Study of Pain) sıklıkla kullanılan nörosensöriyel tanımları terimler halinde standardize etmiştir⁴⁶.

Çizelge 2.8: Ağrı Çalışma Derneği'ne göre nörosensöriyel terimler⁴⁶

Anestezi	Tamamen duyu veya his kaybı
Disestezi	Rahatsızlık veren anormal duyu
Allodini	Normalde ağrı oluşturmayan uyararla meydana gelen ağrı
Hiperpati	Uyarana karşı meydana gelen anormal ağrılı reaksiyon
Kozalji	Sürekli yanma şeklinde ağrı
Anestezik doloroza	Anestezik bölgede ağrı meydana gelmesi
Parestezi	Rahatsızlık vermeyen anormal duyu
Hipoestezi	Uyarana karşı azalmış duyarlılık
Hiperestezi	Uyarana karşı artmış duyarlılık
Hipoaljezi	Normalde ağrılı olan bir uyarana azalmış tepki
Hiperaljezi	Normalde ağrılı olan bir uyarana artmış tepki
Sinestezi	Uyarılan bir alandan farklı bir alandan algılanan duyu hissi

2.3.4 İnfirior Alveoler Sinir Fonksiyonlarını Değerlendirme Metotları

Operasyon sırasında veya lokal anestezi uygulaması sırasında meydana gelen ani irkilme veya elektrik çarpma hissi gibi durumları hekimlerin not etmeleri gerekmektedir. İnfirior alveoler sinir hasarının sebebinin belirlenmesinde bu gibi faktörlerin not edilmesi önem kazanmaktadır^{37,47}. Posterior mandibulada yapılan her dental implant operasyonunda lokal anestezinin etkisinin geçmesi beklenmeli ve hasta ile iletişime geçilmelidir. Yaklaşık altı saat sonra lokal anestezinin etkisinin geçip geçmediği ve inferior alveoler sinir hasarı olup olmadığı öğrenilmelidir³⁷.

İnferior alveoler sinir hasarından şüphelenildiğinde, hekim nörosensöriyel muayenesini lokal anestezinin etkisi geçince mümkünse aynı gün içerisinde yapmalı; hastanın ağrı hissedip hissetmediğini, duyu kaybı veya değişimi olup olmadığını muayene ederek not etmelidir^{37,47}. Hekim nörosensöriyel yetersizlik bulunan alanı işaretlemeli ve ileride ki muayene seansları ile karşılaştırmak amacıyla fotoğraflamalıdır. Tanısal duyu muayenesinin amacı nörosensöriyel bir yetersizliğin mevcudiyetini, hasarı niceliksel olarak değerlendirmeyi, duysal iyileşmeyi gözlemlemeyi, mikro rekonstrüktif cerrahi gerekip gerekmeyeceğini ve mikro rekonstrüktif cerrahi sonrası duysal iyileşmeyi değerlendirmektir^{41,48,49}.

Maksillofasial cerrahi kaynaklı trigeminal sinir hasarını inceleyen birçok makale bulunmasına rağmen, sinir hasarını değerlendirmek için ideal bir metot üzerinde bir fikir birliği henüz oluşmamıştır. İnförior alveoler sinir hasarının tanısı sübjektif klinik duyu testi ve objektif duyu testleri ile konulmaktadır¹³.

Çizelge 2.9: Sübjektif klinik test metotları ve değerlendirilen yapılar¹³

Testin Adı:	Açıklama	Değerlendirilen yapılar
Mekanoseptif (Mekanik Reseptörlere ilişkin)		
Statik hafif dokunma	Hastadan yüzündeki hafif dokunmayı hissettiğinde hekimi uyarması ve tam noktayı göstermesi istenir	Miyelinli afferent A-β aksonları
Fırça yönü ayırımı	Hastadan yüzüne uygulanan fırçayı hissettiğinde hekimi uyarması ve fırçanın yönünü belirtmesi istenir	Kalın A-α ve A-β miyelinli aksonlar
İki nokta ayırımı testi (keskin)	Hastadan yüzüne uygulanan tek ve çift noktalı dokunmayı hissettiğinde hekimi uyarması istenir. Hekim ucu sivri iki alet kullanarak uzaklıkları değiştirebilir.	Küçük miyelinli A-δ ve Miyelinsiz C-fferent fibrilleri
İki nokta ayırımı testi (künt)	Hastadan yüzüne uygulanan tek ve çift noktalı dokunmayı hissettiğinde hekimi uyarması istenir. Hekim ucu künt iki alet kullanarak uzaklıkları değiştirebilir.	Büyük miyelinli A-α afferent fibriller
Nosiseptif(Ağrı reseptörüne ilişkin)		
Pin baskısı	Hastadan Pin ile oluşturulan batmayı hissettiğinde hekimi uyarması istenir	Serbest sinir sonlanmaları ve küçük A-δ ve C- fibrilleri
Termal ayırt etme (sıcak)	Hastadan sıcaklığı hissedip hissetmediğini belirtmesi istenir	A-δ
Termal ayırt etme (soğuk)	Hastadan soğukluğu hissedip hissetmediğini belirtmesi istenir	C fibrilleri

2.3.4.1 Sübjektif Klinik Duyu Testleri

Günlük klinik hayatta sübjektif klinik duyu testleri hala sıklıkla tercih edilmektedir. Sübjektif nörosensöriyel duyu testleri iki temel kategoriye ayrılmaktadır. Bu ayırım mekanoseptif testler (Mekanik duyu reseptörleriyle ilgili) ve nosiseptif testler (Ağrı reseptörlerine ilişkin) olmak üzere değerlendirdikleri reseptörlere göre sınıflandırılmışlardır⁴⁸.

2.3.4.1.1 Mekanoseptif (Mekanik Reseptörler İle İlgili) Testler

Statik Hafif Dokunma Testi: Bu test miyelinli afferent A-β aksonlarını besleyen hücrelerin bütünlüğünü değerlendirmektedir. Bu reseptörlerin basınç tarzı uyararı ilettiği kabul görmüştür. Kalın miyelinli A-β fibrilleri baskı yaralanmalarına karşı oldukça dayanıksızdırlar ve kolayca etkilenirler. Bu testte hasta gözlerini kapatır ve yüzüne uygulanan hafif dokunuşu hissettiği zaman sözlü tepki verir. Ayrıca hastadan hissettiği noktayı kesin olarak göstermesi istenir¹³.

Fırça Yönü Ayrımı: Bu test propriyosepsiyon (Vücut içerisinde oluşan bilinç ve istem dışı hareket algısı) duyusunu test etmek için kullanılır. Bu test ile A-α ve A-β miyelinli aksonların bütünlüğü değerlendirilir. Bu sinir liflerinin titreşim, dokunma ve sarsılma tipi uyarıyı ilettiği kabul görmüştür. Hastadan fırçanın hareketini algıladığında sözlü uyarı vermesi ve hangi yöne doğru hareket ettiğini söylemesi istenir.

İki Nokta Ayrımı: Bu testte fonksiyonel duyu reseptörlerinin ve afferent fibrillerin yoğunluğu, niceliği değerlendirilmektedir. Keskin uçlu iğneler kullanıldığında ince miyelinli A-δ ve miyelinsiz afferent C fibrilleri değerlendirilir. Künt iğneler ile yapıldığında kalın A-α afferent fibrilleri değerlendirilir. Aynı noktadan temas eden iki iğne giderek birbirinden uzaklaştırılır. Hastanın iki farklı uyarıyı hissettiği ilk aralık ölçülerek not edilir. Ancak bu testte normal değerler değişkenlik göstermektedir. Ortalama normal değer yaklaşık 5mm civarındadır⁵⁰.

2.3.4.1.2 Nosiseptif (Ağrı Reseptörleriyle İlişkili) Testler

Pin Baskı Testi: Bu test serbest sinir sonlanmalarını ve ağrı duyusunu ileten ince A-delta ve C fibrillerinin fonksiyonlarını değerlendirmektedir. Bu test için en çok kullanılan enstrüman Algesimetre'dir. Bu enstrüman iğne ucu ve ortodontik kuvvet ölçerden meydana gelmektedir. İğnenin keskin ucu ağrılı uyarıyı oluşturmak için

kullanılırken; künt ucu ise basınç oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu test etkilenen bölgeye uygulanmadan önce etkilenmemiş tarafta ağrı eşiğinin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu testte de normal değerler değişkenlik göstermekle beraber 15 gramlık bir kuvvetin yeterli olduğu düşünülmektedir⁵¹. Etkilenmemiş bölgeye göre, etkilenmiş alanda pim basıncına karşı gelişen aşırı tepki hiperaljezi olarak tanımlanmaktadır. Etkilenmemiş alana göre etkilenmiş alanda pin basıncına karşı gelişen daha düşük tepki ise hipoaljezi olarak tanımlanmaktadır. Anestezi de ise tepki ile karşılaşılmamaktadır.

Termal Ayırım Testleri: duyu değerlendirmesinde kullanışlıdır ancak olmazsa olmaz değildir. Bu testler de pin basınç testleri gibi ince miyelinli ve miyelinsiz fibrillerin bütünlüğünü değerlendirmektedir. Sıcak hissini A- Δ fibrillerinin; soğuk hissini ise C-fibrillerinin ilettiği kabul görmüştür.

Diagnostik sinir bloğu: ağrılı semptomların varlığında uygulanmaktadır. Bu test ağrının kaynağını, mekanizmasını, iletim yolunu ve ağrıyı gidermenin yollarını belirlemek için kullanılmaktadır. Blok enjeksiyon sayesinde ağrı giderilebiliyorsa mikro rekonstrüktif cerrahinin prognozu iyi olmaktadır¹³.

2.3.4.2 Objektif Klinik Duyu Testleri

2.3.4.2.1 Trigeminal Somatosensöriyel Uyarılmış Potansiyeller Testi (Trigeminal Somato-Sensory Evoked Potentials – TSEP)

Bu test trigeminal yolun değerlendirilmesi için kullanılan elektro fizyolojik bir testtir. Periferik sinirlerin elektriksel olarak uyarılmasıyla serebral potansiyel değişimleri kafa derisi üzerinden tespit edilmektedir⁵². Uyarı oluşturan elektrotlar uyarılmak istenen bölgeye; alıcı elektrotlar ise kafa derisine yerleştirilmektedir⁵²⁻⁵⁴. Uyarılara karşı meydana gelen tepkiler grafik halinde değerlendirilmekte ve ortalamaları alınmaktadır. Oluşan grafik üzerinde pik gecikmeleri ve pik yüksekliği açısından analiz edilmektedir. Ancak bu geleneksel yöntemin; istenmeyen miyografik artefaktları, kayıt güçlüğü ve standart olmayan klinik teknikler gibi dezavantajları bulunmaktadır^{55,56}.

2.3.4.2.2 Ortodromik (İletim Doğrultusunda) Duyu Siniri Aksiyon Potansiyeli (Orthodromic Sensory Nerve Action Potentials - SNAP)

İnferior alveoler sinirin fonksiyonunu gözlemlemek için kullanılan bir diğer objektif yöntemdir^{57,58}. Rutin olarak elektromiyografi ile beraber periferik sinirlerin fonksiyonunu değerlendirmek amacıyla kullanılır. Kaydedici elektrot temporomandibuler eklemin önünde zigomatik arkın altına mandibuler sinire olabildiğince yakın olacak şekilde yerleştirilir^{58,59}. Uyarıcı elektrotlar ise mental foramene mümkün olduğunca yakına yerleştirilir. Duyu siniri aksiyon potansiyeli gecikmeleri ve yükseklikleri kaydedilir⁴⁸.

Colin et al.⁶⁰ hasar görmemiş inferior alveoler sinir iletim hızını cinsiyete, sağa ve sola göre değerlendirmiş ve aralarında bir fark bulamamıştır. Ortalama hız 65,0 m/sn. olarak belirtilmiştir. Yaşın ilerlemesiyle ortalama hızda az miktarda azalma meydana gelmektedir diye belirtilmiştir. Sonuç olarak iletim hızı ölçümünün; sağlıklı bireylerde, hasar görmüş sinirlerde, cerrahi müdahaleler sonrası pratik ve uygulanabilir olduğunu belirtmiştir.

2.3.4.2.3 Göz Kırpma Refleksi

İlk olarak Kugelberg et al.⁶¹ tarafından elektriksel uyarana karşı gelişen göz kırpması tanımlanmıştır. Jääskeläinen et al.⁶² ise ilk olarak mental sinir uyarımına bağlı göz kırpması refleksi tanımlamışlardır. Bu teknikte aktif kayıt elektrotları göz çevresindeki orbicularis oculi kasının lateral tarafına bilateral olarak yerleştirilmektedir. Referans elektrotları ise burunun iki yanına yerleştirilmektedir. Toprak elektrotu ise kola sarılmaktadır. Göz kırpması refleksi küçük, iki ucu arasında 10 mm mesafe olan, bipolar uçlu elektrotlar yardımıyla sağlanmaktadır. Uyarıcı katot ise alt dudakın orta hat ile ağız köşesi ortasına, vermilyon sınırına yerleştirilmektedir. Anot elektrot ise her iki tarafta katot ucun biraz daha aşağısında konumlandırılmaktadır. Mental sinirin uyarılması ise daha büyük bir yüzey elektrotu ile anot ve katot elektrotları arasından yapılmaktadır. Göz kırpması refleksi her iki taraf için kaydedilmekte ve iki taraf arasında meydana gelen fark hesaplanmaktadır. Bu tekniğin inferior alveoler sinir lezyonlarının tespitinde duyarlı bir test olduğu belirtilmiştir⁶³.

2.3.5 İnfirior Alveoler Sinir Hasarı Meydana Gelen Hastaların Yönetimi

Çizelge-5 inferior alveoler sinir hasarının önlenmesi ve hasar meydana geldiğinde uygulanması gereken tedavi yöntemlerini dokuz aşamada özetlemektedir¹³. Bu aşamalar inferior alveoler sinir hasarı tedavisinin tüm fazlarını içermektedir.

2.3.5.1 - 1. Aşama: Genel Risk Faktörlerinin Kayıt Altına Alınması

Tüm hastaların gerçekçi beklentiler içerisinde olduğundan emin olunmalı ve hastalar inferior alveoler sinir hasarı açısından uyarılmalıdır. Aydınlatılmış onam formu detaylı bir şekilde hastalara açıklanarak ortak imza altına alınmalıdır²⁷. Dental implant operasyonundan önce hekimlerin, operasyon öncesi duyu kaybı mevcudiyetini belirlemek amacıyla detaylı bir nörosensöriyel muayene yapması önerilmektedir⁴⁷. Yaş ve cinsiyet açısından ileri yaş ve kadın hasta gruplarında nörosensöriyel eksiklik daha fazla risk altındadır. İleri yaşlı bireylerde hücre gövde rejenerasyonunun daha yavaş olduğu gösterilmiştir^{14,40,64}.

2.3.5.2 - 2. Aşama: İntraoperatif Risk Faktörlerinin Kayıt Altına Alınması

Lokal anestezi sırasında meydana gelen arteriyel, venöz pozitif aspirasyon veya ağrı (elektrik çarpması, irkilme) her zaman inferior alveoler sinir hasarına sebep olmamaktadır. Ancak lokal anestezinin etkisi geçince hastalar ile iletişime geçilmelidir^{15,21}.

2.3.5.3 - 3. Aşama: Hasta Şikayetinin Belirlenmesi

Sinir hasarından şüphelenildiğinde veya hastanın şikayetini belirtmesi üzerine hekimin en geç 36 saat içerisinde hastanın detaylı nörosensöriyel muayenesini yapması önerilmektedir³⁷.

2.3.5.4 - 4. Aşama: Postoperatif Değerlendirme ve Tanı

İnfirior alveoler sinir hasarı birçok sebebe bağlı olarak meydana gelebilmektedir. Tedavinin doğru planlanabilmesi için hasarın gerçek sebebinin belirlenmesi, hasarın meydana geldiği noktanın belirlenmesi ve hasarın ciddiyetinin değerlendirilmesi gerekmektedir¹. Nörosensöriyel kaybın bulunduğu alan işaretlenmeli ve ilerde karşılaştırmak üzere veya mikrovasküler cerrahi konsültasyonu için

fotoğraflanmalıdır⁴⁷. Hasarın meydana geldiği noktanın belirlenmesi için CBCT veya panoramik grafilerden yararlanılabilir.

2.3.5.5 - 5. Aşama: Medikal Tedavi

İnferior alveoler sinir hasarı hastanın yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bundan dolayı hastalar üzerinde negatif psikolojik etki oluşturabilmektedir. Bu durumu önlemek için hastaya meydana gelen hasar detaylı olarak açıklanmalı, hasta bilgilendirilmeli ve gerekli durumlarda psikolojik destek için konsültasyon istenmelidir. Inferior alveoler sinir hasarı meydana geldiğinde hastanın gerçekçi beklentilere sahip olduğunu kontrol etmek gerekmektedir.

Fizyolojik tedavi olarak ilk 36 saat içerisinde dental implantın mandibuler kanal ile teması olduğu gözlenirse veya basınç oluşturduğu gözlenirse dental implantın çıkarılması önerilmektedir^{28,37,65}. Daha sonrasında iritan olabilecek kemik partikülleri veya hematoma uzaklaştırılmalıdır⁶⁶. Kemik greft materyallerinin osteotomi sahasına yerleştirilmesi mandibuler kanal içerisine yer değiştirilerek sinir doku iyileşmesini etkileyebileceğinden dolayı önerilmemektedir⁶⁷. Eğer hasara sebep olan dental implant osseoentegre ise trefine frez ile çıkarılabilir. Alternatif olarak dental implanta apikal rezeksiyon uygulanabilir²⁴.

Akut sinir yaralanmalarının medikal tedavisi kortikosteroidler ve steroid olmayan antiinflamatuar ilaçlar ile yapılmaktadır. Adrenokortikosteroidlerin sinir yaralanmalarından sonra ilk bir hafta içerisinde yüksek doz olarak uygulanmasının oluşabilecek nöropati riskini azalttığı belirtilmiştir⁶⁸⁻⁷⁰. Buna ek olarak adrenokortikosteroidlerin hasar görmüş sinir demetlerinden akson filizlenmesi veya ektopik tomurcuklanmaları engellediği bildirilmiştir⁷¹.

Dental implant cerrahisi sırasında sinir dokuda gerilme veya baskı olduğu fark edilirse topikal deksametazon uygulaması önerilmektedir. Bir veya iki mililitre intravenöz deksametazon formu topikal olarak 1-2 dakikalığına uygulanabilmektedir. Adrenokortikosteroidlerin direk uygulaması enflamasyonu azaltacak ve şişliğe bağlı meydana gelen baskı kuvvetlerinin azalmasına yardımcı olacaktır⁶⁷.

Periferik sinirlerde meydana gelen yaralanma nöral kılıfın ödeme ve mikro sirkülasyonun bozulmasına sebep olan travmatik enflamasyonla sonuçlanmaktadır⁴³. Hasar görmüş sinir dokuda meydana gelecek enflamatuvar reaksiyonları kontrol altına

almak için oral steroidler reçete edilebilir. Oral deksametazon 4 mg tablet sabahları alınacak şekilde 3 gün ve 1 tablet takip eden üç gün reçete edilebilir. Alternatif olarak oral prednizolon 1 mg/kg olacak şekilde (maksimum 80 mg) reçete edilebilir^{1,28}. İlave veya alternatif olarak yüksek doz steroid olmayan antienflamatuar ilaçlar reçete edilebilir (800 mg ibuprofen günde 3 defa 3 hafta boyunca)⁴⁷. Ağrı algısı ve sıcaklık ağrısı ilk olarak iyileşen duyular olup; diğer duyular daha sonra iyileşmektedir⁷².

Kriyoterapinin (soğuk uygulama) ödeme bağlı meydana gelen sekonder sinir hasarını azalttığı gösterilmiştir. Trigeminal sinir hücrelerinin dejenerasyon oranını azaltmakta ve nöroma oluşum olasılığını azaltmaktadır⁷³. Soğuk uygulamasının, operasyon sonrası düzenli olarak uygulandığında iyileşmeyi anlamlı derecede olumlu olarak etkilediği gösterilmiştir¹.

Transkütanöz elektrik sinir stimülasyonu (TENS), akupunktur ve düşük seviyeli lazer tedavileri gibi ek fizyolojik terapiler nörolog tarafından önerildiğinde uygulanabilir^{74,75}.

2.3.5.6 - 6. Aşama: Post Operatif 1. Hafta Muayenesi

Operasyon sonrası 1. haftada hekim iyileşme miktarını değerlendirmeli, hematoma ve ödemin çözülmesini değerlendirmeli ve inferior alveolar sinirin nörosensöriyel fonksiyonunu değerlendirmelidir. Parestezi mevcut ise 3 hafta boyunca her hafta ve sonrasında 2-3 haftada bir olacak şekilde 12 haftalık bir sürede hasta kontrol edilmelidir¹³.

2.3.5.7 - 7. Aşama: Post Operatif 1. Hafta Tedavisi

Bu aşamada tedavi gerektirecek bir durum mevcutsa daha önce belirtildiği gibi medikal tedavi uygulanabilir. Inferior alveolar sinirin tam kesisi mevcut ise, duyu alanında tam anestezi veya disestezi mevcudiyeti varsa mikronörocerrahi endikasyonu vardır. Hasta mikronörocerrahi kliniğine yönlendirilmelidir⁷⁶. Altı aydan uzun bir süre sonra yapılan mikro cerrahi müdahalelerde duyuusal iyileşmenin sınırlı olarak meydana geldiği bildirilmiştir⁵⁹.

2.3.5.8 - 8. Aşama: 12. hafta Postoperatif Muayene

İnferior alveoler sinir fonksiyon bozukluğu mevcut olan vakalarda muayene yapılmalı ve iyileşme miktarı karşılaştırılmalıdır.

2.3.5.9 - 9. Aşama: 12. hafta Postoperatif Tedavi:

Endikasyona göre medikal tedavi verilebilir. İnförör alveoler sinir fonksiyonunda düzelme ya da iyileşme meydana gelmeyen hastaların mikronörocerrahi konsültasyonu yapılmalıdır.

Çizelge 2.10: İnförör alveoler sinir hasarı ve hasar yönetimi¹³

Aşamalar	İnförör Alveoler Sinir Hasarı Tedavi Prosedürleri
1. Aşama Genel risk faktörlerinin belirlenmesi	Genel risk faktörlerinin kayıt altına alınması: -Aydınlatılmış onam, -İmplant yerleştirilmesinden önce nörosensöriyel muayene yapılmalı, -Anatomik ve radyolojik risk faktörlerinin belirlenmesi, -Demografik bilgiler
2. Aşama İntraoperatif risk faktörlerinin belirlenmesi	İntraoperatif risk faktörlerinin belirlenmesi: -Hasar meydana geldiği düşünülüyorsa hasta inferior alveoler sinir hasarı hasta gurubuna dahil edilmelidir
3. Aşama Hasta şikayetinin belirlenmesi	Lokal anestezinin etkisi geçilince hasta ile iletişime geçilmeli -Bu görüşmede hastada inferior alveoler sinir hasarı şüphesi mevcutsa inferior alveoler sinir hasarı hasta gurubuna dahil edilmelidir
4. Aşama -Postoperatif değerlendirme, - post operatif risk faktörlerinin belirlenmesi, -teşhis	Nörosensöriyel Muayene: Hasarın ciddiyetini ölçmek için detaylı bir muayene yapılmalı ve duyu kaybı olan alan işaretlenerek ilerde karşılaştırmak üzere fotoğrafları alınmalıdır. Radyografik Muayene: Hasarın meydana geldiği noktanın ve/veya hasarı implant kaynaklı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla alınır. Post Operatif Risk Faktörlerinin Belirlenmesi: Hasarın şiddeti, hasarın meydana geldiği andan itibaren geçen süre ve hasarın hücre gövdesine olan uzaklığı değerlendirilir.
5. Aşama	Psikolojik Tedavi: Detaylı açıklama, bilgilendirme ve destek Fizyolojik Tedavi: Mandibuler kanal ile ilişkili olduğu radyolojik olarak doğrulanan veya inferior alveoler sinirin duyu iletiminde eksik olduğu gözlemlenirse implantın çıkarılması İrritan olabilecek yapıların mümkünse uzaklaştırılması (kemik artıkları, hematoma

Çizelge 2.11. Devamı

-Tedavi	<p>Medikal tedavi: Non-steroid antienflamatuar ilaçlar ve steroidler (3 Hafta)</p> <p>-Topikal olarak 1 ml deksametazon (IV form- 4 mg/ml)</p> <p>-oral deksametazon 4 mg 2 tablet AM 3 gün, 1 tablet AM ek üç gün</p> <p>-oral prednizolon 1 mg/kg günlük (Max: 80 mg).</p> <p>-Alternatif olarak veya destekleyici tedavi olarak yüksek doz NSAID (İbuprofen 800 mg günde 3 kere)</p> <p>Kriyoterapi: Çevre dokulara postoperatif ilk 24 saat düzenli daha sonraki hafta boyunca düzenli aralıklarla soğuk uygulanmalıdır.</p> <p>Ek Tedaviler:</p> <p>-Gerekli durumlarda antidepresanlar, antikonvülsanlar, antisempatik ajanlar ve topikal ajanlar</p> <p>-Nörolog önerisi dahilinde fizyolojik terapiler: Tens, akupunktur, düşük seviye lazer</p>
6. Aşama Postoperatif 1. Hafta değerlendirilmesi	<p>Nörosensöriyel değerlendirme: İnférieur alveoler sinirde meydana gelen iyileşme miktarını gözlemlemek için yapılır. Duyu kaybı olan alan tekrar işaretlenir ve fotoğraflanır. Daha sonra karşılaştırma yapılır. Parestezi mevcutsa 3 hafta boyunca her hafta değerlendirme yapılır. 1. Aydan sonra 2-3 haftada bir 12 hafta boyunca değerlendirme yapılmalıdır.</p> <p>Klinik değerlendirme: Postoperatif iyileşme, hematoma ve ödem değerlendirilir.</p>
7. Aşama Postoperatif 1. Hafta tedavi	<p>Psikolojik yaklaşım:</p> <p>Medikal Tedavi:</p> <p>Oral NSAID: Yüksek doz (800 mg ibuprofen 3X1) 3 hafta gerekli görülürse 12 haftaya kadar uzatılabilir.</p> <p>Mikronörocerrahi: Operasyon sırasında İAS kesisi, ilgili sahada disestezi veya anestezi mevcutsa mikro cerrahi konsültasyonu</p>
8. Aşama Postoperatif 12. hafta değerlendirme	<p>Nörosensöriyel değerlendirme: İnférieur alveoler sinirde meydana gelen iyileşme miktarını gözlemlemek için yapılır. Duyu kaybı olan alan tekrar işaretlenir ve fotoğraflanır. Daha sonra karşılaştırma yapılır.</p>
9. aşama Postoperatif 12. Hafta tedavi	<p>Medikal tedavi: Gerekli görülürse eklenebilir</p> <p>Mikronörocerrahi: İlerleme 12. Haftanın sonunda gözlemlenmezse mikronörocerrahi</p> <p>Ek tedaviler: Farmakolojik veya fizyolojik ek tedaviler eklenebilir.</p>

2.4 Elektrofizyolojik Ölçümler

Membran potansiyelleri ve aksiyon potansiyelleri genel olarak vücudun bütün hücrelerinde bulunmaktadır. Bu hücrelerden sinir ve kas hücreleri, hücre membranı boyunca hızlı elektrokimyasal değişiklikler meydana getirme kapasitelerine sahiptir.

Böylece, meydana gelen bu değişim sinir aksonu boyunca ya da kas hücreleri boyunca sinyal iletimine olanak sağlamaktadır. Sinir hücrelerinde meydana gelen bu durum hücreler arası bilgi transferinin yolunu oluşturmaktadır. Salgı hücreleri gibi farklı hücrelerde ise bu iletim, ilgili hücrelerin farklı fonksiyonlarını aktive etmektedir. Kas hücrelerinde kontraksiyon oluşumu sağlanırken; endokrin hücrelerde ise hormon salınımına sebep olmaktadır. Sinir hücrelerinde meydana gelen aksiyon potansiyelleri impuls olarak adlandırılmaktadır.

Membran potansiyellerinin ölçümü teorik olarak basit; ancak sinir fibrillerinin çapının küçük olmasından dolayı uygulamada zordur. Sinir demetlerinin çapının daha kalın olması sebebiyle sinir demetlerinden aksiyon potansiyeli ölçümü görece olarak daha kolaydır.

2.4.1 Sinir doku Aksiyon Potansiyeli

Sinir dokuda iletilen sinyaller aksiyon potansiyeli oluşumu yoluyla sağlanmaktadır. Aksiyon potansiyeli sinir hücre membranı boyunca hızlıca ilerleyen potansiyel değişimini tanımlamaktadır. Her aksiyon potansiyeli dinlenme halinde bulunan sinir membranında (negatif), pozitif potansiyele dönüşüm ve ardından yine negatif dinlenme periyoduna dönme ile sonlanır. Gelen sinyalin iletilmesi sinir hücre membranı boyunca bu potansiyel değişiminin sinir fibrilinin sonuna kadar gerçekleşmesi ile oluşur. -90 mV' da polarize şekilde dinlenme pozisyonunda bulunan sinir membranına impuls geldiği zaman sodyum kanalları açılarak depolarizasyon dönemini başlatır. Depolarizasyon dönemi +35 mV a kadar devam etmektedir. Depolarizasyondan çok kısa bir süre sonra ise potasyum kanalları açılır ve hücre membranı tekrar repolarize hale geri dönmektedir. Böylece gelen sinyal sinir hücre membranında sinir fibrili boyunca son noktaya doğru iletilmektedir.

2.4.2 Uyarılmış Potansiyel – Uyarılmış Tepki

Uyarılmış potansiyel insan veya hayvan sinir sisteminden bir uyarı sonucu elde edilen elektriksel potansiyelin kayıt edilmesidir. Bu amaçla, sinir sisteminde meydana gelen sinyallerin kaydı beyin kökü, spinal kord, serebral korteks veya periferal sinirlerden elde edilebilir. Periferal sinirlerde yapılan sinir iletim çalışmalarında

uyarılmış potansiyeller sinir dokusundan kayıt edilebilmektedir. Motor sinirlerden elde edilen kayıtlar bileşik motor aksiyon potansiyeli (Compound Motor Action Potentials-CMAP) olarak tanımlanırken; duyu sinirlerinden elde edilen kayıtlar duyuşsal bileşik aksiyon potansiyeli (Sensory Nerve Action Potentials – SNAP) olarak tanımlanmaktadır.

Duyu ya da mikst periferel tip sinirlerin, ameliyat sırasında uyarılarak sinir gözlemi yapılmasına ise ‘Operasyon Sırasında Nörofizyolojik Sinir Gözlemi (Intraoperative neurophysiologic monitoring - IONM)’ denilmiştir. Bu teknik 1970’li yıllardan günümüze giderek operasyonlar sırasında daha fazla yer bulmaktadır.

2.5 Elektriksel Sinir Konum Belirleyici Cihazlar

İntraoperatif ve postoperatif analjezi sağlamak amacıyla kullanılan cihazlar son yıllarda birçok gelişme göstermiştir. Periferel sinirlerin perkütanöz olarak uyarılma yoluyla tespit edilmesi 1960’lı yıllardan beri uygulanmaktadır. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda küçük, hassas ve pille çalışan cihazlar geliştirilmiştir⁷⁷. Başarılı reyonel anestezi uygulamaları için ilgili sinir veya sinir pleksusu konumunun başarılı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir⁷⁸. Periferel sinirlerin elektrikle uyarılması sonucu sinir morfolojisine göre seğirme, parestezi veya bu iki belirtinin kombinasyonları gözlenebilmektedir. Elektrikli sinir konum belirleyici cihazlar yeterli yakınlıkta olduklarında bu belirtileri oluşturarak ilgili sinirin yakınlığı hakkında fikir vermekteler. Günümüzde periferel sinirlerin yerinin tespiti için sinir stimülasyonu altın standart olarak değerlendirilmektedir. Birçok gelişmiş ülkede periferel sinirlerin konumlarının belirlenmesi için kullanılan en sık yöntem sinir stimülasyonudur⁷⁹.

Elektrikli sinir konum belirleyici cihazlar üretilmeden önce uygulanan anestezi teknikleri daha çok anatomik bilgiye ve anatomik noktalara bağlı olarak yapılmaktaydı. Ancak bu durum postoperatif nörolojik sekellere sebep olabilmektedir⁸⁰. Bu sekellerin etiolojisinde genellikle iğneye bağlı veya enjeksiyona bağlı meydana gelen travma bulunmaktadır.

2.5.1 Sinir Uyarımını Etkileyen Elektro-Fizyolojik Faktörler

Elektriksel olarak bir sinirde impuls meydana getirebilmek için, ilgili sinire eşik değerinden daha yüksek bir uyarı verilmelidir. Bu eşik değerinin altında yapılan

uyarılarda impuls oluşturmak olanaksızdır. Bir sinirin uyarılabilmesi için akımın şiddeti ve süresi arasındaki ilişki önemlidir. Bu ilişki taban-eşik akım (rheobase) ve kronaksi (chronaxy) terimleri ile açıklanmaktadır. Eşik akım bir siniri uyarabilmek için gereken minimum akım iken; kronaksi ise bir siniri eşik akımın iki katı kadar uyarabilmek için gereken minimum akım süresi olarak açıklanmaktadır⁷⁸. Akım, eşik akımı ve kronaksi arasındaki ilişki aşağıda ki denklem ile açıklanmaktadır.

$$I = Ir (1 + C/t)$$

Yukarıdaki denklemde I akımı, Ir taban akımını, C kronaksiyi ve t de uyarının süresini tanımlamaktadır. Bu denkleme göre de bir siniri uyarabilmek için uyarı genişliği ya da süresi önem kazanmaktadır. Kronaksi değişik sinir tiplerinin eşik değerlerinin ve farklı sinir tiplerinin karşılaştırılmasında kullanılmaktadır. Büyük motor fibriller ($A\alpha$) daha kısa kronaksiye sahip olup (0,05- 0,1 ms) daha kısa uyarı süreleri ile uyarılabilmektedir. $A\delta$ (0,150 ms) veya C fibrilleri (0,4 ms) gibi daha uzun kronaksiye sahiptirler. Bundan dolayı daha büyük ve motor sinir olan $A\alpha$ tipi lifleri ağrı iletiminde rol oynayan fibrilleri etkilemeden uyarmak mümkün olabilmektedir. Duyu sinirlerinde ise, daha uzun atımlı akım kullanarak ilgili sinire temas etmeden parestezi oluşturmak mümkündür.

Uyarının oluşturulduğu elektrot ilgili sinirden ne kadar uzak ise; ilgili siniri uyarabilmek için daha fazla akım şiddeti gerekmektedir. Kolomb kanunu eşik akım şiddeti için gerekli olan uyarı şiddetinin uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğunu belirtmektedir^{78,79}. Bu denklemde E sinirdeki eşik akım gücünü, K sabit değeri, Q elektrot ucundan uygulanması gereken minimum akımı ve r ise uzaklığı belirtmektedir.

$$E = K (Q/r^2)$$

Sinir uyarımı için elektrotların dağılımı ise anot ve katodun yerleşimine göre değişebilmektedir. Sinire yakın uyarıcı elektrotun katot (negatif) olarak konumlandırıldığı durumlarda çok daha az akım ile sinirin uyarılması mümkün olmaktadır⁸¹. Bu uyarma şekli akson doğrultusunda yapıldığı için ortodromik uyarım olarak adlandırılmaktadır. Uyarıcı elektrot katot olarak konumlandırıldığında komşuluğunda olduğu sinir membranında depolarizasyon meydana getirmekte ve daha kolay aksiyon potansiyeli oluşturmaktadır. Uyarıcı elektrot anot (pozitif) olarak konumlandırıldığında ise uygulanan akım elektrot çevresinde hiperpolarize bir alan meydana getirmekte ve depolarizasyon elektrot ucunun arka kısmında oluşmaktadır. Bu sorun üretici firmalar tarafından uyarıcı elektrot katot olacak şekilde standart olarak üretilerek garanti altına alınmıştır.

Elektriksel sinir konum belirleyici cihazlar akım üretici bölüm, akım çıkış yolu, akım ölçer, çıkış akım kontrolü, uyarı genişliği - süresi, frekans düğmesi ve uygulayıcı elektrot (yalıtılmış iğne) gibi elemanlardan oluşmaktadır.

Akım çıkış yolu, akım üreticide üretilen akımın yalıtılmış iğneye olan bağlantısını sağlamak amacıyla kullanılır. Akım ölçer ise uygulanan akım miktarının mA (mili amper) cinsinden değerini vermektedir. Akım çıkış kontrol düğmesi ise akımın şiddetini ayarlamak yani arttırıp azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Uyarı genişliği düğmesi uygulanacak olan uyarının süresini belirlemede kullanılmaktadır. Frekans düğmesi ise 1 veya 2 Hz (Hertz) ile akım frekansını ayarlamaktadır. 2 Hz olarak ayarlandığında operatörün daha hızlı yanıt almasına olanak sağlarken; aynı zamanda bilinçli hastalarda rahatsızlık oluşturabilmektedir. Ağrı durumunda frekansın azaltılması faydalı olabilmektedir. 2 Hz olan frekansta saniyede 1 mm ilerlenmesi önerilmektedir.

Yalıtılmış iğneler uygulanan akımın dağılmadan sadece iğnenin ucundan dokuya iletilmesine olanak sağlamaktadır. Yalıtılmamış iğneler kullanıldığında ise uygulanan akım iğneden her yöne dağılmakta ve ilgili siniri uyarmak için daha yüksek akıma ihtiyaç duyulmaktadır⁸². İdeal olarak sinir stimülatör cihazlar tekrarlanabilir, monofazik uyarılar oluşturmalıdır⁷⁹.

Uygulamaya başlarken başlangıç akım şiddeti 1-2 mA ve akım genişliği 0,1 ms olacak şekilde başlanılmalı ve anatomik noktalar göz önüne alınarak ilerlenmelidir. Teorik olarak bu şekilde ayarlanmış bir uyarı sinire 5-10 mm uzaklıkta bir tepki

oluşturmaya başlayacaktır. 0,5 mA de meydana gelen tepki ilgili sinirden 1-2 mm uzaklıkta olunduğunu belirler. 0,2 mA'den daha az bir şiddette tepki alınırsa iğnenin epinöryumda olduğu anlaşılır.

2.5.2 Transkütanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation- TENS)

Bu teknik uyarıcı elektrot olan iğnenin giriş yerini optimize etmek açısından geliştirilmiştir. Böylece iğnenin invaziv olarak siniri arama bölgesini daraltmaktadır. Bu teknikte 0,5 cm çapında bir elektrot kullanılmakta ve optimum yer belirlendiğinde iğne ile giriş yapılmaktadır. Daha sonra uygulamada normal sinir stimülasyonundan farkı bulunmamaktadır.

2.5.3 Perkütanöz Elektrot Rehberliği (Percutaneous Electrode Guidance- PEG)

Son yıllarda geliştirilen ve transkütanöz yöntemle göre invaziv olmadan giriş noktasını önceden belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Uyarıcı iğnenin ucu yaklaşık 1 mm çapında kilitli bir silindir içerisinde bulunmaktadır. Bu silindir elektrot yardımıyla giriş yapılmadan yüzeysel sinir dallarını belirlenmekte ve daha sonra iğne ile giriş sağlanmaktadır. Ancak hala geliştirilmesi gereken ve uygulamada tartışılan bir yöntemdir^{83,84}.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Gereç

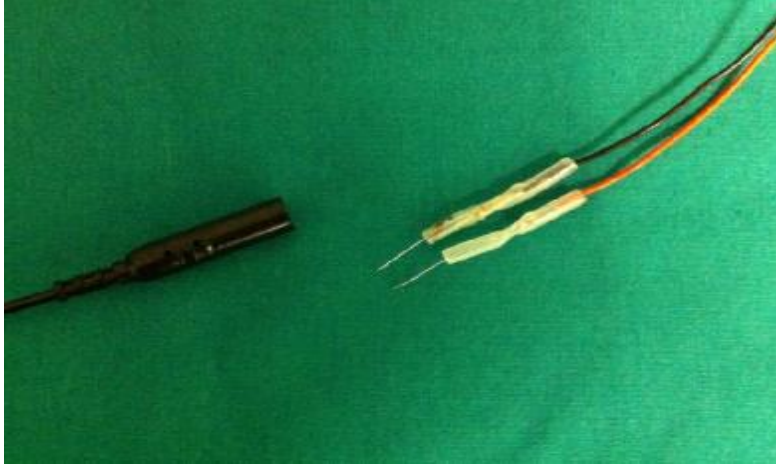
Bu çalışma için Boğaziçi Üniversitesi Kurumsal Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan (Kod numarası: 2012-11-27 / 24.12.2012) etik onay alınmıştır. Ağırlıkları 2,1 ile 3,7 kg (Ortalama $2,69 \pm 0,45$ kg) 6 adet iskeletsel olarak erişkin Yeni Zelanda beyaz tavşanı kullanılmıştır. Tavşanlar HEPA filtreli, oda sıcaklıkları 18-21 C°, oda nem değerleri %40-60 olan odalarda barındırılmıştır. Işıklandırılmaları 12 saat aydınlık 12 saat karanlık olacak şekilde düzenlenmiştir. Kafesleri tavşanlar için uygun büyüklükte düzenlenmiştir. Günlük su tüketimleri 5-10 ml/100gr canlı ağırlık, yem tüketimleri ise 5gr/100gr canlı ağırlığa göre düzenlenmiş olup *ad libitum* tarzda beslenmişlerdir. Deney öncesi ve deney süresince klinik parametreleri veteriner hekim tarafından düzenli olarak kontrol edilmiştir. Çalışmamızda sırasıyla; cerrahi işlemler, elektrofizyolojik ölçümler, sakrifikasyon, radyografik incelemeler, ve anatomik incelemeler gerçekleştirildi.

CERRAHİ ÖNCESİ HAZIRLIK:

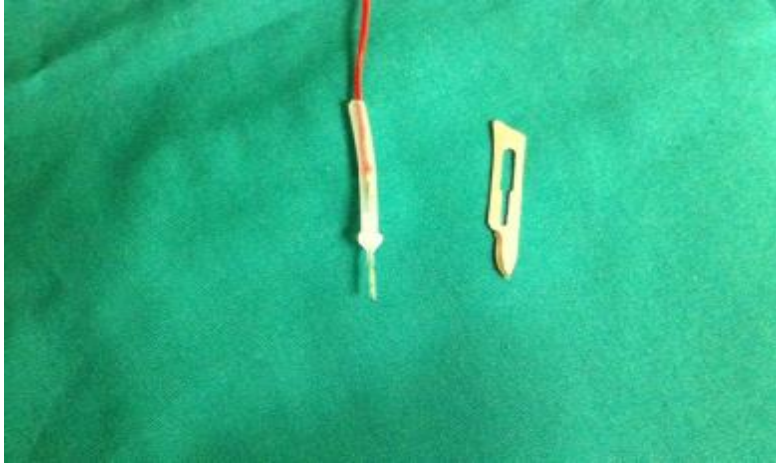
- Genel anestezi için Ketamin HCL Flakon (Ketalar[®], Pfizer, Türkiye),
- Genel anestezi için Xlazine HCL (Rompun[®], Bayer, Türkiye),
- Antisepsi amacı ile İyodin Solüsyonu (Batticon[®], Adeka, Türkiye),
- Yumuşak doku ve kemik cerrahisi için gerekli steril cerrahi el aletleri,
- Osteotomileri yapma amaçlı fizyodispenser ve mikromotor (Nouvag[®], St Galen, İsviçre),
- Osteotomi yapmak için cerrahi anguldurva (Kavo[®], Biberach, Almanya),
- Osteotomi yapmak için 1.1 mm çapında dental implant pilot frezi (Dentium[®], Seoul, Güney Kore)
- Arter ve ven ligasyonu için rezorbe olmayan ipek suture (Doğsan[®], Trabzon, Türkiye),
- Cerrahi esnasındaki sıvı kaybını dengelemek ve osteotomi sırasında kemik dokuyu soğutmak amacı ile % 0,9'luk 100 cc serum fizyolojik,

ELEKTROFİZYOLOJİK ÖLÇÜMLER İÇİN HAZIRLIK:

- Sinir Konum Belirleyici Cihaz (Tracer III[®]- Portex, Smith's Medical, Kent, Birleşik Krallık),
- Deney için üretilen kayıt ve stimülasyon elektrotları, (Şekil -3.3; 3.2;3,1),
- Dijital usb depolama kapasiteli osiloskop (Tektronix[®] TDS 220, Wilsonville, Amerika Birleşik Devletleri (Şekil -3.4).



Şekil 3.1: Kayıt Elektrotları



Şekil 3.2: İzole stimülasyon elektrotu



Şekil 3.3: Mental siniri uyarmak için üretilen stimülasyon elektrotu



Şekil 3.4: Osiloskop

RADYOLOJİK İNCELEME HAZIRLIĞI:

- Radyolojik görüntü elde etmek amacıyla konik huzmeli bilgisayarlı tomografi cihazı ve cihazın kendi yazılımı kullanılmıştır. (ILUMA™CT ,IMTEC™ Imaging, Ardmore, OK)
- Radyolojik görüntü elde etmek amacıyla dental radyografi ünitesi (Dentomat Philips®, Eindhoven, Hollanda),
- Dijital Radyografi Cihazı(RVG® , Trophy Radiologie, Vincennes, France),
- Kişisel bilgisayar (Pentium 4 İşlemci 2,4 GHZ, 128 MB Bellek, Windows XP Professional işletim sistemi),
- 1 cm uzunluğunda 0,9 ortodontik tel

- Dijital görüntülerin formatını düzenleme amaçlı bilgisayar yazılımı(Corel Photo House[®], Corel Corporation, Kanada),
- Elde edilen radyografik görüntülerden uzunluk hesaplamak için bilgisayar yazılımı (Image J[®]1.23J, Wayne Rasband, National Institutes of Health, ABD)

ELDE EDİLEN ÖRNEKLERİN ANATOMİK İNCELEME HAZIRLIĞI:

- Örnekleri kesme amaçlı su püskürtmeli, motorlu hassas testere (Exact[®] 300 C/PR, Norderstedt, Almanya) (Şekil 3.5),
- Elde edilen kesitlerin dijital fotoğraflarını elde etmek için dijital fotoğraf makinesi (Canon EOS 450D, Oita, Japonya)



Şekil 3.5: Motorlu Hassas Testere Ünitesi

3.2. Yöntem

Çalışmada iskeletsel gelişimlerini tamamlamış erkek tavşanlar kullanıldı. Denekler, operasyondan önce 2 hafta boyunca genel sağlık durumu ve vücut ağırlığı yönünden takibe alındı. Bu süre içerisinde kilo kaybeden, genel sağlığı bozulan, ishal, burun ve kulak akıntısı gelişen tavşanlar çalışma dışı bırakıldı. Çalışmada toplam 6 adet tavşan kullanıldı. Tüm hayvanlara aynı cerrahi prosedür uygulandı.

CERRAHİ UYGULAMA:

Deneklere intramusküler (im) olarak 35 mg/kg ketamin (Alfamyne[®], Egevet, İzmir, Türkiye) ve 5 mg/kg ksilazin (Rompun[®], Bayer, İstanbul, Türkiye) kombinasyon anestezi uygulanmıştır. Sedasyon sağlandıktan sonra intravenöz (iv) 5 mg/kg tiyopental sodyum (Pental Sodyum[®], İbrahim Etem, İstanbul, Türkiye) iv uygulanıp sedasyon derinleştirilerek kontrollü infüzyon ile devam ettirilmiştir. (Çizelge – 3.1)

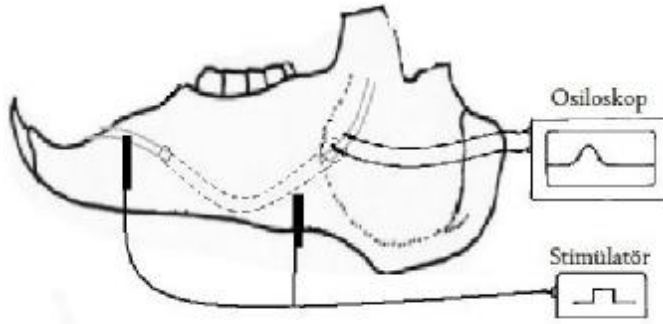
Çizelge 3.1: Anestezi ve analjezi uygulamaları

Ajan	Doz	Uygulama yolu	Veriliş sıklığı	Etki süresi
Ketamin	İndüksiyon: 35 mg/kg	IM	Bir kez	40-60 dk
Ksilazin	İndüksiyon: 5 mg/kg	IM	Bir kez	23-60 dk
Thiopental	15-30 mg/kg	IV	60 dk'da bir	40-60 dk

Deneklerde sedasyon sağlandıktan sonra denekler supin pozisyonuna alınmış ve sabitlenmiştir. Daha sonra bilateral submandibular bölge tıraş edilmiştir. Cerrahi saha merkezden periferik doğru batikon ile boyanıp aseptik kurallara göre hazırlanmıştır.

Deneklere submandibular yaklaşım başlangıçta tek taraflı olarak uygulanmıştır. Tek taraflı olarak bütün işlemler tamamlandıktan sonra, deneğin vital bulgularına göre karşı tarafta deneye dahil edilmiş veya denek sonlandırılmıştır.

Test düzeneğini temsil eden figür Şekil 3.6' da belirtilmiştir. Bu figürde osiloskop, stimülatör, kayıt ve uyarıcı elektrotlar tasvir edilmiştir. Kayıt ve uyarıcı elektrotların yerleşim yerleri ve bağlantı şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Test düzeneğini tasvir eden figür

Doku insizyonu sonrası platysma kasına ulaşılan kadar küt diseksiyon ile ilerlenmiştir. Platysma kası keskin diseksiyonla ayrılıp, ekarte edilmiştir. Bu aşamada ilgili bölgede fasial arter ve ven aranmıştır. Arter, ven ligasyonu yapılarak süperiora doğru küt diseksiyonla ilerlenmiştir. Bazis mandibulaya ulaşım sağlanınca periosta keskin diseksiyon yapılmış ve bazis mandibula açığa çıkarılmıştır.

Submandibular bölgeye ulaşım sağlandıktan sonra medial pterygoid kası ramus mandibulanın medial yüzeyinden küt olarak sıyrılmıştır. İnferior alveoler sinirin mandibulaya giriş yaptığı posterior mandibuler foramen ayırt edilmiş ve kanama kontrolü sağlanmıştır. (Şekil – 3.6)

Pterygomandibuler boşlukta inferior alveoler sinir ayırt edildikten sonra kalibre edilmiş bileşik aksiyon potansiyeli kayıt elektrotları inferior alveoler sinir içerisinden geçecek şekilde yerleştirilmiş ve elektrotların yalıtımları sağlanmıştır. (Şekil – 3.6) Kayıt elektrotları posterior mandibuler foramende inferior alveoler siniri izole ettikten sonra sinire temas edecek şekilde yerleştirilmiştir. Test düzeneğinin çalışmasını denetlemek için mental foramenin çıkışına siniri uyarmak amaçlı iğne elektrot yerleştirilmiştir. (Şekil – 3.6) Sistemin çalışması iğne elektrottan uyarı verilerek ve osiloskoptan aksiyon potansiyeli ölçümü alınarak test edilmiştir.

Test düzeneğinin çalıştığı teyit edildikten sonra; angulus ve mental bölgesinde olmak üzere 3'er ve 2'şer adet implant osteotomisi için giriş noktaları belirlenmiştir. (Şekil – 3.6)

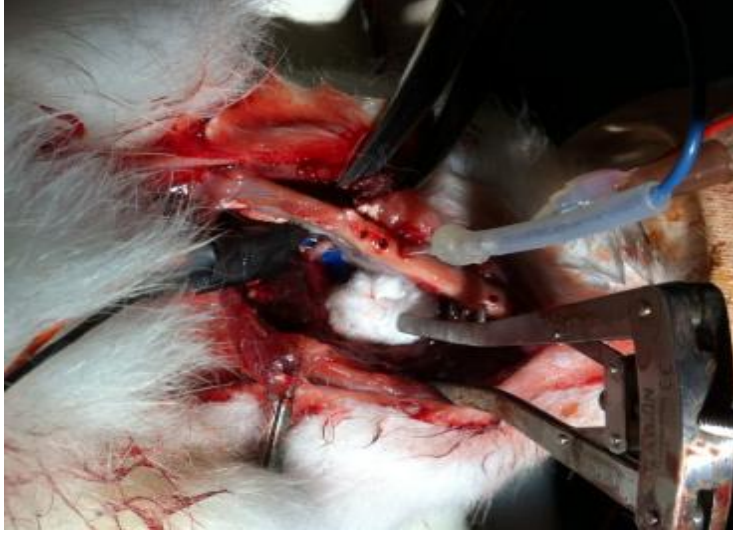


Şekil 3.7: Submandibular yaklaşım, kayıt elektrotlarının yerleştirilmesi, iğne elektrotunun yerleştirilmesi, angulus bölgesinde 3 adet giriş noktası

3.3. Elektrofizyolojik Ölçümler

Mental foramen bölgesinde dental implant osteotomi derinliği ilk olarak en distaldeki (mental) noktadan 1 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. 1 mm derinlikte osteotomi yapıldıktan sonra izole stimülasyon elektrotu yardımıyla uyarı uygulanmıştır. (Şekil-3.7)

Ölçümler sırasında osiloskopta +300 mV eşik değerinde bileşik aksiyon potansiyeli oluşturan en düşük akım şiddeti not edilmiştir. Aksiyon potansiyeli oluşumu osiloskop yardımıyla belirlenmiştir. (Şekil-3.8) Daha sonra iğne elektrottan uyarı verilerek tekrar sistemin çalışması test edilmiştir. Sistemin çalıştığı teyit edildikten sonra proksimaldeki osteotomi noktalarına aynı işlemler sırasıyla uygulanmıştır. En distalde (angulus) bulunan osteotomi noktası için 1 mm derinliğinde ki ölçüm yapıldıktan sonra; osteotomi derinlikleri ve ölçümler sırasıyla 2,3,4 ve 5 mm için ayrı ayrı uygulanmıştır. (Şekil-3.7)

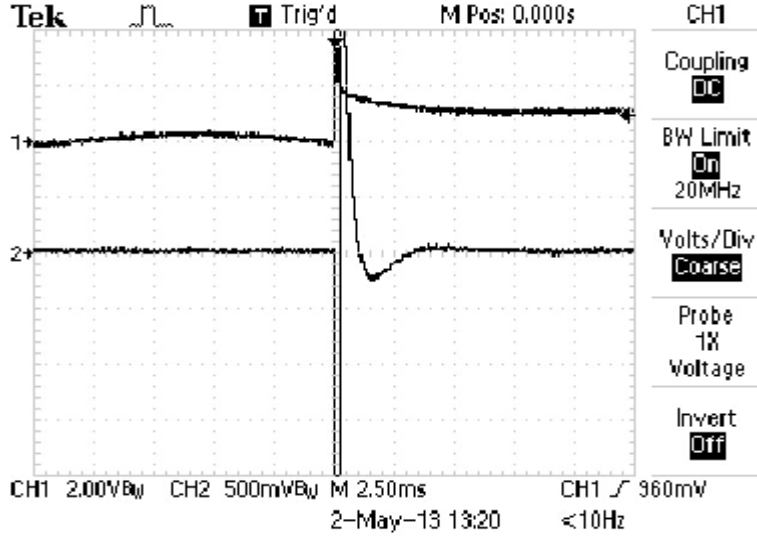


Şekil 3.8: İzole stimülasyon elektrotu yardımıyla uyarı uygulanması

Yapılan her ölçümden sonra sistemin çalışması test edilmiştir. Test aşamasında 0.5 mA veya daha düşük bir değerde aksiyon potansiyeli oluşumu gözlemlendiğinde ilgili osteotomi sahası daha derinleştirilmemiş ve bu osteotomi sahasının proksimalinden ölçümlere devam edilmiştir.

Distalden proksimale doğru aşamalı olarak ilerlenmesinin bir diğer sebebi; sonradan yapılacak olan radyolojik değerlendirmelerde inferior alveoler sinire ulaşıldığı tespit edilirse bu ölçümden sonraki ölçümleri çalışma dışında bırakmak amaçlıdır.

Her aşamada stimülasyon uygulanmış ve osiloskopta aksiyon potansiyeli oluşumu gözlenen en düşük stimülasyon değeri her derinlik için ayrı olacak şekilde not edilmiştir. Bu değer osiloskopta bileşik aksiyon potansiyeli ölçümü yoluyla kontrol edilmiştir.



Şekil 3.9: Osiloskopta bileşik aksiyon potansiyeli tespiti

Tüm ölçümler tamamlandıktan sonra denekler yüksek dozda ketamin ile genel anestezi altına alındıktan sonra intrakardiak potasyum uygulaması ile sakrifiye edilmiştir. Deneklerin sakrifikasyonu sonrası bazis mandibulaları anatomik kesit oluşturulması amacıyla rezeke edilmiş ve formalin solüsyonu içerisinde saklanmıştır. Radyolojik değerlendirmeler sonrasında örnekler hassas testere yardımıyla osteotomi hatlarının uzun aksından geçecek şekilde kesilmiştir. (Şekil-3.9)



Şekil 3.10: Elde edilen anatomik kesitler ve osteotomiler

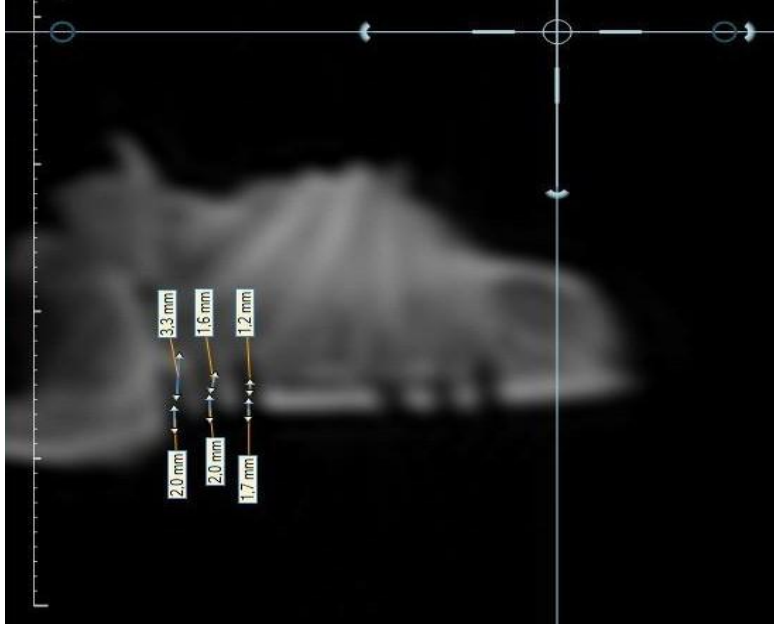
3.4. Radyografik Ölçümler

Elde edilen hemimandibulardan dijital radyografiler elde edilmiştir. Hemimandibulaların medial yüzeyleri dijital sensöre (RVG, Trophy Radiologie, Vincennes, France) bakacak şekilde sabitlenmiş ve lateral yüzeyden ışınlanacak şekilde pozisyonlandırılmıştır. Dijital sensor üzerine, 0,9 çaplı ortodontik telden elde edilen ve 1 cm uzunluğunda kesilen metal çubuk sensörün cetvelinin doğrulanması için sabitlenmiştir. X-Ray cihazı (Philips Densomat, Eindhoven, The Netherlands) 65 kVp, 300 mA ve 0.16 ms ye ayarlanmış ve kon sensörden 20 cm uzakta olacak şekilde grafiler elde edilmiştir. (Şekil – 3.10) Dijital görüntüler ‘tiff’ formatına yine ilgili yazılım (Adobe Photoshop CS2; Adobe Systems, San Jose, CA) kullanılarak dönüştürülmüştür. Bu aşamadan sonra elde edilen görüntüler görüntü analiz programında (ImageJ, version 1.33u; Wayne Rasband, National Institutes of Health, Bethesda, MD) değerlendirilmiştir. Analiz programında yapılan osteotomilerin inferior alveoler kanala olan en kısa mesafeleri ve her derinlikte olan mesafeleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar milimetre olarak not edilerek her ölçüm için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu aşamada herhangi bir bölgede mandibuler kanal ile radyografide temas edildiği gözlemlendiğinde bunun distalinde olan ve daha sonra yapılmış olan bütün ölçümler veri tablosundan çıkarılmıştır.



Şekil 3.11: Tavşan Hemimandibulasından alınan periapikal grafi

Alınan örneklerden 40 sn, 3,8 mA, 120 KvP değeri kullanılarak bilgisayarlı tomografi cihazında görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntülerin 0,3 mm kesit kalınlığı ile rekonstrüksiyonu sağlanmıştır. Radyografik analizler için gerçekleştirilen ölçümler tomografik görüntülerden de elde edilmiştir. (Şekil - 3.11)



Şekil 3.12: Tomografik kesit ve ölçümler

3.5. Verilerin İstatistiksel Analizi

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS 19.0 paket programı kullanıldı. Ölçümlerin her grupta osteotomi derinlikleriyle olan ilişkilerini değerlendirmek amacıyla Pearson's korelasyon testi kullanılmıştır. Tüm testlerde istatistiksel önem düzeyi 0.05 olarak alınmıştır.

4. BULGULAR

Verilerin uygulanan stimülasyonun süresine (Uyarı genişliği) göre 0,05 ms; 0,1 ms; 0,3 ms; 0,5 ms ve 1 ms guruplarına dağıtımı yapılmıştır.

- 0,05 ms gurubunda toplam 45 geçerli ölçüm yapılmıştır (0,6 – 5 mA; ortalama: $3,32 \pm 1,45$).

- 0,1 ms gurubunda toplam 71 geçerli ölçüm elde edilmiştir (0,34 – 5 mA; ortalama: $3,03 \pm 1,40$).

- 0,3 ms gurubunda toplam 75 geçerli ölçüm elde edilmiştir (0,15 – 5 mA; ortalama: $2,57 \pm 1,32$).

- 0,5 ms gurubunda toplam 75 geçerli ölçüm elde edilmiştir (0,09 – 5 mA; ortalama: $2,37 \pm 1,30$).

- 1 ms gurubunda ise toplam 71 geçerli ölçüm elde edilmiştir (0,05 – 4,70 mA; ortalama: $2,25 \pm 1,22$).

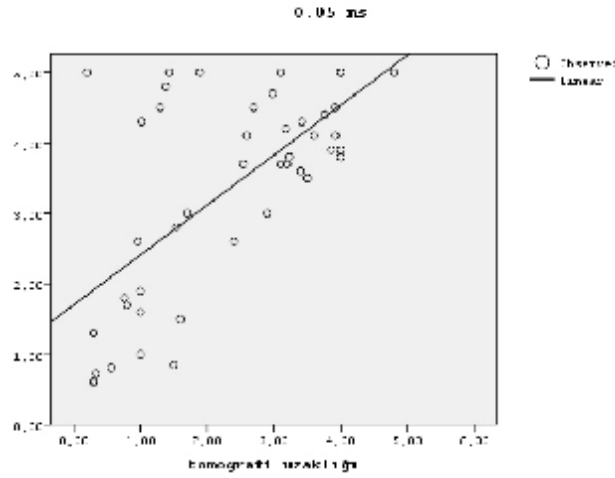
Hemi mandibulalardan alınan radyografilerden yapılan ölçümlerde en kısa mesafe 0,29 mm iken; en uzun mesafe ise 5,54 mm olarak ölçülmüştür. Ortalama mesafe ise $2,73 \pm 1,30$ mm olarak değerlendirilmiştir. (Çizelge – 4.1)

Hemi mandibulalardan alınan tomografik kesit uzaklıklarında ise en kısa mesafe 0,20 mm iken; en uzun mesafe ise 5,43 mm olarak ölçülmüştür. Ortalama tomografik kesit uzaklığı ise $2,68 \pm 1,29$ mm olarak ölçülmüştür. (Çizelge – 4.1)

Çizelge 4.1: Geçerli verilerin guruplara dağılımı, ortalamaları ve standart sapmaları:

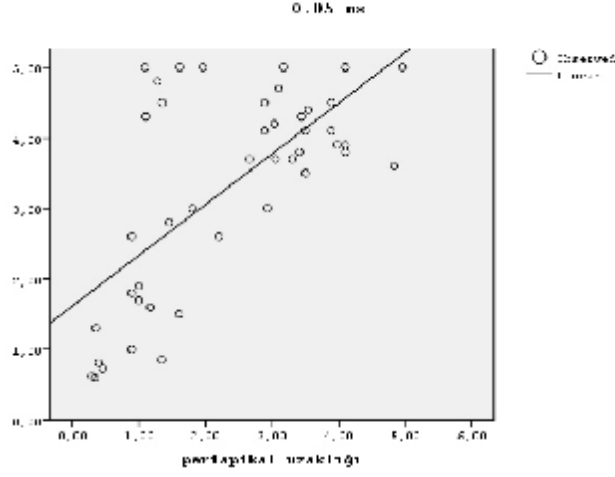
	N	Minimum (mm)	Maksimum (mm)	Ortalama (mm)	Standart Sapma(mm)
0.05 ms	45	,60	5,00	3,3224	1,45686
0.1 ms	71	,34	5,00	3,0300	1,40265
0.3ms	75	,15	5,00	2,5789	1,32654
0.5 ms	75	,09	5,00	2,3788	1,30060
1 ms	71	,05	4,70	2,2576	1,22931
Radyografi Uzaklığı	76	,29	5,54	2,7336	1,30745
Tomografi Uzaklığı	76	,20	5,43	2,6817	1,29889

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, tomografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 0,05 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, tomografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,653 olarak belirlenmiştir. 0,05 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil – 4.1)



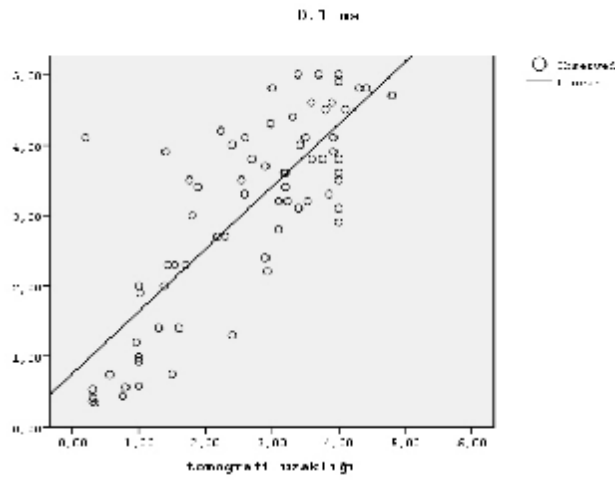
Şekil 4.1: Stimülasyon süresine (0,05 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, radyografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 0,05 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, radyografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,678 olarak belirlenmiştir. 0,05 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil – 4.2)



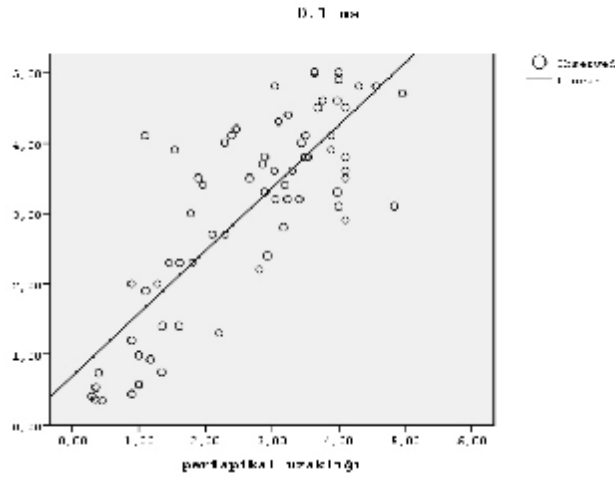
Şekil 4.2: Stimülasyon süresine (0,05 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, tomografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 0,1 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, tomografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,797 olarak belirlenmiştir. 0,05 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil – 4.3)



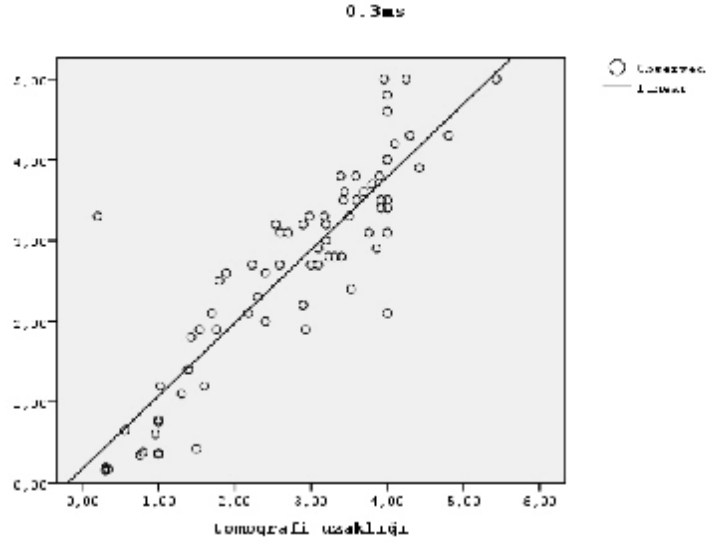
Şekil 4.3: Stimülasyon süresine (0,1 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, radyografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 0,1 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, radyografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,807 olarak belirlenmiştir. 0,1 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil – 4.4)



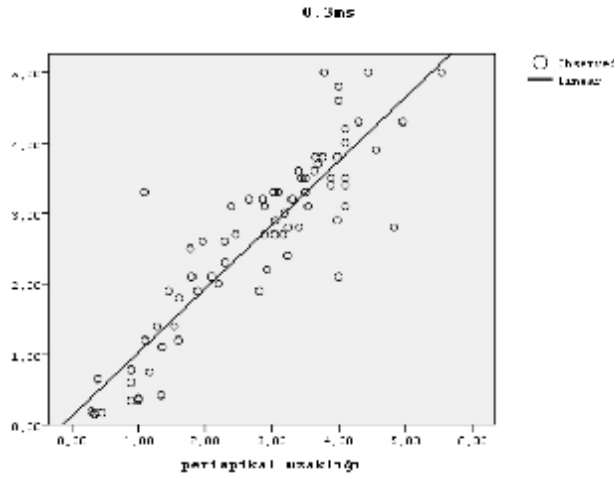
Şekil 4.4: Stimülasyon süresine (0,1 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, tomografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 0,3 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, tomografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,885 olarak belirlenmiştir. 0,3 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil 4.5)



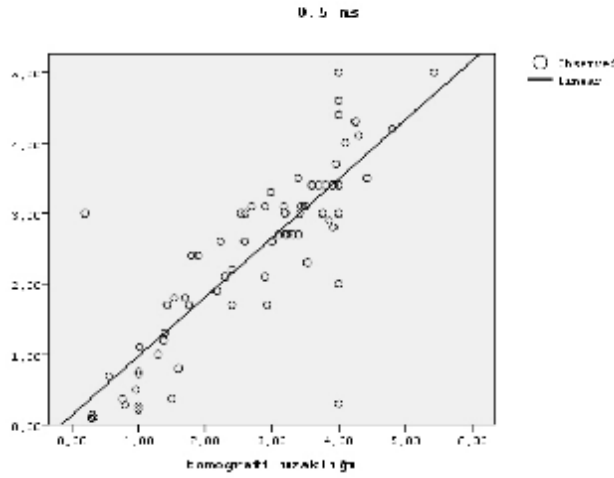
Şekil 4.5: Stimülasyon süresine (0,3 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, radyografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 0,3 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, radyografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,893 olarak belirlenmiştir. 0,3 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil – 4.6)



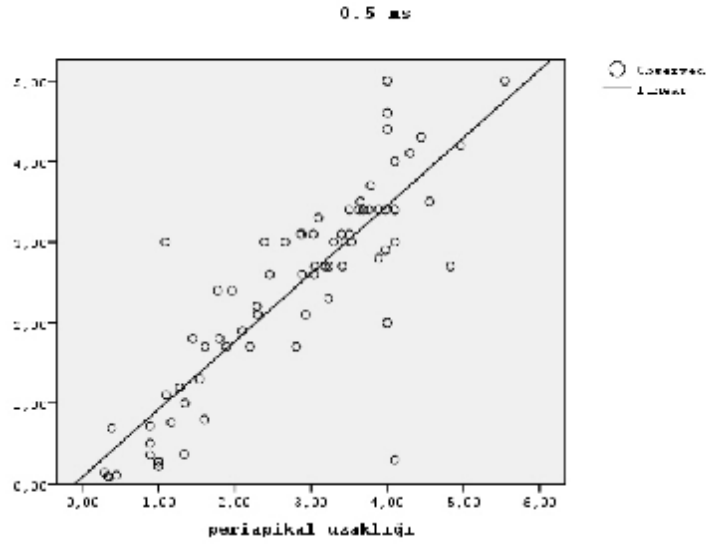
Şekil 4.6: Stimülasyon süresine (0,3 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, tomografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 0,5 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, tomografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,843 olarak belirlenmiştir. 0,5 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil – 4.7)



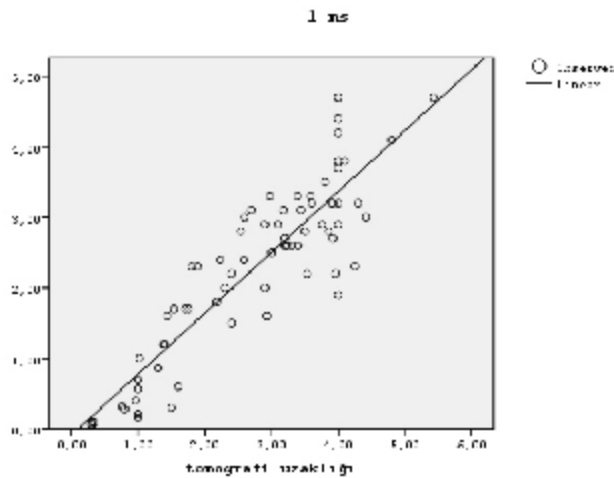
Şekil 4.7: Stimülasyon süresine (0,5 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, radyografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 0,5 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, radyografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,851 olarak belirlenmiştir. 0,5 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil – 4.8)



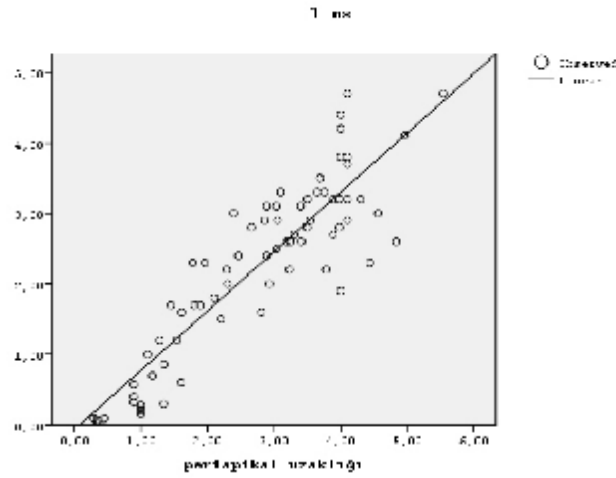
Şekil 4.8: Stimülasyon süresine (0,5 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, tomografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 1 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, tomografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,896 olarak belirlenmiştir. 1 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil – 4.9)



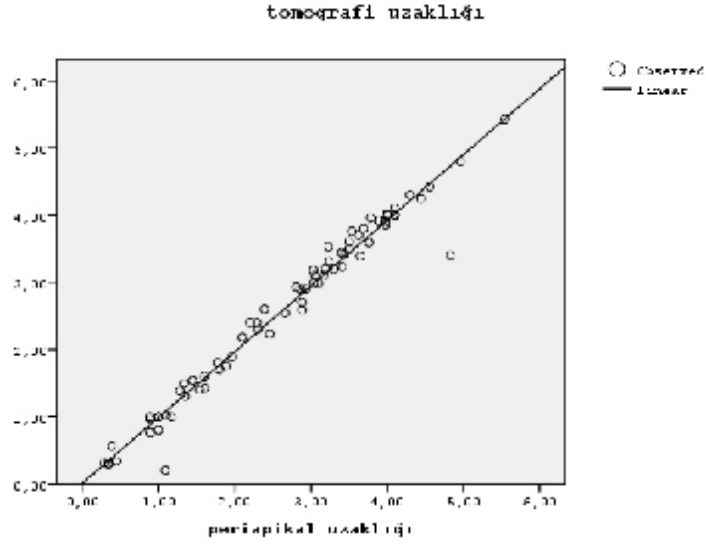
Şekil 4.9: Stimülasyon süresine (1 ms) göre tomografi uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

İnferior alveoler sinirin stimülasyon elektrotuna olan uzaklığının, radyografik kesitlere göre yapılan istatistiksel analizlerinde; 1 ms süre ile stimülasyon uygulanan grupta, radyografi uzaklığına göre korelasyon katsayısı 0,890 olarak belirlenmiştir. 1 ms stimülasyon süresi ile uyarılan sinir dokuya olan uzaklık arttıkça, bileşik aksiyon potansiyeli oluşumu için gereken akım şiddeti artmaktadır. Bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,01$). (Şekil – 4.10)



Şekil 4.10: Stimülasyon süresine (1 ms) göre periapikal uzaklığı (mm), akım şiddeti (mA) dağılımı ve korelasyon eğrisi

Yapılan osteotomilerden alınan dijital radyografik ölçümler ile tomografik kesitlerden yapılan ölçümler arasında anlamlı ilişki olup olmadığı değerlendirilmiştir. Bu iki parametre arasında korelasyon katsayısı 0,985 olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı derecede ilişkili bulunmuştur ($p < 0,001$). (Şekil – 4.11)



Şekil 4.11: Tomografik uzaklık ölçümleri ile periapikal analizlerden elde edilen ölçümlerin birbiri ile ilişkileri

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında elektriksel sinir konum belirleyici cihazın (Tracer III®-Portex, Smith's Medical, Kent, Birleşik Krallık), kemik doku içerisindeki inferior alveoler sinirin pozisyonunu belirlemedeki etkinliği incelenmiştir. Çalışmamız kemik dokuda periferal bir sinirin uzaklığını belirlemeyi amaçlayan ve inferior alveoler sinirin konumunu değerlendiren ilk çalışmadır.

Son yıllarda dental implantların kliniklerde geniş uygulama alanı bulması ile beraber giderek daha fazla risk alınmaya başlanmıştır. Bundan dolayı komplikasyon oranlarının artması tahmin edilmiş ve bu tahminin doğruluğu zaman içerisinde gözlenmiştir^{10,11,13}. Posterior mandibulaya uygulanan dental implant sayılarının artmasıyla beraber inferior alveoler sinir hasarının engellenmesine yönelik tanı araçlarına olan ihtiyaç ortaya çıkmıştır.

İnferior alveoler sinir hasarı; gömülü yirmi yaş dişi çekimi, kist operasyonları, dental implant uygulamaları gibi mandibulaya uygulanan dental cerrahi işlemler sırasında hasar görme riski altındadır. Bu işlemler sırasında inferior alveoler sinir hasarı ciddi komplikasyonlar arasında sayılmakta ve gözlenme sıklığı % 0 ile % 40 arasında değişmektedir.^{1,11,12,28,66,85-94} Bu denli yüksek komplikasyon oranları ile karşılaşılabilen dental implant cerrahisinde, yardımcı konum belirleyici cihazlar klinik uygulamalarda faydalı olabilir.

İnferior alveoler sinir mandibuler forameninden mandibulaya giriş yaptıktan sonra ilgili taraf mandibuler molar ve premolar dişlerin innervasyonunu sağlamaktadır. Mental bölgede mandibula içerisinde iken, insisiv ve mental olmak üzere iki ana dala ayrılır. İnsisiv sinir, alt kanin ve keser dişlerin innervasyonunu sağlamak amacıyla kemik içerisinde orta hatta kadar ilerler. Mental sinir ise mandibulanın lateral korteksinde, premolar dişlerin apikali hizasında bulunan mental forameninden çıkarak üç dala ayrılmaktadır. Bu üç daldan bir tanesi mental bölge derisine; diğer iki dal ise premolar dişlerden orta hatta kadar olan bölgenin gingiva, alt dudak ve müköz membranına duyu innervasyonu sağlamaktadır. Mental bölgede inferior alveoler sinir mandibula içerisinde anteriora doğru kavis (loop) meydana getirebilmektedir. Bu

bölgede yapılan cerrahi müdahalelerde bu kavisin göz önünde bulundurulması ve radyografiler ile tespit edilmesi önerilmektedir⁹⁵.

İnferior alveoler sinir mandibula içerisinde bir veya birden çok dal olarak bulunabilir. Langlais et al.⁴ bifid mandibuler kanal ve inferior alveoler siniri radyografik olarak araştırmışlardır. İncelenen 6000 panoramik filmde bifid mandibuler kanal gözlenme sıklığı % 0.95 olarak belirlenmiştir.

Bifid mandibuler kanal görülme sıklığı değişik araştırmacılara göre farklı olarak bildirilmiştir. Nortjé et al.⁹⁶ bu sıklığı % 0,9 olarak bildirmişlerdir. Grover et al.⁹⁷ ise bu sıklığı % 0,08 olarak bildirmişlerdir. Bifid mandibuler kanal az sıklıkta gözlemlenmesine rağmen dental cerrahi uygulamalarında göz önüne alınması gereken bir faktör olarak bildirilmiştir²⁸. Inferior alveoler sinirin anatomik varyasyonları meydana gelebilecek sinir hasarı riskini arttırmaktadır.

İnferior alveoler sinirden mandibuler kanal hizasında ayrılan, mylohyoid kasına ve digastrik kasına motor fibriller sağlayan mylohyoid sinirin de mikst fibriller taşıdığı gösterilmiştir. Genellikle birinci molar olmak üzere; mandibuler molar dişlere ve alt keser dişlere duysal fibriller taşıdığı gösterilmiştir^{5,6}.

Wellehan et al.⁹⁸ 2006 yılında bildirdikleri bir teknik raporda 6 timsah üzerinde inferior alveoler blok anestezi uygulaması için mylohyoid sinir stimülasyonunu başarılı bir şekilde kullanmışlardır. Inferior alveoler sinir bloğu için stimülasyon tekniği uygulamışlar ve intermandibularis kası (mylohyoid kası) aktivasyonuna göre enjeksiyonlarını tamamlamışlardır. Bu rapor sonucunda, değişik anatomik yapıların mevcut olduğu durumlarda sinir stimülatörlerinin anestezi sağlamak amacıyla başarıyla kullanılabilceği bildirilmiştir.

Mandibuler molar dişlerde anestezi sağlamak amacıyla inferior alveoler sinir bloğu tekniği standart olarak kullanılmaktadır. Ancak bildirilen değişik çalışmalarda inferior alveoler sinir blok anestezi başarısızlık oranı %38 ile %77 arasında değişmektedir⁹⁹⁻¹⁰⁴. Bu yüksek başarısızlık oranı anatomik farklılıklara, anestetik solüsyon tercihine, hedef dokularda mevcut enflamasyona bağlanmıştır¹⁰⁵. Inferior alveoler sinir lokalizasyonunu mylohyoid sinir stimülasyonu yoluyla değerlendiren klinik bir çalışma henüz literatürde bulunmamaktadır. Başarısızlık oranının azaltılması amacıyla, inferior alveoler sinir lokalizasyonu mylohyoid sinir stimülasyonu yardımıyla ilerleyen dönemlerde değerlendirilebilir.

Bu tez çalışması kapsamında tavşan mandibula anatomisi detaylı olarak araştırılmış ve inferior alveoler sinirin tavşan mandibulasında izlediği yol hakkında daha önce yapılmış detaylı bir inceleme ile karşılaşılmamıştır.

Naudi et al.¹⁰⁶ yaptıkları bir çalışmada; tavşan mandibulasının mental foramenin anteriorunda olan kısmı rezeke edilmiş ve elde edilen defektler beta trikalsiyum fosfat greft ve rekombinant kemik morfogenetik proteini-7 ile rekonstrükte edilmiştir. Kunimori et al.¹⁰⁷ ise; yine tavşan mandibulası üzerinde mental foramen hizasında osteotomi yaparak distraksiyon osteogenezisinin keratinize gingiva üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Goto et al.¹⁰⁸ ise; beş farklı tavşan türünün mandibulalarını incelemiş ve morfometrik ölçümler yoluyla tavşan ırklarının tayininde mandibula ölçümlerinin kullanılabileceğini önermişlerdir. Ancak yukarda sözü edilen üç çalışmada da mandibulalar sadece morfometrik yönden incelenmiş olup; diş köklerinin uzunluğu, inferior alveoler sinirin izlediği yol ve kemik dokunun medio-lateral genişliği hakkında bir tanımlama yapılmamıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan tavşan mandibula diseksiyonlarında literatürdeki bu eksilik tamamlanmaya çalışılmıştır.

Kabak ve ark.¹⁰⁹ yaptıkları çalışmada ise; tavşan temporomandibuler eklem anatomisi detaylı olarak incelenmiş ve tavşan temporomandibuler eklemi üzerine yapılacak olan çalışmalar için detaylı bir anatomik açıklama getirilmiştir.

Tavşan mandibula anatomisi açısından en kapsamlı açıklama Gandur et al.⁸ yaptıkları çalışmada gözlenmiştir. Bu çalışmada tavşan mandibulası detaylı olarak anatomik özellikleri ile tarif edilmiş; önemli anatomik noktaların isimlendirilmeleri yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında duyu sinirlerinde meydana gelen hasarın büyüme gelişim üzerine etkileri araştırılmıştır. İnférieur alveoler sinirin tavşanlarda mandibulaya girdiği 'Posterior Mandibuler Foramen - PMF' hizasında inferior alveoler sinir tek taraflı olacak şekilde kesilmiş ve gelişim döneminde tavşanlar takip edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda gelişim döneminde olan tavşanlarda cerrahi olarak meydana getirilen duyu siniri hasarı sonrası sağ ve sol taraf mandibuler büyüme gelişim açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmediği bildirilmiştir⁸.

Mandibulaya gerçekleştirilen cerrahi müdahalelerde hasar gören sinirlerin çoğunluğunu inferior alveoler sinir hasarı (%64,4) oluşturmaktadır. İnférieur alveoler sinir hasarını %28,8 oranında lingual sinir hasarı takip etmektedir¹². Birçok çalışmada

dental implant uygulamaları ile ilişkili inferior alveoler sinir hasarının insidansı %0-40 arasında değiştiği bildirilmiştir^{1,12,28,66,67,85-94}.

Juodzbaly et al.¹³ implant uygulamaları sırasında inferior alveoler sinir hasarını değerlendirdiği bir derlemede; inferior alveoler sinir hasarının önlenmesinin en iyi yolunun, mandibula anatomisinin detaylı olarak bilinmesi ve mandibulanın 3 boyutlu görüntüleme yöntemleri ile incelenmesi olduğu bildirilmiştir. Klinik muayene, radyolojik inceleme ve temel anatomik bilgilerden elde edilen bulguların kombine edilmesi ve pratik klinik uygulamalarda göz önünde bulundurulması gerektiği bildirilmiştir.

İnferior alveoler sinir hasarı ile diğer periferik sinir hasarları arasındaki temel farkın, çoğunlukla iatrojenik olarak meydana gelmesi ve hasardan sonra 8 hafta içerisinde genellikle iyileşmemesi olduğu bildirilmiřtir¹¹⁰. İnferior alveoler sinir hasarının, hastaların hayat kalitesini olumsuz yönde etkilemekte olduğu ve oluşumundaki iatrojenik faktörlerin hastalar üzerinde negatif psikolojik etki meydana getirdiği bildirilmiřtir⁹³.

Birçok yazar tarafından mandibuler posterior bölgeye dental implant uygulamaları sırasında kalıcı paresteziyi önlemek amacıyla işlem esnasında anestezi derinliğinin azaltılarak hastanın bir miktar hissedebilmesinin avantaj sağlayacağı savunulmuştur^{23,24,111}. Lokal anestezi uygulamaları sonucu sinir dokularından aksiyon potansiyeli ölçümü mümkün olmadığından dolayı blok anesteziler yerine lokal infiltrasyon anestezilerinin tercih edilmesi gerekliliği bir dezavantaj olabilir.

Etoz ve ark.¹¹¹ mandibuler molar bölgeye uyguladıkları 52 dental implant sırasında inferior alveoler blok anestezisi ve lokal infiltrasyon anestezisini karşılaştırmışlardır. Çalışmalarının amacını subperiosteal infiltrasyon tekniğiyle uygulanan dental implantların apikal ucu ile inferior alveoler sinir arasındaki mesafenin, hastaların ağrı hissetmesi açısından ilişkili olup olmadığının araştırılması olarak bildirmişlerdir. Çalışmalarına dahil olan 29 hastadan sadece 2 tanesinde inferior alveoler sinir bloğuna ağrı sebebiyle ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir. 27 hasta ise işlemin ağrısız olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda posterior mandibuler bölgede dental implant uygulamaları sırasında hastaların subperiosteal infiltrasyon tekniğiyle anestezisinin klinik olarak kullanılabilir etkili bir anestezi sağladığı bildirilmiştir.

Heller et al.²³ mental foramenin posteriorunda uygulanan dental implantlar için inferior alveoler sinir bloğuna alternatif olarak subperiosteal infiltrasyon anesteziğini değerlendirmişlerdir. Mandibulaya uygulanan dental implantlar sırasında inferior alveoler sinir bloğu yerine lokal infiltrasyon anesteziğini uygulayarak; inferior alveoler sinirin tamamen uyuşturulmamasının sinir hasarı riskini azaltabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmalarında inferior alveoler blok anesteziğinin komplikasyonları arasında daha uzun süre anestezi sağlanmasını, sistemik toksisite riskinin arttığını, inferior alveoler ve mental sinirlerde hasar meydana getirildiğinde hasta veya doktor tarafından fark edilemeyeceğini bildirmişler ve bu sebeplerden dolayı lokal infiltrasyon anesteziğini ile işlemin daha güvenli olacağını bildirmişlerdir. Çalışmalarında 30 yıl boyunca yaklaşık 8000 adet dental implantın lokal infiltrasyon tekniği ile yerleştirildiğini belirten çalışmacılar; sadece 3 hastalarında daimi parestezi ile karşılaştıklarını bildirmişlerdir. Bu hastalardan yaklaşık 100 tanesi geçici parestezi yaşamış ve ilerleyen takiplerinde sinir fonksiyonlarının normale döndüğü gözlenmiştir.

Blok anestezi uygulaması sonrasında sinir stimülatörleri ilgili sinirlerde aksiyon potansiyeli oluşturamayacağından dolayı; ilerleyen dönemlerde stimülasyon teknikleri geliştikçe, posterior mandibulada dental implant cerrahileri sırasında sinir stimülasyonu uygulanacak olan hastalarda blok anestezi tercihi yerine lokal infiltrasyon anesteziğini tercihi önem kazanmaktadır. Aksi takdirde inferior alveoler sinirin uyarılması gerçekleşmeyecek ve yanıt alınamayacaktır.

Yaptığımız bu çalışmada inferior alveoler sinirin kemik doku içerisinde sinir stimülatörleriyle uyarılabildiği gözlenmiştir. Bu şekilde inferior alveoler sinirin lokalizasyonunun operasyon sırasında objektif olarak değerlendirilebileceğini görülmüştür. Inferior alveoler sinirin konumunun belirlenmesi amacıyla bugüne kadar farklı değerlendirme metotları tarif edilmiştir.

Başa ve Dilek²⁹ mandibuler kanal etrafında mevcut olan kemik dokunun implant frez travmasına olan direncini değerlendirmişlerdir. 99 hasta tomografisi üzerinde yaptıkları çalışmalarında kemik kalınlığını ve kemik yoğunluğunu değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda mandibuler kanal etrafındaki ortalama kemik kalınlığının ve yoğunluğunun implant frezine direnecek yeterlilikte olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca, operasyon sırasında inferior alveoler sinirin lokalizasyonunun sadece el hassasiyeti ile belirlenmesinin güvenilir bir metot olmadığı bildirilmiştir.

Gaggl et al.¹¹² mandibuler kanalı korumak için tomografi bazlı operasyon içi navigasyon sistemini değerlendirmişlerdir. 10 adet standardize edilmiş alt çene akrilik modelinde 100 test osteotomisi yapılmış ve navigasyon sistemlerinin etkinliği değerlendirilmiştir. 11 adet osteotominin mandibuler kanalın tavanını perforasyon derinliği 0,19 mm olarak bildirilmiştir.

Burstein et al.¹¹³ ise dental implantların osteotomisi sırasında frez değişim aralarında intraoperatif periapikal radyografi alınmasını önermişlerdir. Yazarlar bu tekniği ucuz ve güvenilir olarak bildirmişler; dental implantların derinliğini ve açılarını kontrol etmekte faydalı olacağını bildirmişlerdir.

Sammartino et al.³⁶ yaptığı bir çalışmada dental implantların yerleştirilmesi sırasında ve ilerleyen dönemde oklüzal kuvvetlerin etkileri açısından inferior alveoler sinirin etkilenmesini önlemek için 1,5 mm güvenilirlik mesafesi bırakılmasını önermişlerdir. Güvenilirlik aralığı bırakılması açısından da inferior alveoler sinirin operasyon içi uzaklığının kontrolü önem kazanmaktadır.

Greenstein et al.⁹⁴ mental foramen ve siniri değerlendirdikleri bir çalışmada bilgisayarlı tomografilerin her ne kadar değerli bilgiler sundukları belirtilse de; güvenilirlik aralığının elde edilebilmesi için işlem sırasında mental sinirin direk gözlenmesiyle kıyaslanamayacağını belirtmişlerdir.

Alhassani et al.²⁸ inferior alveoler sinir hasarını inceledikleri bir derlemede, bilgisayarlı tomografilerin inferior alveoler sinirin pozisyonunu belirlemede en kesin verileri sunduğu bildirilmiştir. Elde edilen tomografik görüntüler yardımıyla 3 boyutlu modellerin elde edilebileceği ve cerrahi rehber olarak kullanılabilmesi bildirilmiştir. Bilgisayarlı tomografik incelemeler ile konvansiyonel radyografilere göre; rezidüel kemiğin bukkolingual kalınlığı ve inferior alveoler sinirin bukkolingual pozisyonunun belirlenebileceği bildirilmiştir. Ancak bilgisayarlı tomografik incelemelerin yüksek maliyet ve x ışını maruziyeti sebebiyle standart kullanıma giremediği bildirilmiştir.

Kim ve et al.¹¹⁴ inferior alveoler sinirin bukkolingual pozisyonlarını üç guruba ayırarak sınıflandırmışlardır. Inferior alveoler sinirin %70 oranında lingual kortikale yakın (tip 1) olarak seyrettiğini gözlemlemişlerdir. %15 oranında ise ramus ile ikinci molar arasında inferior alveoler sinir bukkolingual olarak ortada daha sonra lingual kortikale yakın olarak seyretmiştir. % 15 oranında ise inferior alveoler sinir hem ramus

boyunca, hem de gövde kısmında bukkolingual olarak ortada seyretmiştir. Üç boyutlu olarak düşünüldüğünde inferior alveoler sinirden 1,5 mm güvenilirlik aralığının her yönde olacak şekilde bırakılması gerekmektedir.

Dental implant uygulamaları sırasında inferior alveoler sinirin konumunu belirlemek amacıyla navigasyon sistemleri, konik ışın hüzmeli dental volümetrik tomografi inceleme, panoramik grafiler ve işlem sırasında alınan periapikal grafiler önerilmiştir. Navigasyon sistemleri için yüksek maliyet ve tomografi alınması gibi dezavantajlar mevcuttur. Ayrıca navigasyon sistemlerinde %10 oranında bir sapma mevcut olabilmektedir¹¹². İşlem sırasında alınan periapikal grafiler iyonize radyasyon kullanımını beraberinde getirmekle beraber aseptik kuralların ihlaline sebep olabilir. Önerilen bir diğer uygulamada operasyon sırasında mental sinirin direk olarak gözlenmesidir. Ancak mental sinirin bukkal kortekste gözlenmesi sinirin kemik içerisinde ki seviyesi hakkında bilgi verse de tam izlediği hattı gözlemek mümkün olmamaktadır. Bu açıdan bakıldığında maliyet olarak uygun, objektif ve işlem sırasında kullanılabilir bir yöntemin geliştirilmesi ihtiyacı aşikardır. Bu amaçla bu çalışma kapsamında değerlendirilen sinir stimülatörlerinin kullanımı etkili, işlem sırasında kullanılabilir ve düşük maliyetli olabilmektedir. Ancak tekniğin geliştirilmesi ve cihazların bu işleme göre tasarlanması gerekmektedir.

Sinir stimülatörlerinin ağız dışı kullanımları oldukça yaygındır ve bu konuda literatürde çok sayıda çalışmalar mevcuttur. Jochum et al.⁷⁹ periferel sinir blok anestezileri için kullanılan değişik sinir stimülatörlerini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada sinir stimülasyon tekniklerinin periferel sinirlerin konumlarının belirlenmesinde gelişmiş ülkelerde altın standart olarak kullanıldığını rapor etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada sinir stimülatörlerini; ürettikleri dalga formu, uyguladıkları akım süresi gibi parametreler açısından karşılaştırmışlardır. Farklı üreticiler tarafından imal edilen cihazları karşılaştırarak benzer sonuçlar verip vermedikleri değerlendirilmiştir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda temin edilen cihazların farklı sonuçlar verebildiğini bunun için kalibrasyonlarının kontrol edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Jaffe et al.¹¹⁵ yaptıkları bir çalışmada farklı akson çaplarına (vagus ve dorsal kök), miyelinli ve miyelinsiz sinirlere göre lidokain duyarlılıklarını test etmişlerdir. Bu çalışmada bileşik aksiyon potansiyeli yerine tek fibril tekniği ile aksiyon potansiyel ölçümleri gerçekleştirilmiş ve iletim bloğu açısından gruplar arasında anlamlı farklılık

bulunamamıştır. Ancak iletim hızı açısından miyelinli sinirlerin lidokain ile anestezisi sağlandığında istatistiksel olarak anlamlı derecede etkilendiği gösterilmiştir.

Potoćnik et al.¹¹⁶ in vitro olarak sıçan sural siniri üzerinde değişik anestetik solüsyonları (% 2 ve % 4 lidokain, % 3 mepivakain, % 2 ve % 4 artikain) bileşik aksiyon potansiyeli ölçümü yoluyla değerlendirmişlerdir. C fibrillerinde aksiyon potansiyeli oluşumu açısından solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Ancak A fibrillerinde ise % 2 ve % 4 konsantrasyonlarındaki artikain solüsyonlarının istatistiksel olarak anlamlı derecede aksiyon potansiyeli oluşumunu engellediğini bildirmişlerdir.

Dralle et al.¹¹⁷ tiroid bezi cerrahisi sırasında operasyon içi rekürrent laryngeal sinir monitörizasyonunu değerlendiren bir derleme bildirmişlerdir. Bu çalışmada rekürrent laryngeal sinir palsylerinin tiroid cerrahisi sonrası hekimlerin en çok dava edildiği komplikasyon olduğu belirtilmiştir. Risk azaltıcı olarak görülen yardımcı ekipman olarak sinir monitarizasyonun faydalı bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen çalışmaların sonucunda intraoperatif sinir monitörizasyonu yapılan operasyonların istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermese de daha düşük rekürrent laryngeal sinir hasarı ile sonuçlandığı bildirilmiştir.

Literatürde rekürrent laryngeal sinir monitörizasyonu için birden çok teknik tanımlanmıştır. Bu teknikler elektromiyografik (EMG) dökümantasyon içerip içermemesine göre iki ana gruba ayrılmaktadır. EMG dökümantasyon içermeyen grupta kriko-arytenoid kasının stimülasyonu, glottik açıklık basıncının gözlenmesi, operasyon içi ses telleri fonksiyonunun değerlendirilmesi sayılırken; EMG içeren grupta elektrotların ses tellerine endoskopik olarak yerleştirilmesi, kriko-tiroid ligament yoluyla elektrotların açık yerleştirilmesi ve endotrakeal tüp yüzeyi elektrotların kullanımı sıralanmıştır. Bu tekniklerden en kolay uygulanabilen yöntemin endotrakeal tüp yüzeyine elektrot yerleştirilen ve aksiyon potansiyeli ölçümü yapılan yöntem olduğu gözlenmiştir.^{117,118} Ayrıca operasyon içi sinir monitörizasyonu tekniğinin cerrahi uygulamalarda yeni bir dönem açtığı ve alınan ölçümlerin sinirlerin nörofizyolojik disfonksiyonlarını değişik derecelerde objektif olarak değerlendirme imkanı sunduğu bildirilmiştir.¹¹⁷

Günümüzde bazı çalışmalarda tiroid bezi cerrahisi sırasında intraoperatif rekürrent larygeal sinir monitörizasyonunun önerildiği ve altın standart olarak literatüre geçtiği bildirilmiştir.^{119,120}

Dralle et al.¹²⁰ bildirdiği bir diğer derlemede intraoperatif rekürrent larygeal sinir monitörizasyonu ile son 30 yılda postoperatif palsy oranı % 5'ten % 1-3 oranına düştüğü belirtilmiştir; ancak yine de operasyon sırasında direk sinirin gözlenmesi ile sinir monitörizasyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir.

Randolph et al.¹¹⁸ rekürrent larygeal sinir monitörizasyonu hakkında oluşturdukları uluslararası standart kılavuz bildirisinde stimülasyon elektrotlarının mono polar veya bipolar diseksiyon ekipmanlarına yerleştirilebileceği; ancak henüz bu konuda yeterince çalışılmadığını bildirmişlerdir.

İnaba et al.¹²¹ normal bireylerde hipoglossal siniri yüksek elektrik voltajı ile stimüle etmişlerdir. Bu çalışmada stimülasyon elektrotları oksipital bölge derisi üzerine yerleştirilmiş ve bileşik kas aksiyon potansiyelleri (Compound Muscle Action Potentials – CMAP) ölçümü dil kasları üzerinden, yüzey elektrotları ile sağlanmıştır. Bununla birlikte katot elektrotu inionun altına, anod elektrodu mastoid çıkıntıya yerleştirerek bu teknikleri kıyaslamışlardır. Sonuç olarak; elektrotların inion ve mastoid çıkıntıya yerleştirildiğinde stimülasyonun daha kolay elde edildiği bildirilmiştir. Bu farklılığın oksipital bölgenin kompleks kemik yapısına bağlı olabileceği bildirilmiştir.

Fukuoka et al.¹²² patolojik olarak meydana gelen nöral iletim bloklarını araştırmışlardır. Bu çalışmada araştırmacılar yüzey elektrotları ile genellikle iletim blokları veya iletim hızında meydana gelen azalmanın tespit edilmesinin güç olduğunu belirtmişlerdir. Çevre dokuların uzak bölge manyetik alanı etkilediğinden dolayı güçleştiğini belirtmişler ve bunun için bileşik aksiyon potansiyeli ölçümü (CAP) ile manyetik bileşik aksiyon alanları (Compound Action Fields- CAF) yöntemini karşılaştırmışlardır. Bu amaçla araştırmacılar non invaziv bir yöntem olan 'Superconducting Quantum Interference Device (SQUID)' tekniğini tavşanlar üzerinde in-vivo olarak test etmişlerdir. Bu cihaz ile özellikle periferel sinirlerin bileşik aksiyon alanlarının kesin olarak tespit edilebildiği bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen manyetik alan ölçümleri ile akson içi akım ölçümlerinin eşdeğer olduğu

gözlemlenmiştir. İlerleyen dönemde SQUID sistemi inferior alveoler sinir lokalizasyonu için de kullanılabilir ve invaziv olmayan bir ölçüm metodu geliştirilebilir.

Sinir stimülatörlerinin çene yüz cerrahisi alanında kullanımına yönelik az sayıda çalışma mevcuttur. Jääskeläinen et al.⁵⁸ bilateral saggital split ramus osteotomisi sırasında operasyon içi inferior alveoler sinir monitörizasyonunu değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında 13 hasta üzerinde 26 siniri değerlendirmişlerdir. Inferior alveoler sinirin stimülasyonunu mental foramen hizasında, ameliyat splentine fikse edilmiş bir stimülasyon elektrodu yardımıyla gerçekleştirmişlerdir. Bu yolla inferior alveoler sinirde ortodromik duyu sinir aksiyon potansiyeli (Sensory Nerve Action Potentials-SNAP) oluşturmuşlardır. Kayıt elektrotları foramen ovale hizasından, ekstraoral olarak deri üzerinden giriş yapılarak yerleştirilmiştir. Aksiyon potansiyelinde gecikme, aksiyon potansiyeli yüksekliği ve iletim hızını; işlem öncesi, medial ekartasyon, kemik kesisi, fragmanların ayrılmasından sonra, manipülasyon sonrası ve fiksasyon sonrası aşamalarda aksiyon potansiyel kayıtları elde edilmiştir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda inferior alveoler sinirin operasyon içinde monitörize edilmesinin inferior alveoler siniri operasyon sırasında korumaya yardımcı olduğunu; operasyondan sonra da sinir hasarına bağlı meydana gelecek sekellerden koruduğu bildirilmiştir.

Nakagawa et al.⁵² saggital split ramus osteotomisi sonrası somatosensöriyel uyarılmış potansiyelleri değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada trigeminal sinir somatosensöriyel uyarılmış potansiyeller (Trigeminal Somatosensory Evoked Potentials- TSEP) invaziv olmayan bir yöntemle ve objektif olarak değerlendirilmiştir. Ölçümler operasyondan hemen önce, inferior alveoler nörovasküler yapının elevasyonundan sonra, osteotomi sonrası ve titanyum mini plak semirijid fiksasyonu sonrası olacak şekilde 4 aşamada alınmıştır. Ayrıca operasyon sonrası 2,4,12 ve 24'üncü haftalarda da ölçümler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda; işlem sırasında ve fiksasyonun sonuna kadar yapılan iletim hızı gecikme süreleri ölçümlerinde artış gözlemlenmiştir; postoperatif 2. Haftadan sonra ise operasyon öncesi iletim hızı gecikme sürelerine geri dönüldüğü bildirilmiştir. Çalışmalarının sonucunda bu tekniğin invaziv olmayan ve klinik olarak objektif veriler sunan uygulanabilir bir teknik olduğu vurgulanmıştır.

Ueki et al.⁵³ Le-fort 1 osteotomisi, saggital split ramus osteotomisi, intraoral vertikal ramus osteotomisi ile bimaksiller ortognatik cerrahi operasyonu geçiren

bireyleri trigeminal sinir somatosensöriyel uyarılmış potansiyeller (Trigeminal Somatosensory Evoked Potentials- TSEP) yoluyla değerlendirmişlerdir. Çalışmalarına 25 hasta dahil edilmiştir. Bu hastaların 16 sına Le-Fort 1 osteotomisi ile beraber bilateral sagittal split ramus osteotomisi uygulanmışken; diğer 8 hastaya Le-Fort 1 osteotomisi ile beraber intraoral vertikal ramus osteotomisi uygulanmıştır. Hastalardan operasyon öncesi, operasyon sonrası 1. ve 2. hafta, 1,3,6,12'nci aylarda ölçümler alınmıştır. Çalışmalarının sonucunda operasyon sonrası 1. aya kadar olan ölçümlerde iletim hızı gecikme sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı artış gözlemlenmiştir; ilerleyen dönemlerde yapılan ölçümlerde operasyon öncesi iletim hızı gecikme süreleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca sagittal split ramus osteotomisi ile intraoral vertikal ramus osteotomileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmediği bildirilmiştir. Çalışmalarının sonucunda bu tekniğin invaziv olmayan ve klinik olarak objektif veriler sunan uygulanabilir bir teknik olduğu vurgulanmıştır.

Hashiba et al.⁵⁴ yaptıkları bir çalışmada trigeminal sinir somatosensöriyel uyarılmış potansiyeller (Trigeminal Somatosensory Evoked Potentials- TSEP) yöntemiyle operasyon sonrası alt dudak hipoestezisini objektif olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmalarına 174 hasta (sağ ve sol olmak üzere 348 inferior alveoler sinir) dahil edilmiştir. Hastaların 128 tanesine Obwegeser tekniği ile yaklaşım ve absorbe olabilen plak fiksasyonu yapılmıştır (1. grup). 84 hastaya Obwegeser metodunun Dal-pont modifikasyonu ile yaklaşım ve monokortikal mini plak fiksasyonu yapılmıştır (2. grup). 32 hastaya Obwegeser tekniği ile bi kortikal mini plak fiksasyonu yapılmıştır (3. grup). 104 hastaya intraoral vertikal ramus osteotomisi yapılmıştır (4. grup). Çalışmanın sonuçlarında 1. ve 2. Gruplar arasında, 2. ve 3. Gruplar arasında ve 1. ve 4. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmiştir. Çalışmalarının sonucunda alt dudak hipoestezisinin ve iyileşme periyodunun mandibulaya yapılan ortognatik cerrahi müdahale tiplerine göre değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca intraoral vertikal ramus osteotomisi sonrası hipoestezinin iyileşmesinin sagittal split ramus osteotomisine göre daha erken meydana geldiği bildirilmiştir.

Yekta et al.⁴⁰ normal ve sinir hasarı bulunan bireyleri niceliksel duyu testi (Quantitative Sensory Testing- QST) yoluyla değerlendirdikleri geniş çaplı, kontrollü

bir klinik çalışma bildirmişlerdir. Bu çalışmada 60 sağlıklı bireyi, 11 sinir hasarı bulunan bireyle karşılaştırmışlardır. Uyguladıkları soğuk belirleme eşiği, sıcak belirleme eşiği, paradoksal ısı duyusu, soğuk ağrı eşiği, sıcak ağrı eşiği, mekanik uyarı belirleme eşiği, mekanik ağrı duyarlılığı, allodini, titreşim belirleme eşiği, baskıya bağlı ağrı eşiği gibi objektif testler ile hastalardan sübjektif bulgular elde etmişlerdir. Alınan ölçümler normal bireylerde infraorbital bölge ile mental bölgeden yapılırken; sinir hasarı bulunan bireylerde ise mental bölgeden yapılmıştır. Çalışmalarının sonucunda; yaşa bağlı duyu fonksiyonlarda azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Normal bireylerden alınan sağ ve sol ölçümlerin birbiri ile uyumlu sonuçlar verdiği bildirilmiştir. İnférieur alveoler sinir hasarı bulunan 11 bireyden sadece 1 hastada iki aylık dönemde ilerleme kaydedilemediği ve sinir augmentasyonuna ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir. Çalışmalarında trigeminal bölgede sinir hasarı meydana gelen bireylerde niceliksel duyu testlerinin meydana gelen sinir hasarının prognozunu öngörebilmek için değerli bir yöntem olduğu bildirilmiştir. Ancak tek bir hastadan yapılan ölçümlerin seans başına yaklaşık 2,5 saat sürdüğü bildirilmiş ve klinik rutin uygulamalar için daha kolay uygulanabilecek ve kısa sürede uygulanabilecek yöntemlere ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir.

Kemik doku içerisinde duyu sinirlerinin uyarılabilirliği bu çalışma kapsamında başarılabilmektedir. Bu açıdan literatürde daha önce yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. İnférieur alveoler sinir kemik doku içerisinde seyreden bir duyu siniri olup dental implant cerrahisi sırasında sinirin konumunun belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Bu çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre uyarı süresinin elde edilen bileşik aksiyon potansiyelini etkilediği gözlemlenmiştir. Değişik uyarı sürelerinin kemik dokuda elde edilen yanıtı etkilediği gözlemlenmiştir.

0,05 ms süre ile stimülasyon uygulandığında verilen uyarı kemik dokudaki direnci geçememekte ve etkili bir uyarı oluşturamamaktadır. 0,05 ms süre ile uyarı elde edilebilmesi için özellikle uzaklık 3 mm'den fazla ise 5 mA' den daha yüksek uyarı şiddetine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak kullanılan stimülatörün akım şiddeti üretici firma tarafından 0,5 ile 5 mA arasında sabitlendiği için bu grupta istatistiksel olarak anlamlı ilişki gözlenmesine rağmen (korelasyon katsayısı: periapikal grafilere yapılan

ölçümler ile 0,678; tomografik ölçümler ile 0,653) uygulama olarak kullanılması mümkün gözlenmemektedir.

Uyarı süresine göre değerlendirilen diğer guruplarda (0,1; 0,3; 0,5 ve 1 ms) elde edilen aksiyon potansiyelleri ve inferior alveoler sinir uzaklığı arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki gözlenmiş olup; klinik uygulamalara elverişli eğriler elde edilmiştir.

0,1; 0,3; 0,5 ve 1 ms guruplarında periapikal grafilerden ve tomografilerden yapılan ölçümler ile akım şiddeti arasındaki ilişki karşılaştırıldığında aralarındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p<0,01$). Kemik doku içerisinde inferior alveoler sinirin konumunu belirlemek amacıyla bu uyarı genişlikleri kullanılabilir.

1 ms gurubunda periapikal grafilerden yapılan ölçümler ile akım şiddeti arasındaki ilişki karşılaştırıldığında aralarındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,01$; korelasyon katsayısı: 0,890) gözlenmiştir. 1 ms gurubunda tomografi uzaklığına göre yapılan ölçümler ile akım şiddeti arasındaki ilişki karşılaştırıldığında aralarındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p<0,01$; korelasyon katsayısı: 0,896). Bu çalışmanın sonuçlarına göre 1 ms uyarı süresi ile inferior alveoler sinirin konumunu kemik içerisinde belirlemek mümkün ve güvenilir gözükmektedir.

Bütün guruplar değerlendirildiğinde, en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan gurupların tomografik uzaklıklara göre 1 ms uyarı süresine göre olan gurupta olduğu ($p<0,01$; korelasyon katsayısı: 0,896); periapikal grafilerde ölçülen uzaklıklara göre ise 0,3 ms uyarı süresinde olduğu ($p<0,01$; korelasyon katsayısı: 0,893) gözlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre kemik doku içerisinde inferior alveoler sinirin uyarılması için en elverişli uyarı süresinin 0,3 veya 1 ms olduğu gözlenmiştir.

İnferior alveoler sinirin yapılan osteotomilerden olan uzaklığı iki farklı radyolojik yöntem ile değerlendirilmiştir. İki farklı görüntüleme tekniğinin kullanılmasıyla ölçüm hatalarının en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Konik ışın huzmeli dental volümetrik tomografi ve periapikal grafiler üzerinde hesaplamalar yapılarak ölçümler bu iki teknik ile karşılaştırılmıştır. Yapılan osteotomilerin en uç noktasından inferior alveoler sinire olan en kısa mesafe dijital olarak ölçülmüştür. Bu iki gurup arasında yapılan istatistiksel değerlendirmede; her iki ölçüm tekniğinin birbirleri ile bağdaşır oldukları gözlenmiştir. ($p<0,001$; korelasyon katsayısı: 0,985)

Çalışmanın özgün değerine değinecek olursak, literatürde kemik doku içerisinden duyu ve/veya motor sinirlerinin uyarılmasını değerlendiren başka bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Bu teknik; sadece dental implant cerrahisi alanında değil tüm vücutta kemik doku içerisinde seyreden periferel sinirler için de geçerli olabilir.

Çalışmanın sınırlılıklarına değinecek olursak, sinir konum belirleyici cihazların lokal anestezi varlığında stimülasyon oluşturmaları mümkün değildir. Bundan dolayı bu tekniğin uygulanmasında inferior alveoler sinir blok teknikleri yerine lokal infiltrasyon tekniği kullanılması gerekmektedir. Objektif bir değerlendirme metodu olarak uygulanmak istendiğinde Jääskeläinen et al.⁵⁸ uyguladığı gibi mandibuler sinire yakın olarak bir kayıt elektrotunun yerleştirilmesi gerekmektedir. Ancak bu tekniğin invaziv bir girişim gerektirmesi klinik olarak lokal anestezi ile uygulanmasını zor kılmaktadır. Bir diğer klinik uygulama ise hastaların vereceği sübjektif bilgilere göre sinir uzaklığının değerlendirilmesi olabilir. Inferior alveoler sinir bir duyu siniri olduğundan dolayı hastaların sübjektif yanıtlarına göre inferior alveoler sinir uzaklığının dental implant osteotomileriyle ilişkisi karşılaştırılabilir. Bu varsayımın ilerleyen çalışmalar ile desteklenmesi gerekmektedir. Dental implant operasyonu sırasında yapılan osteotomilerden stimülasyon uygulanarak hastaların ağrı hissettiği en düşük akım şiddeti değerlendirilebilir. Ancak bu teknik ile elde edilecek bilgiler sübjektif olacaktır. Her iki tekniğin ileri klinik çalışmalar ile değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu hayvan deneyi çalışmasında, deneysel olarak inferior alveoler sinirin uzaklığı objektif olarak belirlenebilmiştir. Ancak klinik uygulamalar için kayıt elektrotunun nereye ve nasıl yerleştirileceği sorusunun cevabını ilerleyen çalışmalar ile bulmak gerekmektedir. Bunun için umut vaat eden bir yöntem olan ‘Superconducting Quantum Interference Device (SQUID)’ sistemi Fukoaka et al.¹²² tarafından bildirilmiştir. Bu teknikte invaziv olmayan SQUID kayıt tekniği ile periferel sinirlerin bileşik aksiyon potansiyel alanları tespit edilebilmektedir. Ancak araştırmacılar çalışmalarını izole edilmiş bir siatik sinir üzerinde yaptıklarından dolayı bu çalışmanın da in vivo olarak ileri çalışmalar ile desteklenmesi gerekmektedir.

6. SONUÇLAR

- Ø Tavşan modeli bu çalışma için uygun bir model olarak gözlenmiştir. İnfierior alveoler sinirin mandibula içerisinde izlediği yol değerlendirilmiş, ekstraoral olarak mandibulaya ulaşılabilceği ve sinire olan mesafenin başarılı bir şekilde değerlendirileceği sonucuna varılmıştır.
- Ø Yapılan anatomik incelemelerde tavşan mandibulasında ramus bölümünün çok ince olduğu gözlenmiştir. Ancak mandibulanın gövde kısmının yeterli kalınlıkta ve uzunlukta olduğu gözlenmiştir.
- Ø Tavşan modelinde inferior alveoler sinirin insanlarda olduğu gibi mandibuler ramusun iç yüzeyinde mevcut posterior mandibuler foramen kemik içerisine girdiği ve mandibulanın dış yüzeyinde mental foramen çıktığı gözlenmiştir.
- Ø Alınan radyografilerde de inferior alveoler sinirin mandibula içerisindeyken dış köklerinin apikali hizasında gittiği gözlenmiştir. Ancak tavşan dişlerinin uzun olmasından dolayı inferior alveoler sinirin özellikle molar dişlerin apikali hizasında mandibula alt sınırına çok yaklaştığı gözlenmiştir. Bundan dolayı elektriksel uyarılar mental foramen bölgesinden ve angulus bölgesinden başarılı bir şekilde sağlanmıştır.
- Ø İnfierior alveoler sinirin tavşan modelinde uyarılması başarılı bir uygulama olarak gözlenmiştir.
- Ø İnfierior alveoler sinirin uyarılmasının insan çalışmalarıyla ilerleyen dönemde desteklenmesi gerekmektedir.
- Ø Elektriksel konum belirleyici cihazların kemik içerisindeki duyu sinirlerini uyarabildiğinin bu çalışma ile kanıtlanmasıyla beraber ilerleyen çalışmalarda sübjektif hasta ağrı hissine göre uzaklık belirlemesi yapılabilir.
- Ø Objektif değerlendirme metodu olarak değerlendirme yapılacak ise; aksiyon potansiyellerinin invaziv olmayan bir yöntem ile tespit edilmesi tercih edilmesi hem hastaların hem de hekimlerin bu tekniği kolayca uygulayabilmesini ve bu tekniğin dental implant cerrahilerinde kendisine daha geniş bir yer bulmasını sağlayacaktır.

Ø Uyarı süreleri göz önüne alındığında inferior alveoler sinirin konumunu belirlemede 1 ms' lik uyarı süresinin en yüksek başarıyı sağladığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. **Misch CE, Resnik R.:** Mandibular nerve neurosensory impairment after dental implant surgery: management and protocol. *Implant Dent* 19:378–86, **2010**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20881808>. Accessed June 10, 2013.
2. **Loetscher CA, Walton RE.:** Patterns of innervation of the maxillary first molar: a dissection study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*65:86–90, **1988**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3422401>. Accessed February 23, 2014.
3. **Malamed SF.:** *HandBook of Local Anesthesia*. 4th Editio.; **1997**.
4. **Langlais RP, Broadus R, Glass BJ.:** Bifid mandibular canals in panoramic radiographs. *J Am Dent Assoc*110:923–6, **1985**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3860553>. Accessed February 21, 2014.
5. **Frommer J, Mele FA, Monroe CW.:** The possible role of the mylohyoid nerve in mandibular posterior tooth sensation. *J Am Dent Assoc*85:113–7, **1972**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4503581>. Accessed February 21, 2014.
6. **Shiller W, Wiswell O.:** Lingual foramina of the mandible. *Anat Rec*:387–390, **1954**. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ar.1091190308/abstract>. Accessed February 21, 2014.
7. **Hayward J, Richardson ER, Malhotra SK.:** The mandibular foramen: its anteroposterior position. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*44:837–43, **1977**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/271923>. Accessed February 21, 2014.
8. **Gandur I, Walton V, Lobato P.:** Mandible Measurements and Dental Midline Deviation after Alveolar Nerve Transection in Growing Rabbits. *Int J Morphol*29:52–56, **2011**. Available at: <http://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v29n1/art08.pdf>. Accessed June 10, 2013.
9. **Jensen OT, Adams MW, Cottam JR, Parel SM, Phillips WR.:** The all on 4 shelf: mandible. *J Oral Maxillofac Surg*69:175–81, **2011**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21055862>. Accessed June 10, 2013.
10. **Worthington P.:** Medicolegal aspects of oral implant surgery. *Aust Prosthodont J*9 Suppl:13–17, **1995**.
11. **Juodzbaly G, Wang H-L, Sabalys G, Sidlauskas A, Galindo-Moreno P.:** Inferior alveolar nerve injury associated with implant surgery. *Clin Oral Implants Res*24:183–90, **2013**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22092662>. Accessed June 10, 2013.
12. **Tay ABG, Zuniga JR.:** Clinical characteristics of trigeminal nerve injury referrals to a university centre. *Int J Oral Maxillofac Surg*36:922–927, **2007**.
13. **Juodzbaly G, Wang H-L, Sabalys G.:** Injury of the Inferior Alveolar Nerve during Implant Placement: a Literature Review. *J Oral Maxillofac Res*2:e1, **2011**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15508990>. Accessed December 3, 2013.
14. **Haas DA, Lennon D.:** A 21 year retrospective study of reports of paresthesia following local anesthetic administration. *J Can Dent Assoc*61:319–320, 323–326, 329–330, **1995**.
15. **Pogrel MA, Thamby S.:** Permanent nerve involvement resulting from inferior alveolar nerve blocks. *J Am Dent Assoc*131:901–907, **2000**.

16. **Stacy GC, Hajjar G.:** Barbed needle and inexplicable paresthesias and trismus after dental regional anesthesia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*77:585–588, **1994**.
17. **Crean SJ, Powis A.:** Neurological complications of local anaesthetics in dentistry. *Dent Update*26:344–349, **1999**.
18. **Hillerup S, Jensen R.:** Nerve injury caused by mandibular block analgesia. *Int J Oral Maxillofac Surg*35:437–443, **2006**.
19. **Pogrel MA, Kaban LB.:** Injuries to the inferior alveolar and lingual nerves. *J Calif Dent Assoc*21:50–54, **1993**.
20. **Nickel AA.:** A Retrospective Study of Paresthesia of the Dental Alveolar Nerves. *Anesth Prog*37:42–45, **1990**.
21. **Pogrel MA, Bryan J, Regezi J.:** Nerve damage associated with inferior alveolar nerve blocks. *J Am Dent Assoc*126:1150–1155, **1995**.
22. **Pogrel MA, Thamby S.:** The etiology of altered sensation in the inferior alveolar, lingual, and mental nerves as a result of dental treatment. *J Calif Dent Assoc*27:531, 534–538, **1999**.
23. **Heller AA, Shankland WE.:** Alternative to the inferior alveolar nerve block anesthesia when placing mandibular dental implants posterior to the mental foramen. *J Oral Implantol*27:127–133, **2001**.
24. **Levitt DS.:** *Apicoectomy of an endosseous implant to relieve paresthesia: a case report*. *Implant dentistry* 12 , 202–205 (**2003**).
25. **Héraud J, Orofino J, Trub M MN.:** Electrophysiologic evidence showing the existence of sensory receptors within the alveolar bone in anesthetized cats. *Int J Oral Maxillofac Implant*Nov-Dec;:800–5., **1996**.
26. **Worthington P.:** Injury to the inferior alveolar nerve during implant placement: a formula for protection of the patient and clinician. *Int J Oral Maxillofac Implants*19:731–4, **2004**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15508990>.
27. **Nazarian Y, Eliav E, Nahlieli O.:** Nerve injury following implant placement: prevention, diagnosis and treatment modalities. *Int J Oral Maxillofac Implant*20:44–50, 101, **2003**.
28. **Alhassani AA, AIGHamdi AST.:** Inferior alveolar nerve injury in implant dentistry: diagnosis, causes, prevention, and management. *J Oral Implantol*36:401–7, 2010. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20545547>. Accessed June 10, 2013.
29. **Başa O, Dilek OC.:** Assessment of the risk of perforation of the mandibular canal by implant drill using density and thickness parameters. *Gerodontology*28:213–220, 2011.
30. **Fanuscu MI, Chang T-L.:** Three-dimensional morphometric analysis of human cadaver bone: microstructural data from maxilla and mandible. *Clin Oral Implants Res*15:213–218, 2004.
31. **Rothman SL, Chaftez N, Rhodes ML, Schwarz MS.:** CT in the preoperative assessment of the mandible and maxilla for endosseous implant surgery. Work in progress. *Radiology*168:171–175, **1988**.
32. **Theisen FC, Shultz RE, Elledge DA.:** *Displacement of a root form implant into the mandibular canal*. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 70 , 24–28 (**1990**).
33. **Eriksson AR, Albrektsson T.:** Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent*50:101–107, **1983**.

34. **Beirowski B, Adalbert R, Wagner D, Grumme DS, Addicks K, Ribchester RR, Coleman MP.:** The progressive nature of Wallerian degeneration in wild-type and slow Wallerian degeneration (WldS) nerves. *BMC Neurosci*6:6, **2005**.
35. **Leckel M, Kress B, Schmitter M.:** *Neuropathic pain resulting from implant placement: case report and diagnostic conclusions.* *Journal of oral rehabilitation* 36 , 543–546 (**2009**).
36. **Sammartino G, Marenzi G, Citarella R, Ciccarelli R, Wang H-L.:** Analysis of the occlusal stress transmitted to the inferior alveolar nerve by an osseointegrated threaded fixture. *J Periodontol*79:1735–1744, **2008**.
37. **Khawaja N, Renton T.:** *Case studies on implant removal influencing the resolution of inferior alveolar nerve injury.* *British dental journal* 206 , 365–370 (**2009**).
38. **Peñarrocha Diago M, Boronat López A, Lamas Pelayo J.:** Update in dental implant periapical surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*11:E429–E432, **2006**.
39. **Shimpo T, Gilliatt RW, Kennett RP, Allen PJ.:** Susceptibility to pressure neuropathy distal to a constricting ligature in the guinea-pig. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*50:1625–1632, **1987**.
40. **Yekta SS, Smeets R, Stein JM, Ellrich J.:** Assessment of trigeminal nerve functions by quantitative sensory testing in patients and healthy volunteers. *J Oral Maxillofac Surg*68:2437–51, **2010**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20598414>. Accessed June 10, 2013.
41. **Rood JP, Shehab BA.:** The radiological prediction of inferior alveolar nerve injury during third molar surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*28:20–25, **1990**.
42. **HJ. S.:** Three Types of nerve injury. *Brain*66:247–288, **1943**.
43. **JP L.:** Trigeminal nerve injury: diagnosis and management. *Oral Maxillofac Clin North Am*4:285–296, **1992**.
44. **Sunderland S.:** A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. *Brain* 74(4):491–516.
45. **Robinson P, Loescher A, Smith K.:** A prospective, quantitative study on the clinical outcome of lingual nerve repair. *Br J Oral ...*:255–263, **2000**. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266435600904637>. Accessed February 17, 2014.
46. **Merskey H.:** The taxonomy of pain. *Med Clin North Am*91:13–20, vii, **2007**.
47. **Kraut RA, Chahal O.:** Management of patients with trigeminal nerve injuries after mandibular implant placement. *J Am Dent Assoc*133:1351–1354, **2002**.
48. **Ylikontiola L, Kinnunen J, Oikarinen K.:** Comparison of different tests assessing neurosensory disturbances after bilateral sagittal split osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg*27:417–421, **1998**.
49. **Ylikontiola L, Kinnunen J, Laukkanen P, Oikarinen K.:** Prediction of recovery from neurosensory deficit after bilateral sagittal split osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*90:275–281, **2000**.
50. **Kawamura P, Wessberg GA.:** Normal trigeminal neurosensory responses. *Hawaii Dent J*16:8–11, **1985**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3864769>. Accessed December 15, 2013.
51. **Walter JM, Gregg JM.:** Analysis of postsurgical neurologic alteration in the trigeminal nerve. *J Oral Surg*37:410–4, **1979**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/220400>. Accessed December 15, 2013.

52. **Nakagawa K, Ueki K, Takatsuka S, Takazakura D, Yamamoto E.**: Somatosensory-evoked potential to evaluate the trigeminal nerve after sagittal split osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*91:146–52, **2001**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11174589>. Accessed December 15, 2013.
53. **Ueki K, Nakagawa K, Marukawa K, Shimada M, Yoshida K, Hashiba Y, Shimizu C, Yamamoto E.**: Evaluation of upper lip hypoesthesia with a trigeminal somatosensory-evoked potential following Le Fort I osteotomy in combination with mandibular osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*103:169–74, **2007**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17234530>. Accessed February 19, 2014.
54. **Hashiba Y, Ueki K, Marukawa K.**: A comparison of lower lip hypoesthesia measured by trigeminal somatosensory-evoked potential between different types of mandibular osteotomies and fixation. *Oral Surgery, Oral ...*104:177–85, **2007**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17448708>. Accessed February 19, 2014.
55. **Ylikontiola L, Vesala J, Oikarinen K.**: Repeatability of 5 clinical neurosensory tests used in orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*16:36–46, **2001**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11563394>. Accessed December 15, 2013.
56. **Jones DL, Wolford LM, Hartog JM.**: Comparison of methods to assess neurosensory alterations following orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*5:35–42, **1990**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2373911>. Accessed December 15, 2013.
57. **Jääskeläinen SK, Peltola JK, Forssell K, Vähätalo K.**: Evaluating function of the inferior alveolar nerve with repeated nerve conduction tests during mandibular sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg*53:269–79, **1995**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7861277>. Accessed December 15, 2013.
58. **Jääskeläinen SK, Teerijoki-Oksa T, Forssell K, Vähätalo K, Peltola JK, Forssell H.**: Intraoperative monitoring of the inferior alveolar nerve during mandibular sagittal-split osteotomy. *Muscle Nerve*23:368–75, **2000**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10679713>.
59. **Jääskeläinen SK, Teerijoki-Oksa T, Forssell H.**: Neurophysiologic and quantitative sensory testing in the diagnosis of trigeminal neuropathy and neuropathic pain. *Pain*117:349–57, **2005**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16153774>. Accessed December 19, 2013.
60. **Colin WB.**: Conduction velocity of the human inferior alveolar nerve. Normative data. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*123:185–9, **1997**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9046287>. Accessed December 15, 2013.
61. **KUGELBERG E.**: [Facial reflexes]. *Brain*75:385–96, **1952**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12978170>. Accessed December 15, 2013.
62. **Jääskeläinen SK, Peltola JK.**: Clinical application of the blink reflex with stimulation of the mental nerve in lesions of the inferior alveolar nerve. *Neurology*44:2356–61, **1994**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7991126>. Accessed December 15, 2013.
63. **Jääskeläinen SK.**: Blink reflex with stimulation of the mental nerve. Methodology, reference values, and some clinical vignettes. *Acta Neurol Scand*91:477–82, **1995**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7572043>. Accessed December 15, 2013.
64. **Bruce RA, Frederickson GC, Small GS.**: Age of patients and morbidity associated with mandibular third molar surgery. *J Am Dent Assoc*101:240–5, **1980**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6931159>. Accessed December 16, 2013.

65. **Renton T.:** Prevention of iatrogenic inferior alveolar nerve injuries in relation to dental procedures. *Dent Update* 37:350–2, 354–6, 358–60 passim. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20929149>. Accessed December 16, 2013.
66. **Hegedus F, Diecidue RJ.:** Trigeminal nerve injuries after mandibular implant placement--practical knowledge for clinicians. *Int J Oral Maxillofac Implants*21:111–6. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16519189>. Accessed December 16, 2013.
67. **Misch CE.:** Root Form surgery in the edentulous anterior and posterior mandible: Implant insertion. In: *Contemporary Implant Dentistry*. St. Louis: MO: Mosby Elsevier; **2008**:221–226.
68. **Galloway EB, Jensen RL, Dailey a T, Thompson BG, Shelton C.:** Role of topical steroids in reducing dysfunction after nerve injury. *Laryngoscope*110:1907–10, **2000**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11081608>.
69. **Jancsó G, Kiraly E, Jancsó-Gábor A.:** Pharmacologically induced selective degeneration of chemosensitive primary sensory neurones. *Nature*270:741–3. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/593396>. Accessed December 16, 2013.
70. **Han SR, Yeo SP, Lee MK, Bae YC, Ahn DK.:** Early dexamethasone relieves trigeminal neuropathic pain. *J Dent Res*89:915–20, **2010**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20581355>. Accessed December 16, 2013.
71. **Seo K, Tanaka Y, Terumitsu M, Someya G.:** Efficacy of steroid treatment for sensory impairment after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg*62:1193–7, **2004**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15452804>. Accessed December 16, 2013.
72. **Strauss ER, Ziccardi VB, Janal MN.:** Outcome assessment of inferior alveolar nerve microsurgery: a retrospective review. *J Oral Maxillofac Surg*64:1767–70, **2006**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17113443>. Accessed December 16, 2013.
73. **Olson JE, Stravino VD.:** A review of cryotherapy. *Phys Ther*52:840–53, **1972**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4558889>. Accessed December 16, 2013.
74. **Bates JA, Nathan PW.:** Transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic pain. *Anaesthesia*35:817–22, **1980**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6969555>. Accessed December 19, 2013.
75. **Sung YF, Kutner MH, Cerine FC, Frederickson EL.:** Comparison of the effects of acupuncture and codeine on postoperative dental pain. *Anesth Analg*56:473–8. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/327853>. Accessed December 19, 2013.
76. **Hillerup S.:** Iatrogenic injury to the inferior alveolar nerve: etiology, signs and symptoms, and observations on recovery. *Int J Oral Maxillofac Surg*37:704–9, **2008**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18501561>. Accessed December 19, 2013.
77. **Ford DJ, Pither C, Raj PP.:** Comparison of insulated and uninsulated needles for locating peripheral nerves with a peripheral nerve stimulator. *Anesth Analg*63:925–8, **1984**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6486492>. Accessed February 17, 2014.
78. **Dalrymple P.:** Electrical nerve locators. *Contin Educ Anaesthesia, Crit Care Pain*6:32–36, **2006**. Available at: <http://ceaccp.oxfordjournals.org/content/6/1/32.short>. Accessed February 17, 2014.
79. **Jochum D, Iohom G, Diarra DP, Loughnane F, Dupré LJ, Bouaziz H.:** An objective assessment of nerve stimulators used for peripheral nerve blockade*. *Anaesthesia*61:557–64, **2006**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16704590>. Accessed June 10, 2013.

80. **Selander D, Edshage S, Wolff T.**: Paresthesiae or no paresthesiae? Nerve lesions after axillary blocks. *Acta Anaesthesiol Scand*23:27–33, **1979**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/425811>. Accessed January 23, 2014.
81. **Tulchinsky A, Weller RS, Rosenblum M, Gross JB.**: Nerve stimulator polarity and brachial plexus block. *Anesth Analg*77:100–3, **1993**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8317714>. Accessed February 17, 2014.
82. **Bashein G, Haschke RH, Ready LB.**: Electrical nerve location: numerical and electrophoretic comparison of insulated vs uninsulated needles. *Anesth Analg*63:919–24, **1984**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6486491>. Accessed February 17, 2014.
83. **Urmev WF, Grossi P.**: Percutaneous electrode guidance and subcutaneous stimulating electrode guidance: modifications of the original technique. *Reg Anesth Pain Med*28:253–5. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12772147>. Accessed February 17, 2014.
84. **Urmev WF, Grossi P.**: Percutaneous electrode guidance: a noninvasive technique for prelocation of peripheral nerves to facilitate peripheral plexus or nerve block. *Reg Anesth Pain Med*27:261–7. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12016599>. Accessed February 17, 2014.
85. **Delcanho RE.**: Neuropathic implications of prosthodontic treatment. *J Prosthet Dent*73:146–52, **1995**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7722929>. Accessed February 21, 2014.
86. **Rubenstein JE, Taylor TD.**: Apical nerve transection resulting from implant placement: a 10-year follow-up report. *J Prosthet Dent*78:537–41, **1997**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9421779>. Accessed February 21, 2014.
87. **Wismeijer D, Waas MA van, Vermeeren JI, Kalk W.**: Patients' perception of sensory disturbances of the mental nerve before and after implant surgery: a prospective study of 110 patients. *Br J Oral Maxillofac Surg*35:254–9, **1997**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9291263>. Accessed February 21, 2014.
88. **Dao TT, Mellor A.**: Sensory disturbances associated with implant surgery. *Int J Prosthodont*11:462–9. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9922738>. Accessed February 21, 2014.
89. **Bartling R, Freeman K, Kraut RA.**: The incidence of altered sensation of the mental nerve after mandibular implant placement. *J Oral Maxillofac Surg*57:1408–12, **1999**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10596660>. Accessed February 21, 2014.
90. **Walton JN.**: Altered sensation associated with implants in the anterior mandible: a prospective study. *J Prosthet Dent*83:443–9, **2000**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10756294>. Accessed February 21, 2014.
91. **Ziccardi VB, Assael LA.**: Mechanisms of trigeminal nerve injuries. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*9:1–11, **2001**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11665372>. Accessed February 21, 2014.
92. **Arx T von, Häfliger J, Chappuis V.**: Neurosensory disturbances following bone harvesting in the symphysis: a prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res*16:432–9, **2005**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16117767>. Accessed February 21, 2014.
93. **Abarca M, Steenberghe D van, Malevez C, Ridder J De, Jacobs R.**: Neurosensory disturbances after immediate loading of implants in the anterior mandible: an initial questionnaire approach followed by a psychophysical assessment. *Clin Oral Investig*10:269–77, **2006**. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1705496&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Accessed February 21, 2014.

94. **Greenstein G, Tarnow D.**: The mental foramen and nerve: clinical and anatomical factors related to dental implant placement: a literature review. *J Periodontol*77:1933–43, **2006**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17209776>. Accessed February 21, 2014.
95. **Jones RHB.**: Repair of the trigeminal nerve: a review. *Aust Dent J*55:112–9, **2010**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20604750>. Accessed June 10, 2013.
96. **Nortjé CJ, Farman AG, V Joubert JJ de.**: The radiographic appearance of the inferior dental canal: an additional variation. *Br J Oral Surg*15:171–2, **1977**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/271020>. Accessed February 22, 2014.
97. **Grover PS, Lorton L.**: Bifid mandibular nerve as a possible cause of inadequate anesthesia in the mandible. *J Oral Maxillofac Surg*41:177–9, **1983**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6572228>. Accessed February 22, 2014.
98. **Wellehan JFX, Gunkel CI, Kledzik D, Robertson S a, Heard DJ.**: Use of a nerve locator to facilitate administration of mandibular nerve blocks in crocodilians. *J Zoo Wildl Med*37:405–8, **2006**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17319144>.
99. **Childers M, Reader A, Nist R, Beck M, Meyers WJ.**: Anesthetic efficacy of the periodontal ligament injection after an inferior alveolar nerve block. *J Endod*22:317–20, **1996**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8934993>. Accessed February 22, 2014.
100. **Claffey E, Reader A, Nusstein J, Beck M, Weaver J.**: Anesthetic efficacy of articaine for inferior alveolar nerve blocks in patients with irreversible pulpitis. *J Endod*30:568–71, **2004**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15273637>. Accessed February 21, 2014.
101. **Cohen HP, Cha BY, Spångberg LS.**: Endodontic anesthesia in mandibular molars: a clinical study. *J Endod*19:370–3, **1993**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8245762>. Accessed February 22, 2014.
102. **Hinkley SA, Reader A, Beck M, Meyers WJ.**: An evaluation of 4% prilocaine with 1:200,000 epinephrine and 2% mepivacaine with 1:20,000 levonordefrin compared with 2% lidocaine with:100,000 epinephrine for inferior alveolar nerve block. *Anesth Prog*38:84–9. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2161976&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Accessed February 22, 2014.
103. **Mikesell P, Nusstein J, Reader A, Beck M, Weaver J.**: A comparison of articaine and lidocaine for inferior alveolar nerve blocks. *J Endod*31:265–70, **2005**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15793381>. Accessed January 22, 2014.
104. **Vreeland DL, Reader A, Beck M, Meyers W, Weaver J.**: An evaluation of volumes and concentrations of lidocaine in human inferior alveolar nerve block. *J Endod*15:6–12, **1989**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2607268>. Accessed February 22, 2014.
105. **Potocnik I, Bajrović F.**: Failure of inferior alveolar nerve block in endodontics. *Endod Dent Traumatol*15:247–51, **1999**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10825834>. Accessed February 22, 2014.
106. **Busuttil Naudi K, Ayoub A, McMahon J, Silvio L Di, Lappin D, Hunter KD, Barbenel J.**: Mandibular reconstruction in the rabbit using beta-tricalcium phosphate (β -TCP) scaffolding and recombinant bone morphogenetic protein 7 (rhBMP-7) - histological, radiographic and mechanical evaluations. *J Craniomaxillofac Surg*40:e461–9, **2012**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22507295>. Accessed June 7, 2013.
107. **Kunimori K, Maruoka Y, Sato M, Harada K, Omura K.**: The effect of mandibular distraction osteogenesis on the histology and immunohistology of keratinized gingiva. *Oral Surg Oral Med*

*Oral Pathol Oral Radiol Endod*103:738–44, **2007**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17449290>. Accessed June 10, 2013.

108. **Goto N, Watanabe K, Umezawa H, Yazawa H, Kuramasu S.**: Morphometrical observations on the mandible of five strains of rabbits and strain identification using mandible measurements. *Lab Anim*21:188–94, **1987**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3626464>.
109. **KABAK M, GÜLTİKEN M, ONUK B.**: Yeni Zelanda tavşanında (*Oryctolagus cuniculus* L.) articulatio temporomandibularis ve çiğneme kaslarının anatomisi. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*54:149–154, **2007**. Available at: <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/11/246/2212.pdf>. Accessed June 10, 2013.
110. **Pogrel MA, Maghen A.**: The use of autogenous vein grafts for inferior alveolar and lingual nerve reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg*59:985–8; discussion 988–93, **2001**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11526560>. Accessed February 22, 2014.
111. **Etoz O, Er N, Demirbas A.**: Is supraperiosteal infiltration anesthesia safe enough to prevent inferior alveolar nerve during posterior mandibular implant surgery? *Med Oral Patol Oral y Cir Bucal*16:e386–e389, **2011**. Available at: http://www.medicinaoral.com/pubmed/medoralv16_i3_p386.pdf. Accessed February 22, 2014.
112. **Gaggl A, Schultes G, Kärcher H.**: Navigational precision of drilling tools preventing damage to the mandibular canal. *J Craniomaxillofac Surg*29:271–5, **2001**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11673921>. Accessed April 11, 2014.
113. **Burstein J, Mastin C, Le B.**: Avoiding injury to the inferior alveolar nerve by routine use of intraoperative radiographs during implant placement. *J Oral Implantol*34:34–8, **2008**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18390241>. Accessed February 17, 2014.
114. **Kim ST, Hu K-S, Song W-C, Kang M-K, Park H-D, Kim H-J.**: Location of the mandibular canal and the topography of its neurovascular structures. *J Craniofac Surg*20:936–9, **2009**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19461335>. Accessed February 22, 2014.
115. **Jaffe RA, Rowe MA.**: Differential nerve block. Direct measurements on individual myelinated and unmyelinated dorsal root axons. *Anesthesiology*84:1455–64, **1996**. Available at: <http://www.springerlink.com/index/K151543903V09W07.pdf>. Accessed December 24, 2013.
116. **Potocnik I, Tomsic M, Sketelj J, Bajrovic FF.**: Articaine is More Effective than Lidocaine or Mepivacaine in Rat Sensory Nerve Conduction Block in vitro. *J Dent Res*85:162–166, **2006**. Available at: <http://jdr.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/154405910608500209>. Accessed December 24, 2013.
117. **Dralle H, Sekulla C, Lorenz K, Brauckhoff M, Machens A.**: Intraoperative monitoring of the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery. *World J Surg*32:1358–66, **2008**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18305996>. Accessed April 11, 2014.
118. **Randolph GW, Dralle H, Abdullah H, Barczynski M, Bellantone R, Brauckhoff M, Carnaille B, Cherenko S, Chiang F-Y, Dionigi G, Finck C, Hartl D, Kamani D, Lorenz K, Miccolli P, Mihai R, Miyauchi A, Orloff L, Perrier N, Poveda MD, Romanchishen A, Serpell J, Sitges-Serra A, Sloan T, Slycke S Van, Snyder S, Takami H, Volpi E, Woodson G.**: Electrophysiologic recurrent laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: international standards guideline statement. *Laryngoscope*121 Suppl :S1–16, **2011**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21181860>. Accessed December 24, 2013.
119. **Snyder SK, Hendricks JC.**: Intraoperative neurophysiology testing of the recurrent laryngeal nerve: plaudits and pitfalls. *Surgery*138:1183–91; discussion 1191–2, **2005**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16360407>. Accessed February 22, 2014.

120. **Dralle H, Sekulla C, Haerting J, Timmermann W, Neumann HJ, Kruse E, Grond S, Mühlig HP, Richter C, Voss J, Thomusch O, Lippert H, Gastinger I, Brauckhoff M, Gimm O.** Risk factors of paralysis and functional outcome after recurrent laryngeal nerve monitoring in thyroid surgery. *Surgery*136:1310–22, **2004**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15657592>. Accessed December 24, 2013.
121. **Inaba a, Yokota T, Otagiri a, Nishimura T, Saito Y, Kanouchi T, Mizusawa H.** High voltage electrical stimulation of the proximal hypoglossal nerve in normal subjects. *Clin Neurophysiol*113:925–9, **2002**. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12048052>.
122. **Fukuoka Y, Komori H, Kawabata S, Ohkubo H, Shinomiya K, Terasaki O.** Imaging of neural conduction block by neuromagnetic recording. *Clin Neurophysiol*113:1985–92, 2002. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12464338>.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Batman'da doğdu. İlköğrenimini Batman Ted Koleji'nde, Ortaöğrenim ve Lise öğrenimini 2003 yılında İstanbul Adnan Menderes Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2009 yılında Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden mezun oldu. Aynı yılın eylül ayında Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. Doktora eğitimi süresince Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde klinik ve akademik faaliyetlerde bulundu.