

BİDGE Yayınları

Ağız, Diş Ve Çene Radyolojisi ve Klinik Diş Hekimliği

Editör: Prof. Dr. Kıvanç Kamburoğlu

ISBN: 978-625-372-363-7

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2024

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İçindekiler

İmplant Alanındaki Kemik Hacimlerinin Ve İmplant Yapılabilir Alanların İyileştirilmesinde Güncel Yaklaşımlar	4
Cem BAYSAL	4
Majör Tükürük Bezlerini Görüntülemesinde Kullanılan Yöntemler	19
Hazal KARSLIOGLU	19
Mehmet Özgür ÖZEMRE	19
Temporomandibular Eklem Görüntüleme Teknikleri.....	26
Didem DUMANLI	26
Çiğdem ŞEKER.....	26
Gediz GEDUK	26
Paranasal Sinüs Anatomisi ve Gelişimi	67
Nehir GENCER.....	67
Cone- Beam Computed Tomography In The Assessment Of Temporomandibular Joint Disorders	95
Ali OCAK.....	95

BÖLÜM I

İmplant Alanındaki Kemik Hacimlerinin Ve İmplant Yapılabilir Alanların İyileştirilmesinde Güncel Yaklaşımlar

Cem BAYSAL¹

Giriş

Günümüzde ağız ve diş sağlığında yoğun bir şekilde kullanılan implant tedavisi, geçmişte tedavisi çok zor ya da mümkün olmayan birçok ağız sorununa oldukça etkili ve başarılı çözüm üretmektedir. Ağız protez tedavisi sürecinin gelmiş olduğu en ileri ve yenilikçi nokta olan implantlar, kuşkusuz her tedavi aracı ve protezde olduğu gibi, organik maddeyi taklit etmede ve vücuda entegrasyon konusunda bazı eksiklikler ve sorunlar da yaşayabilmektedir. Her şeyden önce implantlar yabancı bir cisim olduğu için vücut içerisinde yabancı cisim etkileşimi önemli bir konu olarak tedavi

¹ Dr., İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hastanesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi, İstanbul/Türkiye, Orcid: 000000028411662X, cembaysal@yahoo.com

sürecinde etkisini göstermektedir. Bunun yanında hastanın implantlara ve daha genel olarak protezlere olan adaptasyonu, kendini damgalama olarak literatüre geçen, hastanın kendisini belirli bir sınıfa sokması, yaş ve psikojenik ya da nörotik faktörler, implant tedavisinde gelineen mühendislik ve tıp çözümlerinin gizli ya da görünmeyen süreçleridir.

Bir hastaya implant tedavisi uygulandıktan sonra, tedavi ve adaptasyon sürecinin psikojenik tarafına en önemli yardımcı konu, estetik kaygılardır. İmplant tedavileri her ne kadar tıbbi gerekçelerle, hastaların yaşam konforlarını arttırmak, beslenme ve ağız sağlığı başta olmak üzere, birçok yaşamsal fonksiyonlarını geliştirmeyi amaçlasa da, günümüzde özellikle tedavinin estetik tarafı oldukça önemli bir yer tutmaktadır. “Hollywood Smile”, “All on four-six” gibi tedavi paketlerinde özellikle görünüm çok fazla ön plana çıkmaktadır. Materyal ve malzeme biliminde ise dünyada önde gelen bazı yüksek maliyetli ve kaliteli ürünler ile orta ve alt kademede ürünler söz konusudur. Genel olarak yüksek ve orta üstü kademelerde estetik kaygı ön plandayken, düşük ve orta-düşük kademelerde ise işlevsellik ve tedavi sürecinin daha fazla ön plana çıktığı ifade edilebilir. Ancak her ne kadar amaç ve sonuçlar bakımından farklılıklar olsa da, hekimlik bakımından bir implant tedavisinin başarısının en önemli göstergelerinin başında, kemik ile implant arasındaki uyum ve hastanın konforu gelmektedir.

Psikolojik uyum ve adaptasyon sürecinden farklı olarak kemik uyumu daha teknik ve biyolojik olarak mekanizması daha detaylı açıklanabilen bir kavramdır. Bu noktada, kemik uyumunun kolay olmadığını, ancak psikolojik ve çevresel faktörlere nispeten kontrolünün daha kolay olduğunu vurgulamak gerekir. En azından

kemik uyumu ve bununla ilişkili olan kavramlar, günümüzde giderek daha fazla kantitatif bilgiye ve klinik çalışmalara izin verecek niteliktedir. Bu bölümde, güncel gelişmeler ve klinik çalışmalar ışığında, implant alanındaki kemik hacim ve alanlarının iyileştirilmesine yönelik güncel yaklaşımların değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

İmplant-Kemik İlişkisi ve Tutunma Mekanizmaları

İmplant uygulamalarında oldukça önemli bir konu olan implant kemik ilişkisinin temelini, implant uygulamasının kemiğe tutunma derecesinin oluşturduğunu ifade etmek mümkündür. Ancak her ne kadar implant ile kemik arasındaki tutunmanın derecesi önemli olsa da, tek başına tutunmanın yüksek olması olumlu ya da düşük olması olumsuz bir durum olarak nitelendirilmeye yeterli değildir.

İmplant ile kemik arasındaki tutunmanın biçimi ve mekanizması kemiğin kalitesi, implant şekli ve malzemesi, cerrahi olarak uygulanan teknik, aşınma direnci ve biyolojik uyum düzeylerine göre şekillenmektedir (Öztuna ve Gürer, 2011). Dolayısıyla implant uygulamalarında aslında uygulanan protezin vücut ile biyolojik açıdan uyum düzeyini gösteren her parametre, aynı zamanda implant ile kemik arasındaki tutunma derecesini de göstermektedir.

Dental alanda yoğun olarak kullanılan implantlar, uygulama yapılan çevre ile gerçek dişlerde olduğu gibi biyolojik genişleme, epitel tutunma ve bakteriyel anlamda bir bariyer fonksiyonu göstermektedir. Doğal dişlerin lif dokusu dişin kök yüzeyine dik şekildegken, implant uygulamalarında ise lif doğrultusu implant

yüzeyine paraleldir (Boynueğri ve ark, 2011). Bu durum ise dişlerin kemik ile tutunma düzeyleri üzerinde önemli etkiye sahiptir.

İmplant Uygulamada Cerrahi Yaklaşımlar

Diş implantlarının cerrahi uygulamasında aşağıdaki yaklaşımlar

- Sinüs liftler
- Kret genişletmeler (bukkal kemikte rezorpsiyon durumu)
- Suni/xerograft/allogteft kullanımı (hacim başarısı ancak kalıntılardan ve vaskülerizasyonda engelleme dolayısıyla integrasyonda azalma)
- Otojen kortikal ve spongioz kemik kullanımı ile ilgili yaklaşımlar

Sinüs lifting:

Lateral sinüs kaldırma olarak bilinen bir teknik günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır ve özellikle otojen kemik kullanıldığında güvenilir kabul edilmektedir. Yöntem, osteotomik sinüs kaldırma adı verilen, eşzamanlı implant yerleştirme ile daha az invazif, tek aşamalı bir sinüs kaldırma tekniğini tanımlanmaktadır (Esposito vd, 2010).

Kret genişletmeler:

Bukkal kemikte rezorpsiyon durumunda yapılmaktadır. İmmediat implant yerleştirmede daha sık ortaya çıkan rezorpsiyon, bukkal kemik sırtı genişliği, üç boyutlu implant konumu, sırt genişliği veya boşluk doldurma gibi çeşitli parametrelerden

etkilenmektedir (Viña-Almunia vd, 2010). Bu durumda, bu değişkenler dikkate alınarak, kret genişletilmesi yapılmaktadır.

Suni xerograft allogteft kullanımı:

Hacim başarısı için suni xerograft ya da allogteft kullanılması yöntemidir. Sığır kemiği ksenogrefti ve mineralize süngerimsi kemik allograftı diş cerrahisinde kemik yerine başarıyla kullanılmaktadır (Lee vd, 2009). Ancak kalıntılardan ve vaskülerizasyonda engelleme dolayısıyla integrasyonda azalma söz konusu olabilmektedir.

Otojen kortikal ve spongios kemik kullanımı:

İmplant uygulamada eksik kemiğin olduğu yere kemik yerleştirme tekniklerinden biri de greft yerleştirilmesini içermektedir. Bunlar arasında iliak krest, ekstraoral otolog kan toplama bağlamında en sık kullanılan donör alanlarından biridir. Büyük miktarlarda hem kortikal hem de kortikomedüller kemiğin yanı sıra tek başına spongiosumun toplanmasına olanak tanımaktadır (Viscardi ve Carini, 2023).

Radyolojik Görüntüleme Yöntemleri:

Radyolojik görüntüleme yöntemleri cerrahi yöntemlerin içerisinde yer alsa da, tedavi sonrası takip süreci de dahil, implant uygulamasının her aşamasında önemli yeri olan tekniklerdir. Amerikan Oral ve Maksillofasiyal Radyoloji Akademisi, implant uygulamalarında bilgisayarlı tomografi ve radyolojik yöntemlerin mümkün olduğu ölçüde kullanılmasını önermiştir (Güngör vd, 2008). Bu tarihten günümüze radyolojik ve bilgisayarlı görüntüleme yöntemleri, cerrahi uygulamalar için adeta vazgeçilmez olmuştur.

İmplant Sonrası Kemik Gelişimi Ve Osseointegrasyon

Kavramsal olarak osseointegrasyon, kemik anlamına gelen “ossea” ve birleşme, tutunma anlamına gelen “integrasyon” köklerinin birleşiminden oluşmaktadır. Bu tanıma göre osseointegrasyon, kemiğin entegrasyon derecesinin ve şeklinin göstergesi anlamına gelen bir kavramdır. Ancak kelime olarak kemiğin başka kemiğe mi, yoksa bir protez ya da biyolojik materyale mi entegrasyonu konusunda bir bilgi vermemektedir. Kavramsal bağlamda ise osseointegrasyon implant yüzeyi ile canlı kemik dokusunun yüklenme altındaki yüzey ile yapmış olduğu yapısal bağlantıyı ifade etmektedir (Uzun ve Keyf, 2007). Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere osseointegrasyon, implant ile kemik arasındaki entegrasyon ya da adapte olma düzeyini göstermektedir.

Osseointegrasyon aslında her ne kadar kemik ve entegrasyon kelimelerinden gelmiş olsa da, literatürde “kaynaşma”, “adaptasyon” gibi kavramlar da kullanılmaktadır. Ancak kaynaşma ve adaptasyon entegrasyon kavramının tam olarak karşılığı değildir. Kaynaşmada, bir yapının diğer yapının bir parçası gibi davranması söz konusuyken, yanlış kaynaşma olumsuz bir durumu ifade etmektedir. Adaptasyon ise uyum düzeyini gösterse de, birlikte hareket etme ifadesini tam olarak karşılamadığını ifade etmek mümkündür. Bu nedenle, osseointegrasyon kavramı literatürde de giderek daha fazla tercih edilmekte ve kullanılmaktadır.

İmplant yüzeyine yönelik uyum düzeyinin göstergelerinin başında, implant malzemesi gelmektedir. Günümüzde en yaygın kullanılan implant yüzey malzemelerini şu şekilde özetlemek mümkündür (Özyazgan ve Çetinkaya, 2013):

- Karbon türevleri
- Çelik paslanmaz malzemeler
- Krom kobalt molibden
- Polimer türevleri
- Seramik türevleri
- Zirkonyum
- Titanyum

Her ne kadar yukarıda verilen malzemeler günümüzde modern implant uygulamalarında osseointegrasyon konusunda önemli malzemeler olsa da, günümüzde hem bu malzemelerin türevleri, hem de farklı fizyolojik ve kimyasal bileşimleri ile ilgili her geçen gün yeni malzemeler geliştirilmektedir.

Kemik Alanı İyileştirilmesinde Güncel Yaklaşımlar

Kemik alanının iyileştirilmesine yönelik olarak literatürde yapılan çalışmalar, daha çok yöntem üzerine odaklanmaktadır. Bu yöntemler arasında ise bilgisayarlı analiz ve görüntüleme yöntemleri ile bu görüntülerin eşleştirilerek analiz edildiği çalışmalar ön plandadır. Buna ilave olarak kimyasal ve biyolojik ajanların etkinlikleri üzerine odaklanan çalışmalar da yapılmaktadır. Diğer yöntemlere göre sayısı az da olsa, cerrahi yöntem ve teknikler de yine dental implant uygulamalarında kemik alanı iyileştirilmesi konusunda üzerinde durulan kavramlar olarak nitelendirilebilir.

Fiorillo ve ark (2022) çalışmalarında, bisfosfonat grubu ilaçların diş implantlarında yumuşak ve sert doku iyileşmesi üzerindeki etkilerini sistematik analiz ile incelemişlerdir. Çalışmada

bisfosfonat ve dental implant ile ilişkili 312 çalışma arasından dokuzu incelenmiş ve doku ile kemik kayıplarını önlemede, bisfosfonat uygulama yanında, cerrahi yöntemin ve malzemenin belirleyici olduğu rapor edilmiştir.

Kohlakala ve ark (2022) çalışmalarında, sentetik x-ray cihaz görüntüleri kullanarak, dental implant tanımlama ve özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada iki ve üç boyutlu modellemeler yardımıyla, implant ile uyum düzeyi ve çevre parametreleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sentetik x-ray modelleme ile %94.0 segmentasyon ve tespit gücü, %71.7 sınıflama, tanımlama gücü elde edilmiştir. Dolayısıyla, implant segmentasyon ve sınıflamak için sentetik iki ve üç boyutlu x-ray yöntemi oldukça yüksek başarıya sahiptir.

Al Otaibi ve ark (2021) çalışmalarında, dental implant uygulamalarında osseointegrasyon düzeyinin klinik öncesi değerlendirilmesi için yeni bir cerrahi model önermişlerdir. Çalışmada tavşanlar üzerinden deney yapılmış ve her bir tavşana ikişer olmak üzere 12 implant uygulanmıştır. Klinik, histolojik ve radyolojik olarak osseointegrasyon incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre önerilen yeni cerrahi model, kemik ile implant uyum düzeyini göstermede yüksek oranda etkilidir.

Palombo ve ark (2021) çalışmalarında implant ile boyun konfigürasyonunun ayarlanmasıyla, implant çevrelerindeki sert ve yumuşak doku iyileşme düzeyinin değişimini incelemişlerdir. In vivo klinik öncesi bu çalışmada, 16 deney ve 16 kontrol grubu üzerinde peri-implant doku morfolojisi, yumuşak doku kalınlık ve

yüksekliği, yatay ve dikey kemik modelleme ile kemik-implant etkileşim alanı modellenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre test edilen implantlar arasında farklılık olmayıp, koronal gingival eğilim ve ilk implantta temas yüzeyi etkileşimi daha yüksek düzeyde tespit dilmiştir.

Veld ve ark (2021) çalışmasında, ani (immediate) dental implant uygulamasının baş ve boyun kanseri hastalarında dişsiz çeneye yerleştirilmesi ve restorasyonunu incelemişlerdir. Çalışmada 10 klinik çalışma üzerinden sistematik analiz yapılmış ve değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre baş ve boyun kanseri hastalarında radyoterapi öncesi ani implant uygulaması için kılavuz ve yönergelerin önemli şekilde takip edilmesi gerekir.

Yüce ve Şener Yamaner (2020) çalışmalarında, yeni nesil hassas dayanak-implant moleküler sistemini kemik kaybı ve klinik başarı açısından incelemişlerdir. Çalışmada 51 anatomik konik dayanak ve 51 platform konseptli implant incelenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre konkav profile sahip olan ve platform switching dayanaklarda, anatomik profile göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük kemik kaybı yaşanmakta, dolayısıyla osseointegrasyon daha başarılı olmaktadır.

Pan ve ark (2019) çalışmalarında, üç yıllık radyolojik veriler eşliğinde peri-implant kemik seviyesini platform anahtarlmalı (platform-Switched) dış implantları üzerinden incelemişlerdir. Çalışmada implantları yerleştirilmesi aşamasında alınan radyolojik görüntüler üzerinden yatay ve dikey kemik seviyeleri 6, 12 ve 36. ay için ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre platform anahtarlmalı implantlar platform eşlemeli (Platform-matched) implantlara göre

daha etkili olup, üç yıllık dönemde yatay ve dikey kemik kaybını en aza indirmektedir.

Dündar ve ark (2018) çalışmalarında, primer stabilize edilen ve edilmeyen implantların osseointegrasyonunu biyomekanik olarak incelemişlerdir. Çalışmada 42 rat iki gruba ayrılarak, bir gruba primer stabil olan, diğer gruba olmayan implant uygulanmıştır. Çalışmada primer stabilizasyon olan grupta her ne kadar osseointegrasyon daha yüksek olsa da, primer stabilizasyon olmayan grupta da osseointegrasyon sağlanmıştır. Bu nedenle, implantlarda osseointegrasyon sağlanması için primer stabilizasyon şart değildir. Primer stabilizasyon olmadan da, implantların kemik ile uyumlu olması mümkün olabilmektedir.

Yapılan çalışma ve klinik araştırmalardan da görüleceği üzere, dental implant uygulamalarında kemik alanı iyileştirme çalışmaları biyolojik ya da kimyasal ajan, değerlendirme yöntemleri ve cerrahi yöntemler üzerine yoğunlaşmaktadır. Ancak diğer protez ve implant alanlarına kıyasla, meta analizlerin ve klinik çalışmaların sayısı oldukça azdır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, meta analizlerinin içeriğinin zayıf ve incelenen çalışma sayısının az olması da, diş implantları ile ilgili daha fazla klinik çalışma ve uygulamaya ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç

Kemik alanı iyileştirme her ne kadar implant uygulamalarında oldukça önemli bir konu olsa da, günümüzde henüz yapılan çalışmalar ve alan uygulamalarında bu konuya yönelik çalışmaların ve ilgili kılavuzların oldukça sınırlı kaldığı görülmektedir. Bunun pek çok sebebi olmakla birlikte, en temel sebeplerin başında, diş

hekimlerinin yoğun olan iş yükü içerisinde klinik çalışmalar için yeterli zaman ve maddi olanaklar bulmada sorun yaşamaları gelmektedir. Bunun yanında diş ile ilgili ya da daha genel ifadeyle ağız ve diş sağlığı ile ilgili veri toplama, sağlama ve yayın sürecinin, diğer tıp alanlarına göre daha kısıtlı olduğunu ifade etmek mümkündür.

Ağız sağlığı ile ilgili genel olarak yapılan çalışmalar, Dünya Sağlık Örgütü başta olmak üzere uluslararası sağlık kuruluşları ve ilgili yönetmelikler, yönergeler, veri paylaşım ve derleme araçları günümüzde implant teknolojisi ve uygulamalarında geline nokta ile kıyaslandığında, oldukça geride kalmaktadır. Bu durumun sebeplerinin başında ise insan kaynaklarının yetersiz olması nedeniyle, klinik çalışmaların yapılması ve bilimsel verilerin ortaya koyulmasında zaman maliyetinin yüksek olması gelmektedir. Özellikle implant kemik entegrasyonu konusunda daha fazla veriye ihtiyaç duyulmakta ve bu nedenle, malzeme ve yöntem kısmında entegrasyon sürecine yönelik yeterli bilgi ve bulgu elde edilememektedir.

Yapılan sınırlı çalışmalar incelendiğinde ise öne çıkan önemli bir konu, bilgisayar destekli tasarım ve modelleme yöntemlerinin çalışmalarda ortaya koymuş oldukları yüksek başarı oranlarıdır. Özellikle iki ve üç boyutlu modeller üzerinden gerçek zamanlı ve eş verili yapılan analizlerde, kemik ile implant arasındaki uyum hem yatay olarak, hem de düşey olarak zamansal bağlamda analiz edilebilmektedir. Ancak bilgisayar modelleme ile yapılan çalışmalarda hastaların kemik yoğunluğu, biyolojik yanıt, kemik aktivitesi gibi birçok parametre henüz yer almamaktadır. İleri modelleme çalışmaları ile bu parametrelerin de dikkate alınacağı,

daha fazla ilişkili ya da etken faktörleri içeren model çalışmaları yapılabilir.

İlgili değişkenleri ve implant uygulamalarında hastaların kemik yapıları ile implant uyum düzeyi arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörleri bulmak için ise daha fazla klinik temel çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu bağlamda prospektif ve retrospektif çalışmalarla desteklenecek olan, daha büyük evren ve örnekleme sahip araştırmalarla ve meta analizlerle desteklenecek çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

İmplant teknolojilerinde klinik çalışmalar ve veri paylaşımları ile meta analizlerinin sayısı sınırlı ve yetersiz olsa da, yapılan ilerlemeler, yenilikler ve gelişmelerin arkasındaki en önemli itici gücün, implant piyasasındaki sert rekabet olduğunu ifade etmek mümkündür. Özellikle malzeme biliminde yeni alternatif ürünlerin ve materyallerin geliştirilmesinde piyasadaki patent ve ürün malzeme rekabetinin etkisi oldukça yüksektir.

Genel olarak implant alanındaki kemik hacim ve alan iyileştirmelerine yönelik çalışmalar ve güncel yaklaşımlar özetlendiğinde, çalışmalar için örneklem yetersizlikleri ve ilgili araştırmaların az olduğu görülmektedir. Ancak sınırlı sayıdaki araştırmalara dayanarak, kemik hacmi ve alan iyileştirmelerinde ortaya çıkan en önemli faktörlerin başında biyolojik malzeme uyumu, hastanın kemik yapısı, implanta karşı verilen yabancı cisim etkileşimi tepkisi, implant materyal ve özellikleri, cerrahi yöntem ve cerrahın başarısı önem taşımaktadır.

Kaynakça

AlOtaibi NM, Dunne M, Ayoub AF, Naudi KB. A novel surgical model for the preclinical assessment of the osseointegration of dental implants: a surgical protocol and pilot study results. *J Transl Med*. 2021;19(1):276. Published 2021 Jun 28.

Boynueğri, D., Karakoca Nemli, S. ve Yalım, M. Dental İmplantlar Çevresindeki Kemik Yıkımında Mikro Boşluğun Önemi. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg.*, 2011, 4(1), 9-14.

Dündar, S., Çakmak, Ö., Solmaz, M. Y. Primer Stabilizasyon Olan ve Olmayan İmplantlarda Kemik İmplant Kaynaşmasının Biyomekanik İncelenmesi: In Vivo Bir Çalışma. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg.*, 2018, 28(2), 188-193.

Esposito, M., Grusovin, M. G., Rees, J., Karasoulos, D., Felice, P., Alissa, R., ... & Coulthard, P. (2010). Effectiveness of sinus lift procedures for dental implant rehabilitation: a Cochrane systematic. *Eur J Oral Implantol*, 3(1), 7-26.

Fiorillo L, Cicciù M, Tözüm TF, D'Amico C, Oteri G, Cervino G. Impact of bisphosphonate drugs on dental implant healing and peri-implant hard and soft tissues: a systematic review. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):291. Published 2022 Jul 17.

Güngör, A. G. D. H., Holoğlu, D. B., & Duymuş, Z. Y. (2008). Dişhekimlerinin Dental İmplant Planlamasında Kullanılan Radyografi Teknikleri Konusundaki Tercihlerinin Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2008(2), 60-65.

Kohlakala A, Coetzer J, Bertels J, Vandermeulen D. Deep learning-based dental implant recognition using synthetic X-ray images. *Med Biol Eng Comput.* 2022;60(10):2951-2968.

Lee, D. W., Pi, S. H., Lee, S. K., & Kim, E. C. (2009). Comparative histomorphometric analysis of extraction sockets healing implanted with bovine xenografts, irradiated cancellous allografts, and solvent-dehydrated allografts in humans. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 24(4).

Öztuna, V. ve Güner, B. İmplant-kemik tutunma mekanizmaları. *TOTBİD Dergisi*, 2011;10(2):109-113.

Özyazgan, D. ve Çetinkaya, E. Osseointegrasyon'daki Güncel Gelişmeler. *İdo dergi*, ocak/şubat (2013), 1-5.

Palombo D, Rahmati M, Vignoletti F, Sanz-Esporrin J, Haugen HJ, Sanz M. Hard and soft tissue healing around implants with a modified implant neck configuration: An experimental in vivo preclinical investigation. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(9):1127-1141.

Pan YH, Lin HK, Lin JC, et al. Evaluation of the Peri-Implant Bone Level around Platform-Switched Dental Implants: A Retrospective 3-Year Radiographic Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(14):2570. Published 2019 Jul 18.

Uzun, G. ve Keyf, F. İmplantların Yüzey Özellikleri ve Osseointegrasyon. Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg., 2007, 2(1), 43-50.

Veld M, Schulten EAJM, Leusink FKJ. Immediate dental implant placement and restoration in the edentulous mandible in head and neck cancer patients: a systematic review and meta-analysis. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2021;29(2):126-137.

Viña-Almunia, J., Candel-Martí, M. E., Cervera-Ballester, J., García-Mira, B., Calvo-Guirado, J. L., Peñarrocha-Oltra, D., & Peñarrocha-Diago, M. (2013). Buccal bone crest dynamics after immediate implant placement and ridge preservation techniques: review of morphometric studies in animals. *Implant Dentistry*, 22(2), 155-160.

Viscardi, D., & Carini, F. (2023). Analysis of Implant Survival Placed in Resorbed Alveolar Ridges Regenerated with Iliac Crest Autogenous Grafts: A 15-Year Follow-Up. *World Journal of Surgery and Surgical Research*, 6, 1-7.

Yüce, E. ve Şener Yamaner, I. D. Yeni Nesil Hassas Moleküler Implant-Dayanak Sistemlerinin Klinik Başarıya ve Marjinal Kemik Kaybına Etkisinin Değerlendirilmesi. *Van Tıp Derg*, 2020, 27(4), 431-439.

BÖLÜM II

Majör Tükürük Bezlerini Görüntülemesinde Kullanılan Yöntemler

**Hazal KARSLIOGLU¹
Mehmet Özgür ÖZEMRE²**

Giriş

Görüntüleme, teşhisi koymada ve ileride yapılacak planlamalarda önemli bir yere sahiptir. İnflamatuvar durumların neoplastik hastalıklardan ayırt edilmesinde, diffüz hastalıkların fokal süpüratif hastalıklardan ayrılmasında, siyalolitlerin belirlenmesinde, kanal morfolojisinin tespitinde, benign ve malign hastalıklarının ayırt edilmesinde görüntüleme yöntemleri önem taşımaktadır. Ultrasonografi, projeksiyon radyografî (düz grafi), siyalografi, multidedektör bilgisayarlı tomografi (MDBT), manyetik rezonans

¹ Dr. Öğr. Üyesi Mersin Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, hazallllk@hotmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi Mersin Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Radyolojisi,mozgurozemre@mersin.edu.tr.

görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT), nükleer tıp taraması/sintigrafi/pozitron emisyon tomografisi (PET) bu amaçla kullanılabilen görüntüleme yöntemleridir. (Stuart C White, 2014)

1.Ultrasonografi

Ultrasonografi, parotid ve submandibular tükürük bezlerindeki yüzeysel kitlelerin değerlendirilmesi için kullanışlı bir tekniktir ve gitgide tükürük bezlerini değerlendirmek için ilk tercih edilen görüntüleme yöntemi olmaktadır.

Ucuzdur, kolay ulaşılabilir, ağrısızdır, uygulaması kolaydır, iyonize radyasyon riski yoktur ve yüzeysel tükürük bezi lezyonlarını BT ve MRG kadar iyi görüntüleyebilmektedir. Bunun yanında; vakaların %90'ında malign lezyonları benign lezyonlardan ayırabilmektedir. Bezlerdeki glandular ve extraglandular kitleleri %98 oranında doğru ayırt edebilmektedir ve kitle hakkındaki klinik şüpheyi doğrulayabilmektedir. Ultrason, majör tükürük bezi lezyonlarını %95 oranında doğru tespit edebilmektedir.(Kane WJ & ark 1991)

Ultrasonografinin yetersiz kaldığı durumlara örnek olarak derin parotid kitleler, parapharyngeal genişlemeler, retropharyngeal ve derin boyun adenopatisi, intrakranial ve kafa tabanını kapsayan kitleler verilebilmektedir.(Howlett DC & ark 2006)

2.Multidedektör Bilgisayarlı Tomografik Görüntüleme

MDBT görüntüleme, tükürük bezlerinin içindeki ve yakınındaki yapıların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Hem yumuşak ve sert dokuları, hem de yumuşak doku densitelerindeki anlık değişiklikleri görüntüleyebilmektedir. Yumuşak doku pencere aksiyel ve koronal görüntüler genellikle bir kontrast maddenin

intravenöz olarak verilmesinden sonra elde edilir.(Kane WJ & ark 1991)

MDBT görüntüleme; akut inflamatuvar durumlar ve apseler, kistler, mukoseller ve neoplazmların tanımlanmasında kullanılmaktadır. Siyalolitler gibi kalsifikasyonlar da MDBT görüntülemeye belirgin biçimde görülebilmektedir. Bununla birlikte, MDBT tükürük bezi tümörleri için tek başına duyarlı bir inceleme olarak kabul edilmemektedir. .(Kane WJ & ark 1991)

3.Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

MRG, tipik olarak MDBT görüntülemeye göre farklı ve üstün yumuşak doku kontrast çözünürlüğü sunar. Ayrıca kas ve tümör bağlatılarını göstermede iyonize radyasyon kullanmadığından bilgisayarlı tomografiden daha avantajlıdır.

MDBT görüntüleme ve MRG endikasyonları genellikle örtüştüğü halde; tükürük bezi kitlelerini, iç yapıları ve lezyonların komşu doku ya da boşluklara bölgesel olarak uzanmasını göstermede üstün olduğundan, parankimal kitleler ya da kistik lezyonların değerlendirilmesinde, özellikle submandibular bezler incelenirken görüntüleme yöntemi olarak MRG tercih edilmektedir.

Malign tümörlerin perinöral yayılımlarının değerlendirilmesi, derin lob genişlemeleri ve meningeal infiltrasyonlar gibi ultrasonun yetersiz kaldığı durumlarda kullanılabilir.

Bunun yanında parapharyngeal boşluğun görüntülenmesi için de kullanılabilecek bir yöntemdir. Tümörün kenarlarını, infiltrasyonunu ve yayılım derinliğini değerlendirmede çok iyi bir görüntüleme tekniğidir. Kanal patolojilerinin değerlendirilmesinde, özellikle kanalın kateterize edilmesi sorunlu ya da kontrendike ise,

konvansiyonel siyalografinin alternatifi olabilir. (Gritzmann N. 1989)

MRG dezavantajları; ulaşılmasının kısıtlı olması, pahalı olması, uygulamasının uzun zaman almasıdır. Ayrıca kalp pili taşıyan, metal implantı olan ve klostrofobisi olan hastalarda MRG uygulanamaz.

4.Bilgisayarlı Tomografi (BT)

BT, MRG'dan daha ucuz ve çok daha kolay ulaşılabilir bir görüntüleme yöntemidir.

Kontrastsız BT, tükürük bezindeki veya kanalındaki küçük taşları tespit etmede kullanışlıdır. Ayrıca malign lezyon kaynaklı kemik erozyonlarına bakmak için de tercih edilen bir tekniktir.

Geliştirilmiş BT, tükürük bezleri ve göğüsteki malignant hastalıkları evrelemede kullanılmaktadır. Bunun yanında, derin lobların değerlendirilmesinde, pharynx ve boyunda lenfadenopati belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Yüksek dozda radyasyon içerdiğinden dolayı sınırlı bölgelere uygulanabilmesine rağmen kullanılmaktadır.

KIBT'nin; baş, boyun ve dentomaksillofasiyal görüntülemede kullanımı gitgide artmaktadır. Tükürük bezlerinin içindeki ve yakınındaki yapıların değerlendirilmesinde faydalıdır ancak yumuşak doku densiteleri arasındaki farkları çözümleyememektedir. Minimal kalsifiye olmuş siyalolithiyazis, KIBT ile görüntülemede belirgin biçimde görülebilmektedir. KIBT, konvansiyonel BT'den daha az dozda radyasyona sebep olmaktadır. (Gritzmann N. 1989; Barakos JA & ark 1991)

5.Siyalografi

1902’de ilk defa uygulanan siyalografi, KIBT ya da multidedektör bilgisayarlı tomografik görüntüleme öncesinde tükürük bezi kanal sistemine radyoopak kontrast madde verilen bir radyografik tekniktir. Siyalografi, kanal sisteminin görüntülenmesinde kullanılan en ayrıntılı yöntemdir. (Zenk J & ark 1999; Marchal & ark 2003)

KIBT görüntüleme, konvansiyonel siyalografi için bir görüntüleme yöntemi olarak son zamanlarda geliştirilmiştir. Bu yöntemin avantajları; kanal yapılarının çok düzenli ve üç boyutlu görüntülenmesi ve çakışan anatomik yapıların görüntüden kaldırılmış olmasıdır.

Parotis ve submandibular bezlerin kanal sistemleri en kolay bu teknikle incelenebilmektedir. Kanal sisteminin görüntüsü, kanallardan yoksun hiçbir bez bölgesi olmaksızın ‘ağaç dalları’ gibi görülmektedir. Asinüslerin dolmasıyla ‘parankimal opaklaşma’ gerçekleşmektedir.

Kronik inflamatuvar hastalıkların ve kanal patolojilerinin değerlendirilmesinde siyalografi endikedir. Kontrendikasyonları ise; akut enfeksiyonu, iyot içeren bileşenlere karşı bilinen duyarlılığı ve hemen alınması beklenen tiroid fonksiyon testlerini kapsamaktadır (Zenk J & ark 1999; Marchal & ark 2003).

6. Nükleer Tıp Taraması/ Sintigrafi/ PET

Nükleer tıp taraması ya da sintigrafi; belirli radyofarmasötiklerin bezlerdeki seçici konsantrasyonundan faydalanarak, tükürük bezlerinin fonksiyonel incelemesini sağlamaktadır. Teknesyum 99m-perteknetat intravenöz olarak

enjekte edilmektedir. Böylece majör tükürük bezleri tek seferde incelenebilmektedir. Bu tekniğin tanısal duyarlılığı yüksek olmasına karşın seçiciliği yoktur ve morfolojiyi minimal göstermektedir. (Uchida Y & ark 2005)

Nükleer tıp taramaları ile tükürük bezi tümörlerinin tanısı tamamen güvenilir değildir. Oldukça düşük görüntü çözünürlüğü nedeniyle tükürük bezi kitleleri değerlendirilmesinde MRG ve MDBT görüntüleme daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca pahalıdır ve uygulaması zaman almaktadır.

Nükleer tıbbın özelleşmiş bir formu pozitron emisyon tomografidir (PET). Sintigrafiye göre daha yüksek çözünürlüğü olmasına karşın PET, tükürük bezi tümörlerinin benign ya da malign olarak sınıflamasında faydalı değildir. Buna karşın PET'in en önemli avantajı, farklı sebeplerden ötürü kullanılsa bile fark edilmemiş kanseri de görüntüleyebilmesidir. (Uchida Y & ark 2005)

Referanslar

White and Pharoah's Oral Radiology: Principles and Interpretation 7th Edition, Stuart C. White, Michael J. Pharoah

Kane WJ, McCaffrey TV, Olsen KD, Lewis JE. Primary parotid malignancies. A clinical and pathologic review. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1991;117:307–15.

Howlett DC. Diagnosing a parotid lump: fine needle aspiration cytology or core biopsy Br J Radiol 2006;79:295–7.

Gritzmann N. Sonography of the salivary glands. AJR Am J Roentgenol 1989;153:161–6.

Barakos JA, Dillon WP, Chew WM. Orbit, skull base, and pharynx: contrast-enhanced fat suppression MR imaging. Radiology 1991;179:191–8.

Zenk J, Constantinidis J, Kydles S, Hornung J, Iro H. Klinische und diagnostische Befunde bei der Sialolithiasis. HNO. 1999; 47 : 963–969. doi: 10.1007 / s001060050476. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Marchal F, Dulguerov P: Sialolithiasis management: the state of the art. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 2003; 129: 951–956.

Uchida Y, Minoshima S, Kawata T, Motoori K, Nakano K, Kazama T, et al. Diagnostic value of FDG PET and salivary gland scintigraphy for parotid tumors. Clin Nucl Med 2005;30:170–6.

BÖLÜM III

Temporomandibular Eklem Görüntüleme Teknikleri

Didem DUMANLI¹
Çiğdem ŞEKER²
Gediz GEDUK³

Giriş

Temporomandibular eklem (TME)'in görüntülenmesinde konvansiyonel radyografiler, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KİBT), bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve ultrasonografi (USG) gibi çeşitli görüntüleme teknikleri kullanılmaktadır. (White, 2018).

¹ Arş. Gör., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, Zonguldak/Türkiye, Orcid: 0000-0001-7409-8096, didem.dumanli@hotmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, Zonguldak/Türkiye, Orchid: 0000-0001-8984-1241, cgdmdmrhn@gmail.com

³ Doç. Dr. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, Zonguldak/Türkiye, Orchid: 0000-0002-9650-2149, gedizgeduk@gmail.com

TME'nin sert doku elemanlarının değerlendirilmesinde konvansiyonel radyografiler, BT ve KIBT kullanılmaktadır. Ancak bu tekniklerin iyonize radyasyon içermesi dezavantajlarıdır (Pamukçu, Altunkaynak, & Peker, 2021).

MRG ve USG daha çok TME'nin yumuşak doku elemanlarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. MRG' nin ulaşılabirliğinin zor olması, görüntüleme süresinin uzun olması ve üzerinde manyetik alandan etkilenen materyallerden herhangi birine sahip olan hastalarda kullanılamaması dezavantajlarıdır. MRG ile TME'nin sert doku elemanlarının görüntülenmesi yumuşak doku elemanları kadar iyi değildir (Orhan & Aksoy, 2018).

KIBT'ın ve MRG'nin bazı dezavantajlarından dolayı hem sert doku hem de yumuşak doku elemanlarını görüntüleyebilen USG'nin kullanımı yaygınlaşmaktadır (Habashi & ark., 2015).

Temporomandibular eklem

TME temporal kemik, mandibular kemik ve glenoid fossa gibi sert doku ve artiküler disk, kaslar ve ligamentler gibi yumuşak doku elemanlarından oluşmaktadır. TME vücudumuzdaki diğer eklemlerden farklıdır. Birçok eklem hiyalin kıkırdaktan oluşurken TME fibröz kıkırdaktan oluşmaktadır. Fibröz kıkırdaktan oluşan yapısı sayesinde aşınmaya karşı diğer eklem yapılarından daha dayanıklıdır. Fibröz kıkırdağın rejenerasyon kabiliyeti hiyalin kıkırdağa göre daha iyidir (Orhan & Rzył-Kalinowska, 2019). Bu yapı, saę ve sol olmak üzere iki farklı eklemden meydana gelen tek bir mandibular kemik ünitesine sahiptir. Bu nedenle, bir eklemdaki hareket karşı taraftaki eklemi de etkileyebilir (White, 2018).

TME menteşe hareketi yapabilen ginglimoidal eklem ve kayma hareketi yapabilen artroidal eklem özelliklerinin her ikisini de yapabilen ginglimoartroidal eklem olarak adlandırılır. TME'deki kayma hareketi, artiküler eminens ile artiküler disk arasında, üst sinoviyal boşlukta gerçekleşir. Bu hareket sırasında, mandibular kondil ile artiküler disk, artiküler eminense göre ileri, geri, aşağı veya yukarı yönlerde hareket eder. TME'deki dönme hareketi ise, artiküler disk ile mandibular kondil arasındaki alt sinoviyal boşlukta meydana gelir (White, 2018).

TME'de de diğer eklemlerde olduğu gibi fonksiyonel ve/veya parafonksiyonel kullanıma bağlı sürekli bir yeniden şekillenme (remodeling) meydana gelmektedir. Fonksiyonel remodeling eklem mekanik fonksiyonlarında anlamlı bir değişikliğe yol açmaz ancak parafonksiyonel alışkanlıklar, stres ve inflamatuvar durumlar gibi çeşitli nedenler sonucunda oluşan disfonksiyonel remodeling TME bozukluklarına neden olur. Bu bozukluklar yumuşak doku elemanlarında, sert doku elemanlarında veya her ikisinde de oluşabilir. TME'deki bozukluklar genellikle yaştan ilerlemesiyle birlikte artmaktadır (Pamukçu, Altunkaynak, & Peker, 2021). TME bozukluklarının en yaygın belirtileri arasında, kulak önünde ve yüzde hissedilen ağrı, çene hareketlerinde zorluk ve çene hareketleri sırasında TME bölgesinden ses duyulması yer almaktadır (Dawson, 2006). TME bozukluklarının daha anlaşılır ve evrensel bir şekilde tanımlanabilmesi için bilim insanları tarafından sınıflandırılmıştır. Bu bozuklukları sınıflandırmak için en yaygın kabul gören sınıflama Okeson ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (Okeson, 2019).

Çeşitli görüntüleme teknikleri TME'nin görüntülenmesinde kullanılabilir. Hem sert hem de yumuşak doku elemanlarının

diagnostik açıdan değerlendirilebilmesi için tek bir görüntüleme tekniği kullanmak yeterli değildir. TME şikayetiyle hekime başvuran hastaların anamnez (travma, sistemik hastalıklar, TME'yi etkileyen doğumsal veya kazanılmış deformiteler) ve klinik muayenesi (klik sesi ve/veya krepitasyon varlığı, maloklüzyon, ağız açmada kısıtlılık, kapalı veya açık kilitlenme) sonrasında semptomları (ödem, enflamasyon, kızarıklık) da dikkate alınarak gerekli olan görüntüleme tekniği veya teknikleri seçilmelidir (Okeson, 2019).

Rutin olarak genellikle TME görüntülemesinde konvansiyonel teknikler kullanılmaktadır (White, 2018).

Yumuşak doku elemanlarının değerlendirilmesinde MRG, artrografi, USG; sert doku elemanlarının değerlendirilmesinde ise KIBT ve BT önerilmektedir (White, 2018).

Gerekli tekniğin belirlenmesinde radyasyon dozu, yöntemin ulaşılabilirliği, maliyeti, hastanın tekniğe uygunluğu (gebelik, klostrofobi, yaş) iyi belirlenmelidir (White, 2018).

Kullanılabilecek görüntüleme teknikleri iki veya üç boyutlu teknikler olarak ikiye ayrılırlar. İki boyutlu görüntüleme tekniklerinin kullanımı kolaydır, radyasyon dozu düşüktür ve birçok anatomik yapı tek bir planda görüntülenebilmektedir. Ancak TME'in sınırlı sayıda yüzeyi görüntülenebilmekte ve değerlendirilebilmektedir. Rutin kullanımda 2 boyutlu tekniklere ulaşılması kolaydır ve TME'nin sert doku elemanları hakkında fikir sahibi olmamızı sağlarlar. TME' de sert veya yumuşak dokuların herhangi birindeki hasar diğer TME elemanlarını da etkilemektedir. Örneğin disk deplasmanı bozuklukları sonucunda sert doku

elemanlarında dejeneratif değişiklikler oluşabilmektedir (Almeida & ark., 2019).

Bu yüzden 2 boyutlu görüntüleme tekniklerinin kullanımı TME görüntülenmesinde yeterli değildir ileri görüntüleme teknikleri de kullanılarak hem sert hem de yumuşak dokular değerlendirilerek hastalık teşhisi koymak ve tedavi planını oluşturmak daha doğrudur.

1.İki boyutlu görüntüleme teknikleri

Klasik TME radyografilerinde fraktür, gelişimsel anomaliler, dislokasyon, ankiloz, artrit nedenli oluşan sert doku elemanlarındaki dejeneratif değişiklikler, TME morfolojisi ve TME hareketleri esnasındaki kondil-fossa ilişkisi incelenebilir. Bu teknikler, artiküler diskin konumunu, artiküler diskin şeklini, adhezyonları, perforasyonları ve TME'nin yumuşak doku elemanlarını değerlendiremez. (Harorlı, 2014; White, 2018)

Lateral kondil grafisi

Lateral kondil grafisi, TME'nin sert doku elemanlarından biri olan mandibular kondilin baş ve boyun bölgesinin mesio-oblik açıyla görüntülenmesine olanak tanır. Bu teknik, mandibular kondilin sert doku elemanlarının detaylı bir şekilde incelenmesinde kullanılabilir. Çekim, hastanın dik bir pozisyonda, ağzı kapalı ve okluzal düzlemin yerle paralel olacak şekilde konumlandırılmasıyla gerçekleştirilir (White, 2018).

Ağız açık lateral kondil tekniği

Hastanın ağzı maksimum seviyede açtırılır. Bu sayede incelenecek taraftaki mandibular kondil ileri ve aşağı doğru glenoid fossa içerisinde hareket edecektir Merkezi ışıın diğer taraf insisura mandibula bölgesinden verilir (White, 2018).

Ağız kapalı lateral kondil tekniği

Ağız açıklığının kısıtlı olduğu durumlar için uygun bir alternatif olarak, bu teknik tercih edilebilir. Çekim işlemi, ağız açık lateral kondil tekniğiyle aynı şekilde gerçekleştirilir, fakat hastanın ağız kapalı durumda pozisyonlandırılır (Harorlı, 2014; White, 2018).

Lateral transkraniyal projeksiyon

TME görüntülemesinde sert doku elemanlarının incelenmesi için en çok kullanılan konvansiyonel tekniklerden birisidir. Bu teknikte radyografide TME ağız açık ve ağız kapalı olmak üzere iki farklı pozisyonda görüntülenir. Ağız kapalı pozisyonda, glenoid fossa ile mandibular kondil arasındaki ilişki incelenirken; ağız açık pozisyonda ise mandibular kondilin artiküler eminens ile olan etkileşimi değerlendirilir (Menezes & ark., 2008).

X ışınının pozitif açılanmasından ötürü, TME'nin sadece lateral yüzeyleri görüntülenebilir. Her hastanın anatomik özelliklerine göre, X ışınının yatay açısı özelleştirilmelidir. Bu nedenle, mandibular kondil, artiküler eminens ve glenoid fossanın görüntüsü distorsiyona uğrayabilir, bu da TME'nin detaylı bir şekilde incelenmesini zorlaştırır (Mongini, 1981).

Transkraniyal projeksiyon, özellikle TME'nin lateral kısmındaki sert doku dejenerasyonlarını ve deplase kondiler fraktürlerin görüntülenmesinde kullanılabilir (Mongini, 1981).

Lateral Transfarengeal Projeksiyon

Bu projeksiyon, mandibular kondilin medial kısmının sagittal düzlemdeki görüntüsünü elde etmeye olanak sağlar. Ancak, transfarengeal projeksiyonun TME görüntülemesindeki kullanımı sınırlıdır. Yine de mandibular kondilin boynunun görüntülenmesi

gerektiğinde bu teknik tercih edilebilir (Erden & Karakış, 2022; Hansson & Petersson, 1978).

Lateral Transorbital Projeksiyon

Bu teknikte, artiküler eminens ve mandibular kondil net bir şekilde görüntülenebilir. Özellikle mandibular kondil boynu kırıkları gibi durumların tespiti için oldukça yararlı bir tekniktir. Ayrıca, büyük dejeneratif değişikliklerin ve bazı diğer anormalliklerin tespiti açısından da faydalıdır (White, 2018).

Lateral Sefalometrik Projeksiyon

Ortodontik değerlendirmelerde, sert ve yumuşak dokulara ait referans noktalarının kullanıldığı incelemelerde sıklıkla tercih edilir. TME'nin sert doku elemanları, bu projeksiyonla lateral olarak görüntülenebilir, ancak TME'nin detaylı bir şekilde incelenmesinde bu teknik pek sık kullanılmaz (White, 2018).

Submento-verteks projeksiyonu

X ışını mandibulanın altından vertekse doğru filme dik olacak şekilde yönlendirilir. Bu yöntem, özellikle zigomatik ark fraktürlerinin görüntülenmesinde kullanılır. TME'nin görüntülenmesinde sık kullanılan bir teknik değildir (White, 2018).

Reverse-towne projeksiyonu

Merkezi ışın görüntü reseptörüne dik, hastanın orta sagittal düzlemine paraleldir ve kondiller seviyesinde ortalanır. Orta sagittal düzlem kafa görüntüsünü iki eşit yarıya bölmelidir. Kondil başları artiküler eminensin inferiorunda görüntülenmektedir. Mandibular kondil fraktürlerinde kırık parçaların koronal düzlemde boyutlarının ölçülmesine olanak tanır (Erden & Karakış, 2022).

Bu teknik ağız açık reverse-towne projeksiyonu ve ağız kapalı reverse-towne projeksiyonu olmak üzere 2 farklı şekildedir. Mandibular kondillerin görüntülenmesinde daha çok ağız açık reverse-towne projeksiyonu tercih edilir (White, 2018).

Posterioanterior kafa projeksiyonu

Genellikle orta hattın ve fasiyal asimetrilerin incelenmesine olanak sağlayan maksilla ve mandibulanın birbiriyle ilişkisini aynı görüntü üzerinde verebilmektedir. Böylece ortognatik cerrahi uygulamalarında teşhis ve tedavi aşamalarında kullanılabilir. Kondillerin anatomisini ve konfigürasyonu hakkında bilgi vermektedir. (Erden & Karakış, 2022; White, 2018).

Panoramik radyografi

Görüntü reseptörü ve x-ışını kaynağı hastanın başının etrafında bir kez döner. Böylece vücudun belirli bir kesitinin görüntüsü elde edilir.

Panoramik radyografilerde anatomik ve patolojik yapıların net olarak görüntülediği at nalına benzer şekildeki alana imaj tabakası (focal trough) adı verilir, bu alanın dışında kalan yapılarda magnifikasyon ve distorsiyon meydana gelir. Cihazdan cihaza imaj tabakasının boyutları değişebilmektedir. Cihazın kalibrasyonu kullanıma bağlı olarak bozulabilir ve imaj tabakasının yeri değişebilir. Bunun sonucunda diagnostik açıdan yetersiz görüntüler oluşabilir. Cihazın kalibrasyonuna dikkat edilmelidir. (Özcan, 2017; White 2018).

Panoramik radyografi cihazları çalışma prensiplerine göre tek, iki, üç ve üçten fazla rotasyon merkezi içerebilirler (Açıkgöz, 1996; Whaites, 2002).

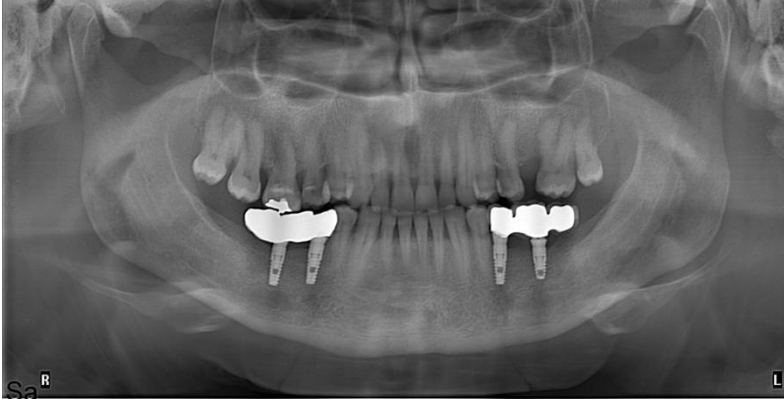
Günümüzdeki panoramik radyografi cihazlarının büyük bir kısmı çok rotasyon merkezli olarak tasarlanmaktadır, bu sayede magnifikasyon ve distorsiyonlar azaltılarak imaj tabakasında yer alan anatomik ve patolojik yapıların görüntüleri daha net ve doğru bir şekilde elde edilebilir (Harorlı, 2006; Özcan, 2017; Özdede, 2019).

Panoramik radyografi; TME, maksilla, mandibula, maksiller sinüs, dişler gibi anatomik yapıların aynı radyografıta görüntülenebildiği diş hekimliği kliniğinde en sık tercih edilen görüntüleme tekniğidir (Akar & Köseoğlu, 2006; Azlağ, 2022).

TME'nin sert doku elemanları panoramik radyografi ile görüntülenebilir. TME'nin yumuşak doku elemanları panoramik radyografi ile görüntülenemez. Sert doku elemanlardan mandibular kondilin lateral ve superior yüzeyindeki, artiküler eminensin ise lateral ve inferior yüzeyindeki dejeneratif değişiklikler görüntülenebilir (Şekil 1, 2) (Masood & ark., 2002).



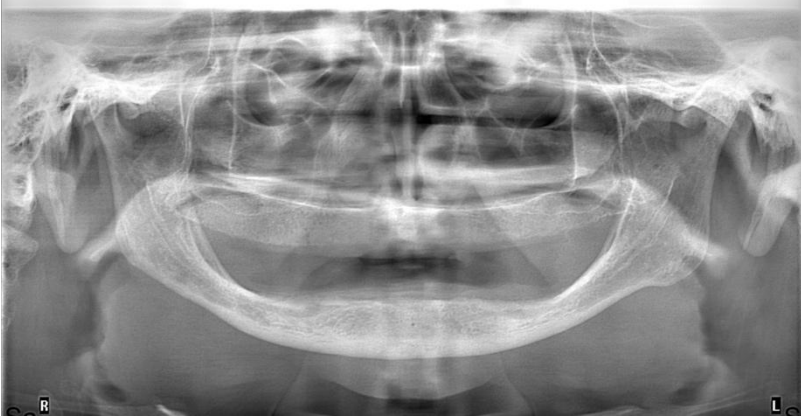
Şekil 1: Sol TME'de dejeneratif değişikliklerden düzleşme ve erozyon içeren panoramik radyografi



Şekil 2: Sol TME’de dejeneratif değışikliklerden osteofit içeren panoramik radyografi

Hastanın pozisyonlandırılması da büyük öneme sahiptir. Hastanın başı arkaya doğru yatırılırsa mandibular kondil düzleşmiş bir şekilde eğer öne yatırılırsa mandibular kondil olduğundan daha sklerotik bir şekilde görüntülenir (Fallon & ark., 2006). Panoramik radyografideki magnifikasyonlar nedeniyle eklem aralığı net olarak görüntülenemez. Bu yüzden TME’nin sert doku elemanlarının görüntülenmesinde panoramik radyografi tek başına yeterli değildir, ileri görüntüleme tekniklerine başvurulmalıdır (Azlağ, 2022).

Ancak ilgili bölgedeki fazla sayıdaki anatomik yapı TME üzerine superpoze olabilir ve mandibular kondillerdeki minimal dejeneratif değışiklikler tespit edilemeyebilir. Ayrıca artiküler eminensin glenoid fossa ve mandibular kondilini üzerine süperpoze olmasıyla TME bölgesinin değerlendirilmesi zorlaşır (Şekil 3).

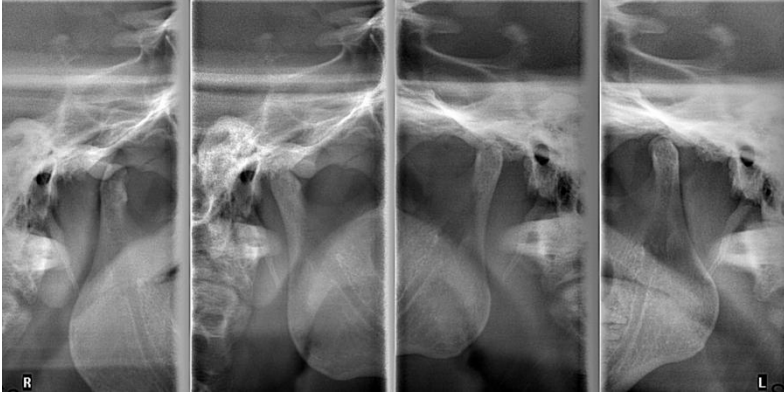


Şekil 3: Anatomik yapıların TME üzerine süperpoze olduğu panoramik radyografi

Görüntülerin iki boyutlu olması, iyonize radyasyon içermesi ve bu görüntülerde artiküler disk gibi yumuşak dokuların değerlendirilememesi dezavantajlarıdır (Souza & ark., 2012).

TME'nin dörtlü grafisi

Panoramik radyografi cihazları farklı odak ark bölgeleri seçerek ağız açık ve ağız kapalı pozisyonlarda TME'nin sağ iki ve sol iki adet olmak üzere toplam 4 farklı görüntüsünü elde edebilir (Şekil 4). Bu görüntülerin bir grafi üzerinde birleştirilmesiyle TME'nin dörtlü grafisi elde edilmiş olur (Azlağ, 2022).



Şekil 4: TME'nin dörtlü grafisi

Her bir eklemin ağız açık ve kapalı olmak üzere lateralden 2 farklı görüntüsü elde edilir. Ağız açık ve ağız kapalı pozisyonlardaki görüntüler birbiriyle karşılaştırılarak mandibular kondilin artiküler eminensle olan sagittal yöndeki ilişkisi değerlendirilir. Ağız açık pozisyonda eklemin konumu bize TME'nin translasyon ve rotasyon hareketlerini gerçekleştirip gerçekleştirmediği hakkında bilgi verir. Ağız açık pozisyonda artiküler eminensin mandibular kondille vertikal olarak aynı düzlemde olması beklenir. Mandibular kondil artiküler eminensin önünde konumlanıyorsa bu durum kondilin anteriora sublükse olduğunu gösterebilir (Şekil 5)(Azlağ, 2022).



Şekil 5: Anteriora sublükse olmuş sağ ve sol TME'lere ait dörtlü grafi

Ağız açık pozisyonda mandibular kondil glenoid fossa içerisindeki yerinden anteriora doğru hareket eder. Böylece glenoid fossa içerisinde üzerine süperpoze olan anatomik yapıların süperpozisyonu azaltılır veya ortadan kaldırılır. Bu durum panoramik radyografiye göre TME'nin dörtlü grafisinin avantajıdır. (White, 2018; Azlağ, 2022). TME'nin sert doku dejeneratif değişikliklerinin tespit edilmesinde oldukça faydalıdır (Şekil 6).



Şekil 6: Sol TME'de osteofit içeren dörtlü grafi

2. İleri görüntüleme teknikleri

Artrografi

Artrografi, TME'ye kontrast madde enjekte edilerek TME'in görüntüsünün oluşturulduğu invaziv bir tekniktir. Kontrast maddenin fluoroskopi altında TME'nin üst ve alt eklem boşluğuna enjeksiyonu ile diskin morfolojisi, pozisyonu ve fonksiyonu indirekt olarak incelenebilir. TME'in yumuşak doku elemanlarını incelemek için kullanılabilir (White, 2018).

Artrografide disk deplasmanları, disk perforasyonu, kapsül içi adezyonlar, eklem boşluğu içerisinde bulunan serbest cisimler ve sinoviyal kondromatozis gibi TME bozuklukları incelenebilir. Eklem içi düzensizliklerin tanısında kontrastlı artrografilerin güvenilirliği çok yüksektir. Eklem içi düzensizliklerin görüntülenmesinde MRG ya da artrografi tercih edilmektedir. (Westesson & ark., 1987; Toyama & ark., 2000; Başaran, M & Özdemir E, 2019).

Artrografinin invaziv ve uygulaması zor bir görüntüleme tekniği olması, işlem esnasında fasiyal sinir hasarı ve disk perforasyonu riski bulunması, iyonize radyasyon içermesi, enjeksiyon sonrası ağız hareketlerinde kısıtlılık, ağrı, enfeksiyon ve enjeksiyona bağlı alerjik reaksiyon gelişmesi dezavantajlarındandır. Eğer artiküler disk perfore ise; kontrast madde alt ve üst eklem boşluklarına akabilir. Disk adezyonunda ise kontrast madde eklem boşluğunu doldurmaktadır (Lewis & ark., 2008; Mahl & Silveira, 2002; Ramos & ark., 2004; Vasconcoles & ark., 2002; Trvdy, 2007).

Radyonüklid görüntüleme

Radyonüklid (fonksiyonel) görüntüleme, biyokimyasal değişikliğe bağlı olarak oluşan fizyolojik değişimi saptayabilen tek tekniktir. Gama ışınlarını emen izotoplardan iyot (^{134}I), galyum (^{67}Ga) ve selenyum (^{74}Se) bu incelemelerde kullanılmaktadır. En sık kullanılan izotop, kimyasal olarak farklı yapılarda kullanıldığında tüm dokuların incelenebilmesini sağlayan teknesyumdur ($^{99\text{m}}\text{Tc}$). Kullanılan izotopların miktarı lethal dozların çok altında olsa da hastanın kan dolaşımı yoluyla tüm organlarına minimal düzeyde radyasyon aldığı unutulmamalıdır. Radyonüklidlerin yarılanma ömrü mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır. Görüntünün elde edilmesinde gama kameraları (sintilasyon kameraları) kullanılır. Gama kameraları fotonları yakalar ve onları ışığa daha sonra voltaj sinyaline çevirir (White, 2018).

Radyonüklid görüntüleme içerisinde 3 farklı görüntüleme tekniği vardır. Bu teknikler sintigrafi, pozitron emisyon tomografi (PET), tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT)'dir (Şener, Önem & Baksı, 2016; White, 2018).

1. Sintigrafi

Sintigrafi, hastalıklara ait biyokimyasal değişiklikleri hastalıklara ait semptomlar gelişmeden önce iki boyutlu gösteren görüntüleme tekniğidir. Radyonüklidler hastaya intravenöz enjeksiyon ile verilmektedir, dokuda gama ışınları oluşur, bu gama ışınları sintilasyon kristalleri içeren bir gama kamerası ile kaydedilir. Diğer tekniklerden farklı olarak metabolik aktiviteyi göstererek metastatik lezyonların teşhisine kullanılmaktadır (Başaran & Özdemir, 2019). Sintigrafinin, duyarlılığı yüksek iken, çözünürlüğü

ve özgülüğü düşüktür. Sintigrafi eklemde disk anomalilerine neden olan TME' deki sert doku elemanlarındaki erken değişiklikleri tespit etmeye yardımcıdır (White, 2018; Şener, Önem & Baksı, 2016).

2.Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT)

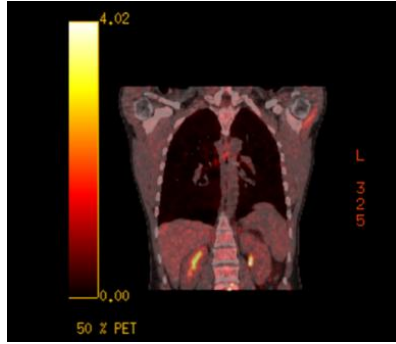
SPECT tekniğinde ise aynı radyonüklidlerin intravenöz enjeksiyonu ile hem anatomik hem de fonksiyonel yapıyı tek bir görüntüde değerlendirmeyi sağlar. İki ya da üç gama kamerası hastanın etrafında 360 derece dönerek gelen gama ışınlarının farklı açılardan yakalar. SPECT ile BT üst üste çakıştırılarak SPECT/BT adı verilen füzyon bir teknik elde edilebilmektedir.

TME görüntülenmesinde SPECT tekniği kullanılabilir. çünkü TME izole olmuş küçük bir eklemdir. Bu yüzden SPECT iki boyutlu görüntüleme tekniklerinden farklı olarak TME'yi yüksek kemik densitelerinden farklı olarak görüntüleyebilmektedir. Herhangi bir enflamasyon, travma veya tümör varlığında bölgesel izotop konsantrasyonunu azalmaktadır. SPECT görüntülemenin duyarlılığı yüksek ancak özgülüğü düşüktür (Nuebler-Moritz & ark., 1995).

3.Pozitron emisyon tomografi (PET)

PET görüntülemeye pozitron yayan radyonüklidler moleküllere biyolojik olarak bağlanır. Görüntülemeye fluorodeoksiglikoz (FDG) bileşiği kullanılmaktadır. Bu bileşik ^{18}F radyonüklidi ile işaretlenmektedir. PET, glikoz metabolizması artmış tümör hücrelerinin görünlenmesinde kullanılan ideal bir tekniktir. Vücuttaki metabolik değişiklikler bulgulardan önce oluşmaktadır. PET görüntüleme tekniği bu nedenle diğer görüntüleme tekniklerine göre erken teşhiste daha net görüntüleme sağlayarak daha avantajlıdır. PET, özellikle kemik tutulumu olan

maksillofasiyal tümörlerin tespitinde sıkça tercih edilmektedir (Şekil 7) (Benchaou & ark., 1996).



Şekil 7: Sağ submandibular tükrük bezinde adenoid kistik karsinom teşhisi konulan hastaya ait PET görüntüsü

Bilgisayarlı tomografi (BT)

BT 1972 yılında Godfrey Hounsfield tarafından, 1960’larda Cormac tarafından geliştirilen temeli rekonstrüksiyon matematiğine dayanan iyonize radyasyon içeren bir görüntüleme tekniğidir. Bu teknikte X ışınları kaynaktan çıktıktan sonra ve hastayı geçtikten sonra olmak üzere 2 kez kolimasyona uğrar. Bu sayede geometrik rezolüsyon yüksektir.

İstenilen görüntüleme bölgesi voksel adı verilen küçük küplere bölünerek dokulardan geçen x-ışınlarının her bir küp için atenüasyon değerleri dedektör tarafından ölçülür ve analog sinyaller olarak bilgisayara aktarılır, dijitalize edilir, matematiksel olarak analiz edilir kesitsel tomografik bilgi olarak oluşturulur. Voksellerin her bir birimine piksel adı verilir (White, 2018).

Görüntü oluşumunda x ışınlarının değerleri dokuyu geçmeden önce ve sonra hesaplanır aradaki fark o dokunun atenüasyon

değeridir. Her bir piksele doku yoğunluğunu temsil eden bir sayı değeri verilir. Bu sayı değerlerine Hounsfield üniteleri (HU) adı verilir ve sayısal değerler -1000 ile +1000 arasında değişir. (White, 2018; Özcan, 2017; Harorlı, 2014).

TME düzensizliklerinin teşhisinde BT kullanımına 1980'lerin sonunda başlanmıştır. BT sıklıkla disk dislokasyonları, kondil fraktürleri ve dejeneratif kemik değişikliklerinin teşhisinde kullanılmaktadır (Trvdy, 2007).

Yüksek radyasyon dozu kullanılması, ısılanma süresinin KIBT' a göre daha uzun sürmesi, cihazın maliyetli olması ve cihaza ulaşım zorluğu dezavantajlarıdır (White, 2018).

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT)

Cihaz hastanın çekim sırasındaki duruşuna göre; supin pozisyonda, oturur pozisyonda ve ayakta olmak üzere farklılık gösterir. Çekim esnasında hastanın başı sabittir. (Azlağ, 2022) Konik şekilli x-ışını kaynağı ve karşısındaki dedektörün hastanın başı etrafında dönmesiyle 360 derecelik bir tarama yapılır. Belirli derece aralıklarında yaklaşık 150-600 adet ham görüntü elde edilir. (Harorlı, 2014) Bu ham görüntülerin tamamı görüntü datasını oluşturur. Yazılım programları ile bu görüntü verileri rekostrükte edilerek sagittal, aksiyal ve koronal eksenlerde üç boyutlu hacimsel veriler elde edilir (Scarfe, Farman & Sukovic, 2006; White, 2018).

Mevcut KIBT tarayıcıları, farklı boyutlarda görüntüleme alanlarında (Field of View, FOV) görüntü elde edilmesini sağlar. Hacimsel görüntüleme elemanları izotropik voksellerdir. Voksel boyutu değerinin az olması ya da FOV alanın küçük seçilmesi ile görüntünün çözünürlüğü artmakta ve efektif radyasyon dozu

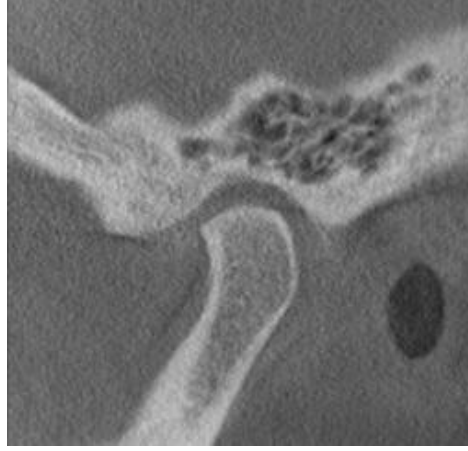
azalmaktadır (Özcan, 2017; Özdede, 2019). Tüp voltajı (kVp), tüp akımı görüntü kalitesini ve radyasyon dozunu etkileyen faktörlerlerdir (White, 2018).

Artefakt dediğimiz istenmeyen durumlar KIBT görüntü kalitesini bozar. Bu artefaktlar: Yok olma (ekstinksiyon) artefaktı, ışın sertleşmesi (beam-hardening) etkisi, parsiyel volüm etkisi, basamaklanma artefaktı, ring artefaktı ve hareket artefaktıdır (Schulze & ark., 2004).

KIBT'nin maliyetinin ve radyasyon dozunun medikal BT'ye göre düşük olması dış hekimliği kliniklerinde tercih edilmesinde önemli bir role sahiptir. Ancak hounsfield ünitesinin olmaması KIBT'nin dezavantajıdır. TME'nin sert doku elemanlarının değerlendirilmesinde medikal BT ve KIBT en iyi sonuçları verir. KIBT konvansiyonel tekniklere göre daha iyi bir değerlendirme yapılmasını sağlar. (Harorlı, 2014)

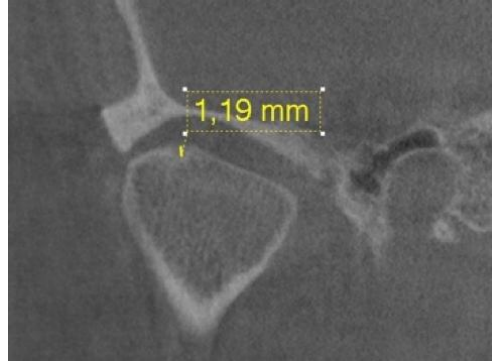
Dış hekimliğinde ortognatik cerrahi uygulamalarında, implant tedavilerinde, endodontik ve ortodontik tedavilerde, kist, tümör teşhis ve tedavilerinde, anatomik yapılar ve varyasyonlarının, TME ve patolojik lezyonların değerlendirilmesi ve travma vakaları gibi birçok durumda KIBT kullanılmaktadır (Harorlı, 2014; White , 2018).

KIBT, TME'nin sert doku elemanlarının üç boyutlu olarak değerlendirilmesini sağlar. Çekim esnasında hastanın ağzı kapalı pozisyondayken TME glenoid fossa içerisinde izlenmektedir (Şekil 8).



Şekil 8: TME'ye ait sagittal düzlemdeki KIBT kesiti, ağız kapalı pozisyonda glenoid fossa içerisine yerleşen mandibular kondil

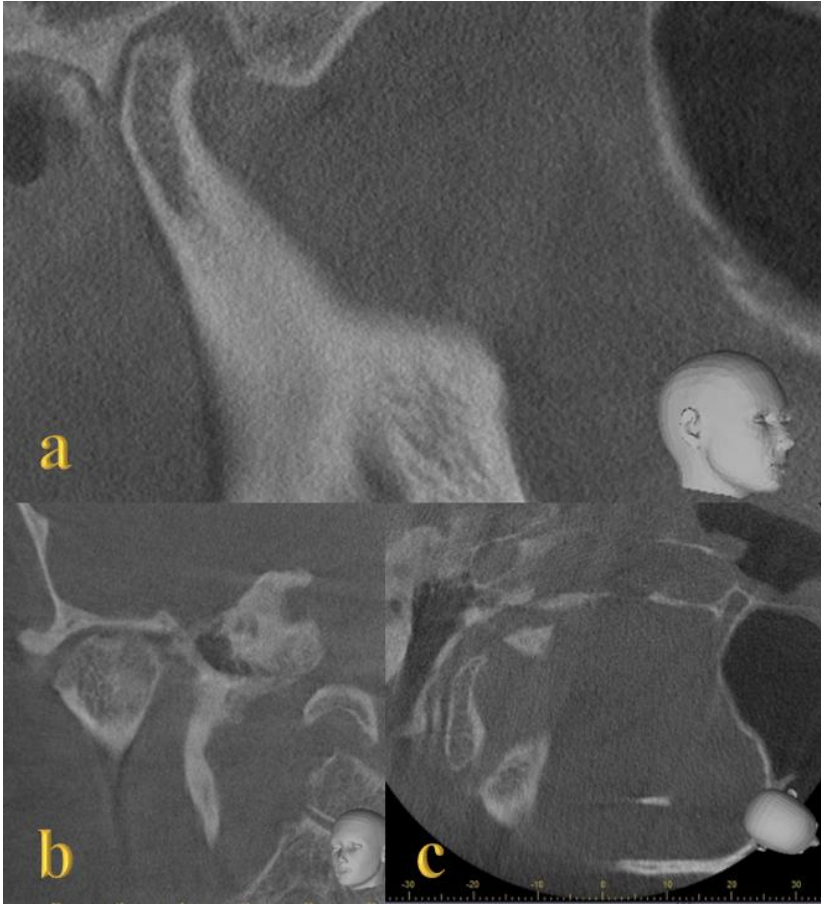
Konvansiyonel radyografilerdeki gibi magnifikasyonlar bulunmadığı için gerçek boyutlarda ölçümler yapılabilir (Şekil 9) (Harorlı, 2014; Azlağ, 2022)



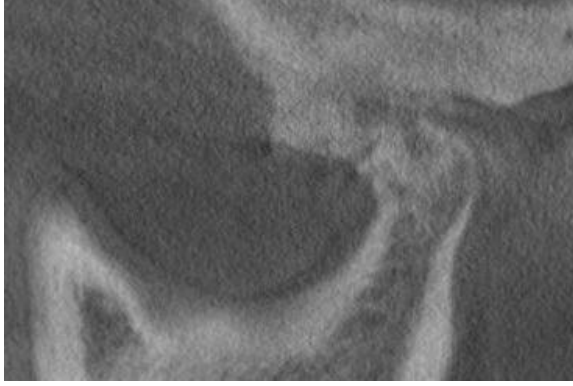
Şekil 9: 1.19 mm'lik derinliğe sahip erozyona ait frontal düzlemdeki KIBT kesiti

KIBT TME'deki erozyon, osteofit, düzleme, serbest cisim, subkortikal kist gibi dejeneratif değişikliklerin koronal, aksiyal ve

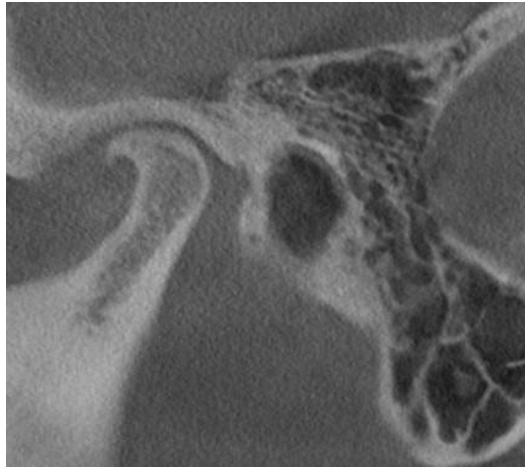
sagittal kesitlerde üç boyutlu olarak görüntülenmesinde başarılı bir tekniktir (Şekil 10). Düzleşme konveks formdan sapan düz bir kemik konturu, osteofit marjinal kemik çıkıntıları, erozyon kortikal kemiğin bütünlüğünün bozularak kesintiye uğraması, subkortikal kist (ely kisti) kortikal kemiğin altında veya trabeküler kemiğin içerisinde bulunan yuvarlak radyolusent alan, skleroz kemik iliğine uzanan kortikal kemiğin yoğunluğunun arttığı alan ve eklem faresi eklem boşluğunda bulunan serbest cisimler şeklinde görülürler (Şekil 11, 12) (Derwich, Mitus-Kenig & Pawlowska, 2020; Pamukçu, Altunkaynak & Peker, 2021; Kheirandish & ark., 2021; Pihut & ark., 2022)



Şekil 10: Dejeneratif değışikler bulunduran mandibular kondile ait; a:sagittal kesit, b: koronal kesit, c: aksiyal kesit



Şekil 11: Artiküler eminens ve mandibular kondilde dejeneratif değişiklikler



Şekil 12: Mandibular kondilin anteriorunda bulunan osteofite ait KIBT kesiti

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG)

Manyetik rezonans görüntüleme, manyetik etkili alan içerisinde vücuda radyofrekans dalgaları gönderilerek atomlardan sinyaller yayılması temeline dayanan bir görüntüleme tekniğidir.

Görüntülemeye vücudumuzdaki manyetik özelliğe sahip atomlar kullanılır (Azlağ, 2022). BT de olduğu gibi dokular kesitsel olarak görüntülenir (Harorlı, 2014).

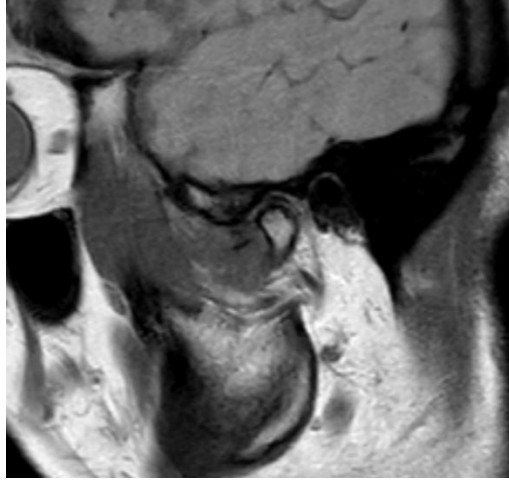
Vücudumuzdaki tüm atomların çekirdeğinde bulunan protonlar belirli dönme hareketleri gerçekleştirirler bu durum sonucunda nükleer manyetizma oluşur. Atom numarası çift olan atomların proton ve nötronları birbirlerini nötralize ederler ve manyetik alan sıfır olur. Bu yüzden atom numarası tek sayı olan atomlar tercih edilir. Çekirdeğinde bir proton bulunduran hidrojen atomu suyun yapısında fazla miktarda bulunduğu ve vücudumuzun büyük çoğunluğu da sudan oluştuğu için en avantajlı elementtir. Kemik gibi su içeriği düşük olan yapılardan alınan sinyaller su içeriği daha yüksek olan yumuşak dokulara göre daha düşüktür bu nedenle yumuşak dokuların incelemesinde oldukça başarılıdır. (White, 2018).

Dokular içerisinde bulunan H atomlarının hepsi dağınık halde bulunduklarından manyetik alan oluşmaz. Bu yüzden atomlar güçlü bir manyetik alan içerisine yerleştirilir ve longitudinal manyetizasyon göstererek uyarılmaya hazır hale getirilirler. Uygulanan manyetik alan 0.1 ile 7 T (Tesla) arasında değişebilmektedir (Azlağ, 2022; Harorlı, 2014). Görüntülenmek istenen bölgeye devamlı olmadan belirli aralıklarla radyofrekans dalgaları gönderilir buna RF pulsu adı verilir. Radyofrekans dalgalarından gelen enerjiyi atom tutarak transversal manyetizasyonu oluşturur. Belli bir zaman sonra bu enerjiyi sinyaller şeklinde yayar ve bu süre her doku için birbirinden farklıdır. Bir sinyal oluştuktan sonra ikinci bir sinyalin yayılabilmesi için o sistemin eski konumuna gelmesi gerekir. Buna durulma

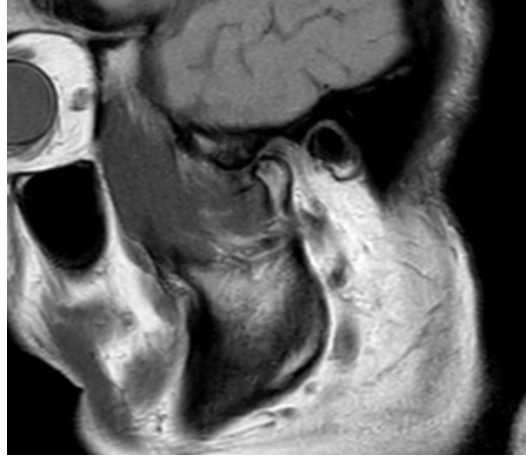
(relaksasyon) adı verilir. Transversal relaksasyon ve longitudinal relaksasyon olarak iki şekildedir. RF pulsu kesildiğinde transversal relaksasyon azalarak longitudinal manyetizasyon artmaya başlar. Longitudinal manyetizasyonun olduğu süreye T1 relaksasyon zamanı, transversal manyetizasyonun azaldığı süreye T2 relaksasyon zamanı adı verilir. Bu şekilde dokular iyonize radyasyon kullanılmadan görüntülenir (Azlağ, 2022; Harorlı, 2014; White, 2018).

TME'nin görüntülenmesinde MRG ilk olarak 1980 yılında kullanılmıştır. TME'nin yumuşak dokularının incelenmesinde MRG tercih edilmektedir. MRG ile artiküler disk, ligamentler, retrodiskal dokular, eklem kapsülü, sinoviyal sıvı, kaslar ve sert doku elemanları incelenebilir (Lewis & ark., 2008).

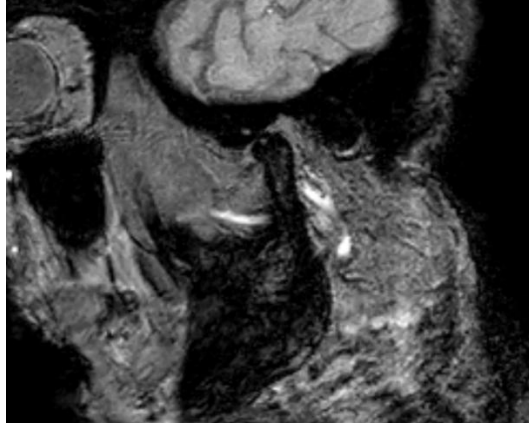
TME'nin görüntülenmesinde T1, T2 ağırlıklı ve proton yoğunluğunda, sagittal ve koronal düzlemlerde görüntüler ağız açık ve ağız kapalı pozisyonlarda elde edilir (Şekil 13, 14, 15). T1 ağırlıklı görüntüler ile en iyi olarak TME'nin sert doku elemanları, çiğneme kasları; proton yoğunluk ile en iyi artiküler disk değerlendirilir. T2 ağırlıklı görüntülerle ise eklemdeki efüzyon ve kemik iliğindeki ödem en iyi şekilde değerlendirilebilir (Garcia, Machado & Mascarenhas, 2008).



Şekil 13: Ağız kapalı pozisyonda T1 ağırlıklı sagittal kesitte erozyon içeren dejenere kondilin MRG görüntüsü



Şekil 14: Ağız açık pozisyonda T1 ağırlıklı sagittal kesitte erozyon içeren dejenere kondilin MRG görüntüsü



Şekil 15: Ağız açık pozisyonda T2 ağırlıklı sagittal kesitte erozyon içeren dejenere kondilin MRG görüntüsü

Klostrofobi olan, vücudunda kalp pili, demir mıknatıs veya metal parçacıklar taşıyan hastalarda kontrendikedir. Maliyetinin yüksek olması, görüntü oluşum süresinin uzun olması ve cihaza ulaşım zorluğu tekniğin dezavantajlarıdır (Limchaichana, Petersson & Rohlin, 2006).

Ultrasonografi görüntüleme (USG)

Herhangi bir ortamda taneciklerin titreşim hareketleri sonucunda ses oluşur ve dalgalar halinde maddenin olduğu ortamlarda iletilir. Ses dalgaları belli periyodlar halinde ilerler ve bu sürede belli bir mesafe alırlar bu mesafe genlik (λ), bu süredeki titreşim sayısı frekans olarak adlandırılır. Frekansın birimi hertzdır. (White, 2018; Sancak, 2015).

Ses frekans değerlerine göre infrases, duyulabilir ses, ultrases ve hiperses olmak üzere dört kategoride sınıflandırılabilir.

İnfrasesin frekansı 0-20 Hz arasında, duyulabilir sesin frekansı 20-20.000 Hz arasında ve ultrasesin frekansı 20.000-1GHz arasındadır. Hipersesin frekansı ise 1 GHz 'den büyüktür (Çağlayan, 2016; Sancak, 2015; White, 2018)

USG, iyonize radyasyon kullanmadan, ultrases dalgalarının enerjisi kullanılarak eş zamanlı gerçek görüntü elde etmektedir. Ultrasonografi cihazları; elektrik enerjisini ses enerjisine ve ses enerjisini ise elektrik enerjisine dönüştüren transdüser adı verilen problarla incelenecek olan doku üzerine ses dalgalarını belli frekanslarda iletir. Transdüserler bipolar özellik taşıyan piezoelektrik özellikteki maddeler yoluyla incelenecek dokulara vibrasyon verirler. Bu maddeler; kuartz, lityum sülfat, kadmium sülfat, çinko oksit, tourmaline, baryum, titanattır. Kuartz ve turmalin en yaygın kullanılan piezoelektrik kristalleridir (White, 2018).

Sesin maddeyle etkileşimi sonucunda maddenin yapısına göre ses dalgaları yansır, emilir, geri döner veya difüzyona uğrar ve bu etkileşimler sonucunda yansıyan ses dalgalarının meydana getirdiği ekolar toplanarak görüntü oluşturulur (Orhan & Różyło-Kalinowska, 2019).

Dokuların ses direnci (akustik empedans) arasındaki fark sonucunda yansımalar oluşur. Komşu iki yapının akustik empedansı arasındaki fark fazla ise ara yüzeyden yansıma fazla olur. Yansımalar cihazın ekranında parlak beyaz noktalar şeklinde görülmektedirler. Yansıyan sesin yansıma süresi ve hızı sayesinde derinliği hesaplanabilir. Hava ve kemik gibi büyük akustik empedans farklılığına sahip dokulardan, gelen sesin büyük bölümü geri yansır. Bu nedenle USG incelemesinde hava empedansını

önlemek için akustik jel kullanılmaktadır (Sancak, 2015; Orhan & Różyło-Kalinowska, 2019). Sert doku yüzeylerinden ses dalgaları emilemeden büyük oranda yansır bunun sonucunda sert doku arkasındaki dokulara ses dalgaları ulaşamaz ve akustik gölge denilen anekoik bir alan oluşur. Kist gibi içerisi sıvı dolu olan yapılar ise ses dalgalarını büyük oranda emer ve dokunun arkasında eko birikimi olur, bunun sonucunda akustik güçlenme (zenginleşme) adı verilen hiperekoik bir alan oluşur.(Almeida & ark., 2019; Azlağ, 2022; Orhan & Różyło-Kalinowska, 2019; White, 2018).

Bir ses dalgasının frekansı arttıkça daha yüzeysel dokular frekansı azaldıkça ise daha derindeki dokular daha net olarak görüntülenir (Orhan & Różyło-Kalinowska, 2019; Feldman, Katyal & Blackwood, 2009).

Ultrasonografinin son yıllarda baş boyun bölgesinde tanı ve tedavi aşamalarında kullanımı artmıştır. Diş hekimliğinde tanı ve tedavi amacıyla USG; tükürük bezlerinin anatomisinin ve lezyonlarının, çiğneme kaslarının yapısının ve boyutunun, baş boyun bölgesindeki sert ve yumuşak dokulardaki lezyonların, lenf nodlarının, vaskülerite gösteren dokuların, lezyonların ve TME'deki sert ve yumuşak doku elemanlarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Başaran & Özdemir, 2019). Teşhis amacıyla USG eşliğinde eklem boşluğuna artrosentez ve hyaluronik asit uygulaması gibi durumlarda da faydalanılmaktadır. Bazı cihazlarda dokuların ve lezyonların hacim ölçümleri, sertlik dereceleri de ölçülebilmektedir (Orhan & Różyło-Kalinowska, 2019).

Ultrasonografi cihazlarında farklı frekans (2-30 MHz) değerlerine sahip değişik şekilli probalar kullanılmaktadır (Orhan,

2021). TME'nin görüntülenmesinde 7-20 MHz frekans aralığındaki hockey sopası ve lineer problar kullanılır (Orhan & Różyło-Kalinowska, 2019). Genellikle 12 MHz ve üstünde frekans değerine sahip yüksek çözünürlüklü problar TME'nin değerlendirilmesinde önerilmektedir (Almeida & ark., 2019).

USG TME'de efüzyonun, sert doku elemanlarının dejeneratif değişikliklerinin ve artiküler diskin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Yüksek çözünürlüklü USG ile TME'in internal bozukluklarının değerlendirilmesinde tercih edilir. Mandibular kondilin anterior ve lateral yüzeyleri rahat izlenebilirken medial yüzeyin görüntülenebilirliği oldukça düşüktür. USG ile görüntüleme hekimin becerisine, hastanın ağzının açık veya kapalı olmasına ve probun açısına bağlı olarak değişiklikler gösterebilir. Bu yüzden USG, TME'nin değerlendirilmesinde yardımcı tanı tekniklerindendir (Emshoff & ark., 2003; Landes & ark., 2006).

Temporomandibular eklemi oluşturan yapıların ultrasonografik görüntüleri; kondil yüzeyi ve artiküler eminens hiperekojenik çizgilenmeler şeklinde, artiküler disk ise iki çizgi arasında hipoekojenik ince bant şeklinde görüntülenmektedir (Şekil 16). Eklem kapsülü, pterigoid kas ve retrodiskal doku izoekojenik görüntülenmektedir (Hayashi, 2012; Kundu & ark., 2013; Maranini & ark., 2022) Düzleşme kondilin konkav yapısının bozularak düzleşmesi sonucunda hiperekoik düz bant; erozyon, kondil yüzeyinin ekojenitesindeki kesinti; subkortikal kist, subkortikal alanda posterior akustik güçlenmesi bulunan hipekojen alan; osteofit, kondil yüzeyindeki çıkıntı şeklindeki hiperekojen yapı;

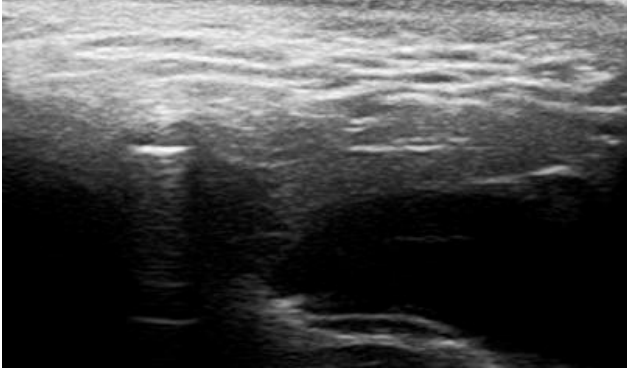
skleroz, kondilin ekojenitesinde artış; eklem faresi eklem kapsülü içerisinde görüntülenen hiperekojen yapı şeklinde tanımlanabilmektedir (Şekil 17, 18, 19) (Brandlmaier & ark., 2003, Emshoff & ark., 2003; Hayashi, 2012; Kheirandish & ark., 2021; Pihut & ark., 2022; Wakefield & ark., 2005).

USG'nin iyonize radyasyon içermemesi ve eş zamanlı olarak genç popülasyonda radyasyonun oluşturacağı zararlı etkileri hasar birikimini önlemek açısından önemlidir (Jank & ark.,2007). USG TME'deki dejeneratif değişiklikleri klinik semptomları ortaya çıkmadan önce tespit edebilmektedir.

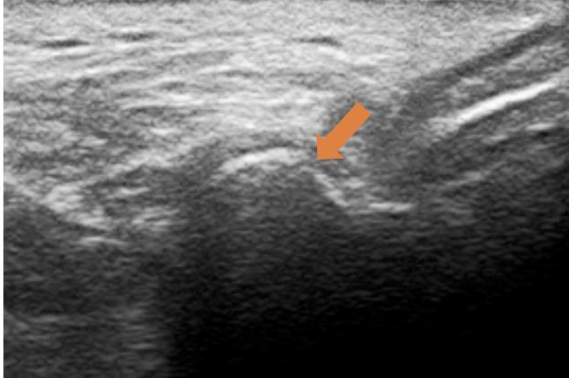
Literatürdeki çalışmalarda USG'nin kemik erozyonu, düzleşme ve/veya osteofit gibi dejeneratif değişiklikleri teşhis etmede sensitif olduğunu ancak spesifitesinin yetersiz olduğunu ortaya koymuştur (Almeida & ark., 2019). USG'de erozyon, eklem faresi ve osteofitin görünümlerinin birbirine oldukça benzediği bildirilmektedir. (Emshoff & ark., 2003).



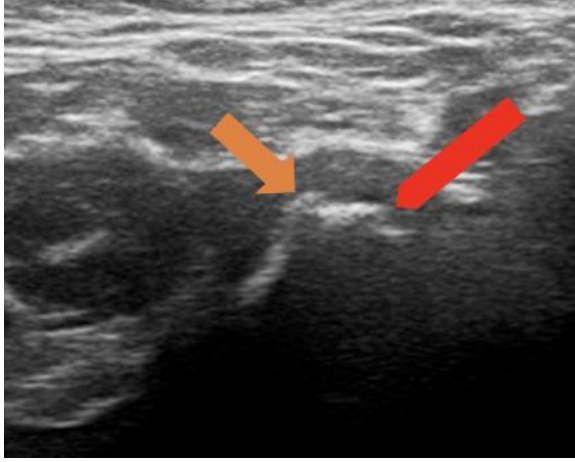
Şekil 16: TME'ye ait USG görüntüsü, kırmızı ok: eklem aralığına ait hipoekojen alan; turuncu ok: mandibular kondile ait hiperekojen bant



Şekil 17: Kondil yapısı düzleşmeye uğramış TME'ye ait USG görüntüsü



Şekil 18: Mandibular kondildeki erozyon alanı (turuncu ok)



Şekil 19: Dejeneratif değişiklikler bulunan kondil, turuncu ok: Osteofit; kırmızı ok: erozyon

Sonuç

TME hem sert doku hem de yumuşak doku elemanlarından oluşmaktadır. Yumuşak dokuda elemanlarındaki herhangi bir bozukluk sert doku elemanlarını veya sert doku elemanlarındaki herhangi bir değişiklik yumuşak doku elemanlarını etkilemektedir. Bu yüzden TME'in görüntülenmesinde tek bir görüntüleme yöntemi kullanmak teşhis ve tedavi açısından yeterli olmayabileceğinden birkaç görüntüleme yöntemine aynı anda başvurulabilir.

Kaynaklar

Açıkgöz A. (1996). Ortopantomograflerin klinik kullanımları. *Current Research in Dental*, 6 (2), 80-85.

Almeida, F. T., Pacheco-Pereira, C., Flores-Mir, C., Le, L. H., Jaremko, J. L., & Major, P. W. (2019). Diagnostic ultrasound assessment of temporomandibular joints: a systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48 (2), 20180144.

Akar, G. C., & Köseoğlu K. (2006). Temporomandibular eklem rahatsızlıklarının tanısında kullanılan radyolojik yöntemler ve manyetik rezonans görüntüleme değerlendirme kriterleri: Derleme Çalışması. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 27 (2), 107-116.

Azlağ, P. K., (2022). Temporomandibular eklem görüntülemesi. Ahmet Berhan Yılmaz, Sevcihan Günen Yılmaz (Ed.), *Farklı açılardan temporomandibular eklem* (s. 30-45). Ankara: Akademisyen Kitabevi.

Başaran, M. & Bozdemir, E. (2019). Güncel literatür ışığında temporomandibular eklem rahatsızlıklarında kullanılan görüntüleme yöntemleri. *Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3 (1), 15-26.

Benchaou, M., Lehmann, W., Slosman, D. O., Becker, M., Lemoine, R., Rufenacht, D., & Donath, A. (1996). The role of FDG-PET in the preoperative assessment of N-staging in head and neck cancer. *Acta oto-laryngologica*, 116 (2), 332-335.

Brandlmaier, I., Bertram, S., Rudisch, A., Bodner, G., & Emschhoff, R. (2003). Temporomandibular joint osteoarthritis diagnosed with high resolution ultrasonography versus magnetic

resonance imaging: how reliable is high resolution ultrasonography ?. *Journal of oral rehabilitation*, 30 (8), 812-817.

Çağlayan, F. (2016). Ultrasonografinin Diş Hekimliğindeki Klasik ve Yeni Kullanım Alanları. *Türkiye Klinikleri Oral and Maxillofacial Radiology-Special Topics*, 2 (1), 44-53.

Dawson P. E. (2006). *Functional occlusion-e-book: from tmj to smile design*. St. Louis: Mosby.

Derwich, M., Mitus-Kenig, M., & Pawlowska, E. (2020). Interdisciplinary approach to the temporomandibular joint osteoarthritis—review of the literature. *Medicina*, 56 (5), 225.

Emshoff, R., Brandlmaier, I., Bodner, G., & Rudisch, A. (2003). Condylar erosion and disc displacement: detection with high-resolution ultrasonography. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 61 (8), 877-881.

Erden, A. C. A., & Karakış, D. (2022). Temporomandibular eklem düzensizlikleri teşhisinde kullanılan görüntüleme yöntemleri. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 15 (1), 110-127.

Fallon, S. D., Fritz, G. W., & Laskin, D. M. (2006). Panoramic imaging of the temporomandibular joint: an experimental study using cadaveric skulls. *J Oral Maxillofac Surg.* 64 (2), 223–229.

Feldman, M. K., Katyal, S., & Blackwood, M. S. (2009). US artifacts. *Radiographics*, 29 (4), 1179-118

Garcia, M., Machado, K. F. S. & Mascarenhas, MH. (2008). Ressonância Mag-Nética E Tomografia Computadorizada Da

Articulaco Temporo-Mandibular: Alm Da Disfunco. *Radiolbras.*; 41 (5), 337-342.

Habashi, H., Eran, A., Blumenfeld, I., & Gaitini, D. (2015). Dynamic high-resolution sonography compared to magnetic resonance imaging for diagnosis of temporomandibular joint disk displacement. *J Ultrasound Med*, 34 (1), 75–82. Doi: 10.7863/ultra.34.1.75

Hansson, L.G., Petersson, A. (1978). Radiography of temmporomandibular joint using the transpharyngeal projection a comparison study of information obtained with different radiographic techniques. *Dentomaxillofacial Radiology*, 7 (2), 69 - 78 .

Harorlı A. (2014). *Ağız Diş ve Çene Radyolojisi*, (1. Baskı., s.44-430). İstanbul: Nobel Kitabevi

Hayashi, T. (2012). Application of ultrasonography in dentistry. *Japanese Dental Science Review*, 48 (1), 5-13.

Jank, S., Haase, S., Strobl, H., Michels, H., Häfner, R., Missmann, M., & Schroeder, D. (2007). Sonographic investigation of the temporomandibular joint in patients with juvenile idiopathic arthritis: a pilot study. *Arthritis Care & Research*, 57 (2), 213-218.

Kheirandish, Y., Panjnoush, M., Charlie, S. M., & Romoozi, E. (2021). Comparison of the diagnostic accuracy of Ultrasonography and CBCT for detection of mandibular condyle erosion (an in-vitro study). *Lateral*, 100 (6), 100.

Kundu, H., Basavaraj, P., Kote, S., Singla, A., & Singh, S. (2013). Assessment of TMJ disorders using ultrasonography as a

diagnostic tool: a review. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 7 (12), 3116.

Landes, C. A., Goral, W. A., Sader, R., & Mack, M. G. (2006). 3-D sonography for diagnosis of disk dislocation of the temporomandibular joint compared with MRI. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 32 (5), 633-639.

Lewis, E. L., Dolwick, M. F., Abramowicz, S., & Reeder, S. L. (2008). Contemporary Imaging of the temporomandibular joint. *Dent Clin North Am.* 52 (4), 875-890. Doi: 10.1016/j.cden.2008.06.001.

Limchaichana, N., Petersson, A., & Rohlin, M. (2006). The efficacy of magnetic resonance imaging in the diagnosis of degenerative and inflammatory temporomandibular joint disorders: a systematic literature review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 102 (4), 521-536.

Mahl, C. R. W., & Silveira, M. W. (2002). diagnóstico por imagens da articulação temporomandibular: técnicas e indicações. *Jornal Brasileiro de Oclusão*, 11 (3), 327-332.

Maranini, B., Ciancio, G., Mandrioli, S., Galiè, M., & Govoni, M. (2022). The role of ultrasound in temporomandibular joint disorders: an update and future perspectives. *Frontiers in Medicine*, 9, 926573.

Menezes, A.V., Almeida, D.E., Bóscolo, F. N., Haiter-Neto, F., Ambrosano, G. M. B., Manzi, F. R. (2008). Comparison of transcranial radiograph and magnetic resonance imaging in the

evaluation of mandibular condyle position. *Dentomaxillofacial Radiology*, 37 (5), 293-299

Mongini, F. (1981). The importance of radiography in the diagnosis of tmj dysfunction: a comparative evaluation of transcranial radiographs and serial tomography. *J Prosthet Dent*, 45 (2), 186-198. Doi: 10.1016/0022-3913(81)90339-5

Masood, F., Katz, J. O., Hardman, P. K., Glaros, A. G., & Spencer, P. (2002). Comparison of panoramic radiography and panoramic digital subtraction radiography in the detection of simulated osteophytic lesions of the mandibular condyle. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 93 (5), 626–631.

Nuebler-moritz, M., Marienhagen, J., Held, P., Bock, E., Dammer, R., Niederdellmann, H., Eilles, C. & Feuerbach, S. (1995). High -resolution spect of the temporomandibular joint in chronic craniofacial pain disorders: a pilot study. *Acta Stomatol Belg*, 92 (3), 125-128.

Okeson J. P. (2019). *Management of temporomandibular disorders and occlusion-e- book*.(8th ed) St. Louis: Elsevier.

Orhan, K., & Aksoy, S. (2018). Magnetic resonance imaging of TMJ. Ingrid Rozylo-Kalinowska, Kaan Orhan (Ed.), *Imaging of the Temporomandibular Joint* (s.155-200). Switzerland: Springer

Orhan, K., & Różyło-Kalinowska, I. (2019). *Ultrasonography, in Imaging of the Temporomandibular Joint*. Switzerland: Springer.

Orhan, K. (Ed.). (2021). *Ultrasonography in dentomaxillofacial diagnostics*. Switzerland: Springer.

Özcan, İ. (2017). *Diş Hekimliğinde Radyolojinin Esasları*. (1. Baskı.) İstanbul: İstanbul Medikal Sağlık ve Yayıncılık

Özdede, M., & Paksoy C. S. (2019). *Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi: Teknik, çalışma ilkeleri ve görüntü oluşumu*. (1. Baskı., s.1-6.). Ankara: Türkiye Klinikleri

Pamukçu, U., Altunkaynak, B., & Peker, İ. (2021). In terms of temporomandibular joint dysfunction, according to Helkimo dysfunction index, comparison of bone changes determined in cone-beam computed tomography in symptomatic and asymptomatic patients and the relationship of this clinical index with bone changes on radiography, *Pamukkale Tıp Dergisi*, 14 (1), 155-165. Doi:<https://dx.doi.org/10.31362/patd.755539>

Pihut, M., Gala, A., Obuchowicz, R., & Chmura, K. (2022). Influence of ultrasound examination on diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. *Journal of Clinical Medicine*, 11 (5), 1202.

Ramos, A. C. A., Sarmiento, V.A., Campos, P. S. F., & Gonzalez, M. O. D. (2004). Articulac ão temporomandibular aspectos normais e desloca-mentos de disco: imagem por ressonância magnética. *Radiologia Brasileira*. 37 (6), 449-454. Doi:10.1590/S0100-39842004000600013

Sancak, İ. (2015). *Temel Radyoloji*, Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri.

Scarfe, W. C., Farman, A. G., & Sukovic, P. (2006). Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal-Canadian Dental Association*, 72 (1), 75.

Schulze, D., Heiland, M., Thurmann, H., & Adam, G. (2004). Radiation exposure during midfacial imaging using 4-and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 33(2), 83-86.

Souza, R. F., Lovato, D. A., Silva, C. H., Nasser, M., Fedorowicz, Z., Al- Muharraqi, M. A. (2012). Interventions for the management of temporomandibular joint osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*. (4), 2-59. Doi: 10.1002/14651858.CD007261.pub2

Şener, E., Önem, E., & Baksı B.G. (2016). Diş hekimliğinde radyonüklid görüntüleme. *Türkiye Klinikleri Oral and Maxillofacial Radiology-Special Topics*, 2 (1), 61-70.

Toyama, M., Kurita, K., Koga, K. & Rivera, G. (2000). Magnetic resonance arthrography of the temporomandibular joint. *J Oral Maxillofacial Surgery*. 58 (9), 978-983. Doi: 10.1053/joms.2000.8738.

Trvdy, P. (2007). Methods of imaging in the diagnosis of temporomandibular joint disorders. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 151 (1), 133-136. Doi: 10.5507/bp.2007.026

Vasconcelos, B. C. E., Silva, E. D. O., Kelner N, Miranda, K. S., & Silva, A. F.C. (2002). Meios de diagnóstico das desordens temporomandibulares. *Revciir Traumat Buco- Maxilo-Facial*, 1 (2), 49-57.

Wakefield, R. J., Balint, P. V., Szkudlarek, M., Filippucci, E., Backhaus, M., D'Agostino, M. A., ... & Conaghan, P. G. (2005). Musculoskeletal ultrasound including definitions for ultrasonographic pathology. *The Journal of Rheumatology*, 32 (12), 2485-2487.

Westesson, P. L., & Bronstein, S. L. (1987). Temporomandibular joint: comparison of single- and double-contrast arthrography. *Radiology*, 164 (1), 65-70. Doi: 10.1148/radiology.164.1.3588928

Whaites, E. (2002). *Essentials of Dental Radiography and Radiology*. (3rd ed., pp.371-389). China:Elsevier,

White, S, (2018) *Oral Radiology Principles and Interpretation*. (8th ed.) St. Louis: Mosby

BÖLÜM IV

Paranasal Sinüs Anatomisi ve Gelişimi

Nehir GENCER¹

Giriş

Paranasal sinüsler etmoid, maksiller, frontal ve sfenoid olmak üzere dört sinüsten oluşmaktadır. Etmoidal sinüsler tam olarak gelişen ilk sinüslerdir, ardından maksiller sinüsler gelir. Hem etmoid hem de maksiller sinüsler doğumda radyolojik olarak mevcuttur. Frontal sinüsler daha sonra gelişir, ardından ergenliğin sonlarında olgunlaşan sfenoid sinüs gelir (Adewale, 2009).

Maksiller Sinüs

Maksiller sinüs (MS), paranasal sinüslerin en büyüğüdür ve nazal kavitenin her iki tarafında maksillanın içinde, apeksi zigomatik çıkıntıya uzanan hava dolu, piramit şeklinde bir boşluktur. Sinüsün sınırları maksillayı (anterolateralde), pterigopalatin fossanın anterior

¹ Uzm. Dt. Uşak Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, Uşak/Türkiye, Orchid: 0000-0003-0507-209X, nehir.gencer@usak.edu.tr

duvarını (posteriorda), nazal kavitenin lateral duvarını (medialde), alveolar prosesi (inferiorda) ve orbital tabanı (superiorda) içerir (Lund et al., 2014; Zalzal, O'Brien, & Zalzal, 2018). Maksiller sinüsün ön duvarı maksillanın fasiyal yüzeyi tarafından oluşturulur ve içerisinden canalis sinuosus geçmektedir (Iwanaga et al., 2019). Maksiller ostium, medial duvarın superior kısmında yer alır ve salgıları etmoid infundibulum ve ardından semilunar hiatusa ve orta meatusa drene olur (Kubal, 1998; Lund et al., 2014). Maksiller sinüs ostiumunun boyutu ve sayısı değişkendir. Sinüs ostiumunun ortalama uzunluğu 5,55 mm'dir. Bireylerin yaklaşık %16'sında aksesuar ostium (yani infundibulum ve semilunar hiatus dışında bir ostium açıklığı) bulunur. Aksesuar ostium tipik olarak sadece bir açıklık olarak bulunur, bir kanal değildir ve ortalama uzunluğu 1,5 mm'dir (Ogle, Weinstock, & Friedman, 2012).

Maksiller sinüsün vasküler desteği öncelikle maksiller arterin dallarından elde edilir: posterior superior alveolar arter, infraorbital arter ve posterior lateral nazal arter (Flanagan, 2005; Kqiku, Weiglein, Weiglein, Kqiku, & Städtler, 2013). Posterior superior alveolar arter (PSAA) sinüsün medial duvarı boyunca ilerleyebilir. İnfraorbital arter, infraorbital oluk ve kanal boyunca, orbitanın altından ve son olarak maksillanın fasiyal yüzeyindeki infraorbital foramenden geçer (Flanagan, 2005). Posterior superior alveolar arter ve infraorbital arter sinüsün anterolateral duvarı boyunca anastomoz yaparak nazal kavitenin mukoza zarını besler. Bu iki arter arasında genellikle ekstraosseöz anastomoz bulunur (Kqiku et al., 2013). Posterior lateral nazal arter, sfenopalatin arterden dallanır ve sfenopalatin foramenden geçerek nazal kaviteye girer ve sinüsün medial duvarında bulunmaktadır. Anteriora doğru devam ederken,

posterior lateral nazal arter dallanmaya başlar ve sinüsün posterior ve medial duvarının kanlanması sağlar (Flanagan, 2005).

Maksiller sinüs, maksiller sinirin (V2) infraorbital ve ön, orta ve arka superior alveolar dallarından genel duysal innervasyon alır. Duyusal innervasyon genellikle posterior superior alveolar dal tarafından sağlanır. Anterior superior alveolar dal, maksiller sinüsün anterior kısmını innerve ederken, medial superior alveolar dal sekonder mukozal innervasyona katkıda bulunur. Maksillanın ostiumu n. palatinus majör tarafından innerve edilirken, infundibulum oftalmik sinirin (V1) anterior etmoidal dalı tarafından innerve edilir. Parasempatik sekretomotor lifler, fasiyal sinirin nervus intermedius'undan kaynaklanır, pterigopalatin ganglionda sinaps yapar ve trigeminal duysal dallar aracılığıyla sinüs mukozasına ilerler (Iwanaga et al., 2019).

1.1. Maksiller Sinüs Gelişimi

Maksiller sinüs, gebeliğin üçüncü ayından itibaren gelişmeye başlayan ilk paranazal sinüstür. 11-12. haftalarda, ilkel etmoidal infundibulum orta meatustaki unsinat çıkıntının lateralinde gelişmeye başlar ve buradan maksiller kemiğin öncüsüne doğru inferolateral olarak bir kanal gelişir. Bu, ilkel kanal maksiller sinüsü oluşturur (Bingham, Wang, Hawke, & Kwok, 1991). Maksiller sinüs, çevredeki nazal kapsülün ilerleyici rezorpsiyonu ile kademeli olarak genişler ve gebeliğin 20. haftasında kemikleşen maksillaya doğru uzanır (Anon, Rontal, Zinreich, Thumfart, & Vidic, 1996). Büyüme her yöne doğru gerçekleşir, anterior-posterior genişleme en belirgin olanıdır ve uzunlamasına oval bir şekil oluşturur (Iwanaga et al., 2019).

Maksiller sinüs, doğum öncesi gelişim sırasında amniyon sıvısı ile dolar ve doğum sonrası havalanır. Bu doğum öncesi sıvı içeriği, gebeliğin 22. haftasından itibaren fetal maksiller sinüslerin manyetik rezonans görüntüleme ile tespit edilmesini sağlar (Ozcan et al., 2014). Erken doğum sonrası radyografiler, maksiller sinüsün yaşamın 1 ila 6 ayı arasında tamamen havalandığını göstermiştir (MARESH & WASHBURN, 1940; WASSON, 1933). Ancak daha yakın tarihli çalışmalar, bunun çok daha geniş bir zaman aralığında gerçekleştiğini ve sağlıklı çocuklarda bile nispeten yüksek oranda maksiller sinüs opasifikasyonu olduğunu göstermiştir; bir çalışma, 13 yaşından küçük çocukların yaklaşık %50'sinde bir dereceye kadar sinüs opasifikasyonu olduğunu göstermiştir. Bu opasifikasyonun normalden fazla mukoza, bol miktarda gözyaşı veya kolayca tıkanabilen ostium sonucu oluşabileceği varsayılmıştır (Diamant et al., 1987; Glasier, Mallory Jr, & Steele, 1989)

Maksiller sinüsün morfolojik şekli yaşla birlikte değişir. Önden bakıldığında, en yaygın şekil 1 ila 3 yaş arasında dikdörtgen, 4 ila 12 yaş arasında üçgen ve 13 yaş ve sonrasında ters üçgen şeklidir (C. Rennie, M. R. Haffajee, & K. S. Satyapal, 2017b). Lateralden bakıldığında, maksiller sinüs tüm yaş gruplarında dörtgendir ve yalnızca diş sürmesinden etkilenen sinüsün inferior duvarı boyunca farklar görülür. Çalışmalar genellikle çocukluk boyunca maksiller sinüsün simetrik büyümesini bildirmektedir (Adibelli, Songu, & Adibelli, 2011; Barghouth et al., 2002; Bhushan, Rychlik, & Schroeder Jr, 2016; Lee, Fernandez, Mahadevan, Tarr, & Mirjalili, 2020).

Maksiller Sinüs Boyutu ve Büyümesi

Birçok çalışma, çocukluk ve ergenlik boyunca maksiller sinüs büyümesini kaydederek, normal büyüme için referans olarak kullanılabilecek veriler sağlamıştır. Maksiller sinüs, 15-18 yaşlarında yetişkin boyutuna yaklaşır, ancak büyüme yaşamın üçüncü on yılına kadar durmaz (Fernández, Escuredo, Del Rey, & Montoya, 2000; Ikeda, Ikeda, & Komatsuzaki, 1998; Jun et al., 2005). Geniş kapsamlı bir Manyetik Rezonans çalışması, doğumda maksiller sinüsün yaklaşık $7 \times 4 \times 3$ mm ölçülerinde olduğunu ve bunun 15-18 yaşına gelindiğinde $34 \times 32 \times 28$ mm'ye çıktığını göstermiştir (Adibelli et al., 2011). Başka bir çalışma, 1 ila 3 yaşlarında yaklaşık $1,6 \text{ cm}^3$ 'lük bir MS hacmi gösterip, bu hacim 22-25 yaşlarında $12,6 \text{ cm}^3$ 'e çıkmıştır (C. O. Rennie, M. R. Haffajee, & K. S. Satyapal, 2017). Maksiller sinüs büyümesinin çocukluk döneminde erkeklerde ve kadınlarda benzer olduğuna dair bazı kanıtlar vardır, ancak ergenliğin sonlarında cinsel dimorfizm belirgin hale gelir (Lorkiewicz-Muszyńska et al., 2015; C. O. Rennie et al., 2017). Bu, erkeklerde maksiller sinüslerin daha büyük olduğunu doğrulayan çalışmalar tarafından desteklenmektedir (Amin & Hassan, 2012; Fernandes, 2004).

Yaygın olarak maksiller sinüsün yaşamın ilk 4 ila 5 yılında bifazik hızlı büyüme gösterdiğine ve ardından 8 yaşından itibaren nispeten yavaş bir büyüme gösterdiği düşünülmektedir (Gershwin & Incaudo, 2012; Lee et al., 2020) İlk büyüme atağı hacimce %750'den fazla artışla daha belirgindir, büyümenin ikinci fazı hacimce %186 artışla daha yavaştır (Lee et al., 2020). Ancak bazı yazarlar bifazik modele katılmayarak büyümenin erken fazından sonra yavaş bir büyümenin devam ettiğini iddia etmektedir (Adibelli et al., 2011;

Barghouth et al., 2002; Lorkiewicz-Muszyńska et al., 2015). Hızlı büyümenin tanımındaki farklılıklar ve kullanılan yaş aralıkları (bazıları 6 yıla kadar) bildirilen farklılıklara katkıda bulunmaktadır. Bu hızlı büyüme dönemlerinin anlaşılması, bir çocuğun ameliyattan önce tekrar görüntüleme ihtiyacı olup olmadığını belirleyebileceği için önemlidir (Shah, Dhingra, Carter, & Rebeiz, 2003). İlk büyüme atağı sırasında, sinüs lateral olarak infraorbital kanala ve inferior konkanın yapışma yerine inferiordan ulaşır (Iwanaga et al., 2019; Zeifer, 2000). Daha fazla lateral genişleme 4 ila 8 yaş arasında infraorbital kanalı geçer ve ikinci artan büyüme döneminde molar dişlerine kadar genişler ve 12 yaşında zigomatik resese ulaşır (Ogle et al., 2012). Alt çene büyümesi 7 yaşına kadar inferior meatusun orta kısmına, 9 yaşına kadar sert damak düzlemine ulaşır, 12 yaşına kadar burun tabanı ile aynı seviyeye gelir ve nihayetinde yetişkin molar dişlerinin sürmesini takiben yirmili yaşların başında burun tabanının seviyesinden yaklaşık 5 mm aşağıya yavaşça iner (Scuderi, Harnsberger, & Boyer, 1993).

Frontal Sinüs

Frontal sinüsler (FS), frontal kemiğin anterior ve posterior tablaları arasındaki süpersilier arkların posteriorunda yer alan piramit şeklindeki boşluklardır (Duque & Casiano, 2005; Lund et al., 2014). Sinüsün tabanı orbitanın tavanı tarafından oluşturulur ve birbirlerinden intersinüs septum ile ayrılırlar (McLaughlin, Rehl, & Lanza, 2001). Drenaj, sinüs tabanının posteromedial yönünden frontal sinüs çıkış yolu vasıtasıyla gerçekleşir (Parikh & Brown, 2004; Zalzal et al., 2018). Salgılar, dar frontal ostiumdan frontal infundibulum boyunca aşağı doğru geçer ve anterior etmoidal hücreler içinde dar bir yarık oluşturarak frontal resese girer ve orta

meatusa drene olmak üzere inferior ve posteriora doğru genişler. Frontal resesin anatomisi karmaşıktır. Agger nasi, frontal hücreler ve anterior etmoidal hücreler dahil olmak üzere bir dizi anatomik yapı tarafından belirlenir (Friedman, Bliznikas, Vidyasagar, & Landsberg, 2004). Bu bitişik yapılar frontal resesin açıklığını tehlikeye atabilir ve bu konumu frontal sinüzit vakalarının çoğundan sorumlu hale getirir. Ayrıca fonksiyonel endoskopik sinüs cerrahisini çok zorlu hale getirir (McLaughlin et al., 2001).

Frontal sinüsün kanlanması, internal karotid arterin anterior etmoidal dalı ve bazı durumlarda oftalmik arterin supraorbital dalı tarafından sağlanır. Anterior etmoidal arter, orbita içindeki oftalmik arterden köken alır ve lamina papyracea'yı delerek medial olarak ilerler (McLaughlin et al., 2001).

Supraorbital arter, oftalmik arterin optik siniri geçtiği orbita içinde oftalmik arterden dallanır. Supraorbital arter daha sonra orbital plaka periosteumu ile superior levator palpebrae kası arasında ilerleyerek foramenin supraorbital çentiğinden orbitadan çıkar. Daha sonra yüzeysel ve derin dallara ayrılarak cildi, kasları ve frontal periosteumu besler ve supratrochlear arterlerin supratrochlear ve frontal dalıyla anastomoz yapar. Supratrochlear arter, supraorbitalin distalindeki oftalmik arterden köken alır. Superior orbital kenarda, supraorbital arter frontal kemiğin diploe'sine ve bazen frontal sinüsteki mukoperiosteuma bir dal gönderir (McLaughlin et al., 2001).

Frontal sinüsün mukozal duysal innervasyonu, nazosilier sinirin (V₁) anterior etmoidal dalı ve frontal sinirin (V₁) supraorbital ve supratrochlear dalları aracılığıyla gerçekleşir. Oftalmik sinir,

orbitaya superior orbital fissürden girmeden hemen önce nazosilier ve frontal dallar verir. Nazosilier sinir, orbita içinde medial duvara doğru oblik olarak ilerler ve daha sonra anterior etmoidal foramen ve sinir aracılığıyla anterior etmoidal sinir olarak devam eder. Sinir daha sonra, yakındaki hava hücrelerini besleyene ve nazal kaviteye inene kadar kribriform plaka ve dura mater arasında devam eder. Orbitanın apeksi ve tabanı arasında, frontal sinir supraorbital ve supratroklear dallara ayrılır. Her iki sinir daha sonra orbitadan anteriordan çıkarak alında superior tarafa doğru ilerler. Supraorbital sinirden gelen küçük dallar, supraorbital çentikteki foraminalardan yukarı çıkarak frontal sinüse girer (Bolger, Parsons, & Butzin, 1991; McLaughlin et al., 2001).

2.1. Frontal Sinüs Gelişimi

Frontal sinüsler, fetal yaşamın üçüncü veya dördüncü ayında gelişir. Orta nazal meatusun anterosuperior kısmı seviyesinde, lateral nazal duvarın dışarı doğru çıkıntı yapmasıyla başlarlar. Bu dışarı doğru çıkıntı daha sonra superomedial olarak uzanarak etmoidal hücrelere ve frontal resese köken verir (Marciniak & Nizankowski, 1959). Vakaların çoğunda, frontal sinüs frontal resesteki rudimentlerden kaynaklanır ancak diğer olası kökenler arasında anterior etmoidal hücreler, etmoidal infundibulum, suprabullar reses veya bunların bir kombinasyonu bulunur. Bu, oldukça değişken nazofrontal bağlantılar ve karmaşık bir drenaj sistemi ile sonuçlanır (Lund et al., 2014).

Frontal sinüs, frontal kemiğin horizontal plağını 1 yaşında pnömatize etmeye başlar ve 3 yaşına kadar nasion seviyesinde anterior etmoidal hücrelerin superioruna doğru ilerler (Davis, 1918). 4 ila 7 yaşlarında orbital tavan seviyesine ulaşır ve frontal kemiğin

vertikal plağını pnömatize etmeden önce çocukların çoğunda radyografik olarak görülebilir hale gelir (Adibelli et al., 2011; Barghouth et al., 2002; Moore & Ross, 2017). Frontal sinüs pnömatizasyonunun meydana gelme derecesi oldukça değişkendir ve tamamen yokluktan, sfenoid kanatlara, parietal, maksilla veya temporal kemiklere doğru ilerlediği gösterilen hiperpnömatizasyona kadar değişebilir (Al-Bar, Lieberman, & Casiano, 2015). Yetişkinler üzerinde yapılan bir çalışmada, Frontal sinüsün en yaygın şeklinin önden bakıldığında dörtgen (%43,9) ve yandan bakıldığında içbükey (%46,5) olduğu bildirilmiştir (Kim, Lee, Park, Kwak, & Han, 2013). Ancak çocuklarda benzer çalışmalar yürütülmemiştir ve bu nedenle bu şekillerin çocuklukta nasıl geliştiği belirsizliğini korumaktadır. (Lee, Fernandez, Mirjalili, & Kirkpatrick, 2022)

Frontal sinüslerin asimetrik olduğu, sol sinüsün daha büyük olma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir (Hacl et al., 2017; Kanat, Yazar, Ozdemir, Coskun, & Erdivanlı, 2015; C. O. Rennie et al., 2017; Tatlisumak et al., 2017). Bir çalışmada, asimetrik vakaların %59'unda sol sinüsün daha büyük olmasıyla birlikte bireylerin %86'sında asimetri tespit edilmiştir (Kanat et al., 2015). Bu durum, sol sinüsün 25 yaşına kadar büyümeye devam etmesi, sağ sinüsün ise genellikle 16-18 yaşlarında durmasıyla kısmen açıklanabilir (C. O. Rennie et al., 2017). Tek taraflı frontal sinüs aplazisi yetişkinlerin yaklaşık %5'inde görülürken, çift taraflı aplazi %4'ünde görülmektedir (Zalzal et al., 2018). Frontal sinüs aplazisi oranları incelenen ıklime ve popölasyona bağılı olarak değişmektedir; Kanadalı İnuitler çift taraflı frontal sinüs aplazisi için %43'e varan oranlar bildirmektedir (Tatlisumak et al., 2017).

Frontal Sinüs Boyutu ve Büyümesi

Bir dizi çalışma, hem doğrusal boyutları hem de hacimleri kaydederek çocukluk boyunca frontal sinüsün büyüme modellerini hesaplamaya çalışmıştır. Yükseklik veya genişlik genellikle en büyük boyutlardır, anterior-posterior uzunluk ise en küçüğüdür (Adibelli et al., 2011; Barghouth et al., 2002; Yun, Kim, Lee, & Rah, 2011) Bir çalışmada ilk olarak FS 3 ila 6 yaşlarında ortalama $3,5 \times 5,2 \times 4,8$ mm boyutunda gözlenmiş, bu boyut 15-18 yaşlarında $16,6 \times 36,9 \times 38,3$ mm'ye çıkmıştır (Adibelli et al., 2011). Bir 3 boyutlu rekonstrüktif çalışmada, 1 ila 3 yaş arasındaki çocuklarda FS hacminin yaklaşık $0,5 \text{ cm}^3$ olduğu ve 22-25 yaşlarında yaklaşık $4,5 \text{ cm}^3$ e çıktığı bulunmuştur (C. O. Rennie et al., 2017). Kesitsel görüntülemelerde bile büyük miktarda değişkenlik vardır ve büyük standart sapmalar popülasyonlar içinde önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir (Lee et al., 2022).

Frontal sinüs genellikle 20 ila 25 yaşları arasında tam olgunluğa ulaşır (Karakas & Kavaklı, 2005; C. O. Rennie et al., 2017; Yun et al., 2011). Erkeklerde 0-25 yaş arasında frontal sinüsün %13-17 daha büyük olduğu tahmin edilerek eşeyssel dimorfizm gösterilmiştir. Frontal sinüs, erkeklerde dişilerden daha uzun süre büyümeye devam edebilmektedir (Adibelli et al., 2011; Karakas & Kavaklı, 2005; C. O. Rennie et al., 2017).

Sfenoid Sinüs

Sfenoid sinüsler (SS) kübik şekildedir, sfenoid kemiğin içinde konumlanmıştır ve paranasal sinüslerin en posteriorundadır. Sfenoid sinüs sınırları anteriorda etmoid hücreler, posteriorda klivus ve medialde intersinüs septumdur. Sfenoid ostium anterior

duvarındadır ve üst nazal meatusla devamlı olan sfenoetmoidal resese drene olur (Anusha, Baharudin, Philip, Harvinder, & Shaffie, 2014; J. Wang, Bidari, Inoue, Yang, & Rhoton Jr, 2010).

İnternal karotid arter ve optik sinir dahil olmak üzere birkaç önemli yapı sfenoid sinüsle yakından ilişkilidir. Karotid arter, sinüsün lateral duvarına bitişik olarak yer alır ve hastaların %25'inde bu alanda dehisens gösterir. Optik sinir, sfenoidin tavanında anteroposterior bir girinti bırakır ve üstteki kemik, bireylerin yaklaşık %4'ünde dehisens gösterebilir. (Cashman, MacMahon, & Smyth, 2011) Sfenoid sinüs aynı zamanda kavernöz sinüs ve hipofiz bezinin bitişikindedir. (Özer, Atalar, Öz, Toprak, & Barut, 2018) Kavernöz sinüsler okülomotor, troklear, oftalmik, maksiller ve abducent sinirleri ve internal karotid arteri içerir. Sfenoid sinüslerin tabanlarında pterygoid kanallar (Vidian kanalları) bulunur, posterior açıklıklar foramina laceri'ye, anterior açıklıklar pterygopalatin fossalara açılır. Pterygoid kanallar vidian sinirleri ve arterleri taşımaktadır (Fujioka & Young, 1978; O. E. Van Alyea, 1941).

Maksiller arterin faringeal dalı sfenoidal sinüsü besler (Henson, Drake, & Edens, 2023). Sfenoid sinüs, innervasyonunu V1 (oftalmik) sinirin posterior etmoidal dalından ve V2 (maksiller) sinirin orbital dalından alır (Bandovic, Holme, Black, & Futterman, 2024; Patel, Fernandez-Miranda, Wang, & Wang, 2016).

Sfenoid Sinüs Gelişimi

Sfenoid sinüsün gelişimi, gebeliğin üçüncü ayında burun mukozasının kıkırdaklı nazal kapsüllerinin posterior kısmına doğru invajinasyonu ile başlar. Bu, kese benzeri ilkel sinüsün oluşumuyla sonuçlanır (Fujioka & Young, 1978). Beşinci ayda, anterolateral

duvarlar sfenoidal konkaları oluşturmak üzere kemikleşmeye başlar (Davis, 1918). Postero-inferior genişleme devam eder ve 3 yaşında sfenoid kemikle kaynaşır (O. E. Van Alyea, 1941). Sinüs, 6 ila 7 yaşlarında inferiora doğru pterigoid kanala, 8 yaşlarında posteriora doğru hipofiz fossaya, 8 ila 12 yaşlarında lateral olarak anterior klinoid çıkıntıya ve daha sonra optik desteğe doğru uzanır (Shah et al., 2003). Medial genişleme de meydana gelir ve bu da intersinüs septumun incelmesine neden olur (O. E. Van Alyea, 1941).

Sfenoid sinüs boyut, şekil, pnömatizasyon ve septasyon açısından önemli ölçüde değişir (Patel et al., 2016). Sfenoid sinüs presfenoidal plakaya uzandığında, pnömatizasyon inferior ve posterior-lateral yönde ilerler (Anusha et al., 2014). Sfenoid sinüs pnömatizasyonunun başlangıç yaşı değişkendir ve yenidoğanlarda meydana geldiği gösterilmiş olsa da, çoğu çalışma genel olarak bireylerin çoğunluğunun 3 ila 5 yaşlarında tespit edilebilir pnömatizasyona sahip olduğu konusunda hemfikir (Barghouth et al., 2002; Fujioka & Young, 1978; C. O. Rennie et al., 2017) Sfenoid sinüs, ergenlik döneminde (yaklaşık 12-14 yaşlarında) olgun boyutuna ulaşır ancak yaşam boyu gelişmeye devam eder (Hammer & Rådberg, 1961; Scuderi et al., 1993; Vidic & STOM, 1968). Pnömatizasyon, sella turcica'nın pozisyonuna göre tanımlanabilir. Üç tip pnömatizasyon paterni vardır: konkal, presellar ve sellar. (Patel et al., 2016) Konkal tip, genellikle 1 ila 3 yaşlarındaki çocuklarda görülür ve pnömatizasyon sfenoid konkanın füzyon düzlemi ile sfenoid kemiğin gövdesinden daha posteriora doğru uzanmaz. (Hammer & Rådberg, 1961; C. Rennie, M. R. Haffajee, & K. S. Satyapal, 2017a) Bu tip nadirdir (Hammer & Rådberg, 1961). 4 ila 9 yaşlarındaki çocuklarda baskın olan presellar tip ve 10-12

yaşın üzerinde baskın olan sellar tipler, pnömatizasyonun derecesinin sırasıyla tuberculum sellae'dan çizilen dikey bir çizginin anterioruna veya posterioruna kadar uzandığı durumlarda ortaya çıkar (Anusha et al., 2014; C. Rennie et al., 2017a) Presellar tipte pnömatizasyon vardır ancak tüberkülüm sella düzleminin ötesine uzanmaz. Sellar tip en yaygın olanıdır ve boşluk sella tabanının ötesine ve genellikle klivusa doğru uzanır ve klival girinti adı verilen bir çöküntü oluşturur. (Patel et al., 2016) Ön tarafta sfenoid sinüs, lateral ekspansiyon meydana geldikçe küçük oval veya kübik bir şekilden daha büyük bir dörtgen şekline doğru ilerler. Pnömatizasyonun kapsamı değişkendir ve sinüs morfolojisini etkiler; beşgen şekil sfenoidin daha büyük kanatlarına pnömatizasyonla ilişkilendirilirken, altıgen şekiller pterigoid plakanın pnömatizasyonu ile ilişkilendirilir (C. Rennie et al., 2017a)

Sfenoid sinüs, superiorda hipofiz ve orta kranial fossalar ile lateralde kavernoöz sinüs olmak üzere bir dizi kritik anatomik yapıyla çevrilidir (Anusha et al., 2014; Lund et al., 2014). Pnömatizasyonun derecesine bağlı olarak bir dizi nörovasküler yapı, koruma için yalnızca ince bir kemik plakası ile sfenoid sinüs içinde kemik çıkıntıları veya girintileri oluşturabilir. Nörovasküler yapılar olarak superiolateralde optik sinir, posterolateral tarafta internal karotid arter ve inferiorda maksiller sinir sayılabilmektedir (Anusha et al., 2014). Bu anatomik ilişkiler klinik olarak önemlidir çünkü sinüzit yayılabilir ve potansiyel olarak menenjit, intrakraniyal apse veya kavernoöz sinüs trombozuna yol açabilir, ayrıca fonksiyonel endoskopik sinüs cerrahisi sırasında önemli sekeller ile potansiyel olarak hasar görebilirler (Štoković et al., 2016).

Sfenoid Sinüs Boyutu ve Büyümesi

Birçok çalışma sfenoid sinüsün yaşla birlikte artan boyut ve hacmini analiz etmiştir. Bir çalışmada 1 ila 3 yaşlarında ortalama sinüs boyutlarının $4,6 \times 4,1 \times 3,9$ mm olduğunu ve 12-15 yaşlarında $29,7 \times 27,6 \times 23,2$ mm'ye çıktığını göstermiştir (Adibelli et al., 2011). Başka bir çalışmada ise, 1 yaşında hacimlerin $0,018 \text{ cm}^3$ olduğunu, 25 yaşında $3,418 \text{ cm}^3$ 'e çıktığını göstermiştir (Park et al., 2010). Hızlanmış büyüme dönemlerinin 5 yaşından önce ve ayrıca 6 ile 10 yaşları arasında meydana geldiği kaydedilmiştir (Park et al., 2010; Shah et al., 2003) Büyüme büyük oranda 14-16 yaşlarında gerçekleşmiştir (Barghouth et al., 2002; Fernández et al., 2000; Karakas & Kavaklı, 2005; Park et al., 2010; C. O. Rennie et al., 2017) Sol-sağ asimetrisi yaygındır ancak hangi tarafın daha büyük olduğu konusunda net bir fikir birliği yoktur (Adibelli et al., 2011; Barghouth et al., 2002; Fernández et al., 2000; Park et al., 2010). Sfenoid sinüs boyutunda eşeyssel dimorfizmin var olup olmadığı konusunda da net bir fikir birliği yoktur; bazı makaleler erkeklerde sinüslerin daha büyük olduğunu gösterirken diğerleri hiçbir fark göstermemiştir (Adibelli et al., 2011; Barghouth et al., 2002; Karakas & Kavaklı, 2005; Park et al., 2010).

Etmoid Sinüs

Etmoidal hücreler, orbita ve nazal kavite arasında yer alan, ince kemik duvarlarla ayrılmış çok sayıda hava hücresinden oluşan, dörtgen şeklinde, labirent benzeri bir yapıdır. Lateral olarak lamina papyracea, superiorda fovea ethmoidalis, posteriorda sfenoid gövdesi ve anteriorda lakrimal ve frontal kemiklerle sınırlanmıştır (Ogle et al., 2012). Bu hücreler, bazal lamella tarafından anterior ve posterior etmoidal hücreler olmak üzere iki gruba ayrılır. Anterior

etmoidal hücreler orta meatusa drene olur ve frontal reses, etmoidal infundibulum veya etmoidal bulla bölgesi ile ilişkili hücreler olarak daha da alt bölümlere ayrılabilir (J. P. Schaeffer, 1920). Posterior etmoidal hücreler superior veya suprema meatusa boşalır ve bunlar genellikle daha büyük ve sayıca daha azdır (Terrier, Weber, Ruefenacht, & Porcellini, 1985). Etmoidal alanın ötesine uzanan etmoidal hücrelere ektramural hücreler denir (Weiglein, Anderhuber, & Wolf, 1992). Agger nasi hücresi, anterior etmoid hücrelerin en anteriorda olanıdır. (Wormald et al., 2016) Orta konkanın lateral duvara bağlandığı yerin anteriorunda ve superiorunda bulunur. Agger nasi hücresinin posterior duvarı, frontal resesin anterior duvarını oluşturur. Etmoid bulla, infundibulumun üzerindeki anterior etmoid hücrelerin en büyüğüdür. Anterior etmoid arter, bu hücrenin çatısı üzerinde seyreder. (Cappello, Minutello, & Dublin, 2023) Etmoid sinüsler, cerrahi planlama için çok sayıda anatomik landmark bulunan burnun merkezi yapılarıdır. Etmoid sinüsün lateral duvarı veya lamina papyracea, orbitanın medial duvarı için sınır oluşturmaktadır. Etmoid sinüsün orta hat tepe noktası, anterior kranial fossadan gelen krista galli ve superior nazal septumdan gelen etmoidin perpendiküler laminası tarafından oluşturulur. Etmoid sinüsün tavanı, ince kemik olan medial kribriform plakadan ve daha kalın bir kemik olan lateral etmoid tavanından oluşmaktadır (Leung, Walsh, & Kern, 2014).

Etmoid hava hücrelerine kan desteği, oftalmik arterden dallanan etmoidal arterler aracılığıyla sağlanır. Anterior etmoidal arter, anterior lakrimal krestin 24 mm arkasındaki anterior etmoid foramene girer ve anterior etmoid hava hücrelerini besler. Posterior

etmoidal arter, anterior lakrimal tepeciğın 36 mm arkasındaki posterior etmoid foramene girer ve posterior etmoid hava hücrelerini besler. Venöz drenaj, arterlere eşlik eden ve superior oftalmik vene veya pterygopalatın pleksusa giden adı geçen venler aracılığıyla sağlanır. Anterior etmoid hücrelerden lenfatik drenaj, submandibular dğğümler aracılığıyla ve posterior etmoid hücreler, retrofaringeal dğğümler aracılığıyla drene olur. İnnervasyonu, oftalmik sinirin (V1) anterior ve posterior etmoid sinirleri ve maksiller sinirin (V 2) posterior nazal dalı aracılığıyla sağlanır (Ogle et al., 2012).

Etmoidal Hücrelerin Gelişimi

Primordial etmoidal bulla, orta meatusun lateral duvarında kıkırdak bir çıkıntı olarak gebeliğın 12. haftasında gelişir. Etmoidal bulla daha sonra gebeliğın 22 haftasından itibaren görülebilen anterior etmoidal hücrelerin köken aldığı yer olarak işlev görür (R.-G. Wang & Jiang, 1997). Dışarı çıkan burun epitelinin proliferasyonu, 7. ayda gelişmekte olan sinüsü doldurur (Monteiro & Dias, 1997). Posterior etmoidal hücreler, fetal yaşamın 16. ve 20. haftaları arasında etmoidal infundibulumun posterior yönünden gelişmeye başlar (Zalzal et al., 2018). Etmoidal hücrelerin boyutu ve sayısında önemli farklılıklar vardır; kadavra çalışmalarında her bireyde ortalama dokuz olmak üzere 3 ila 20 hücre kaydedilmiştir (J. Schaeffer, 1936; O. Van Alyea, 1939). Doğumda, bir bireyin sahip olacağı etmoidal hücreler, aralarında bağ dokusu bulunan küçük, az gelişmiş hava hücreleri olarak bulunur (Weiglein et al., 1992; Zeifer, 2000). Bilgisayarlı tomografi görüntülemesinde anterior etmoidal hücreler genellikle iyi havalanmış görünürken, posterior hava hücreleri muhtemelen sıvı dolu veya az gelişmiş olarak radyoopak

kalır (Scuderi et al., 1993). Sinüsün ne zaman tamamen havalandığı belirsizdir ve opaklaşmış etmoidal hücreler çocukluk boyunca nispeten yaygındır (Diamant et al., 1987).

Etmoidal Hücrelerin Boyutu ve Büyümesi

Etmoidal hücrelerin boyutları ve hacimleri bir dizi görüntüleme yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Ancak, ekstramural hücrelerin dahil edilip edilmemesi gibi yöntemlerin genellikle belirsiz açıklamaları nedeniyle yorumlama yapmak zordur (Fernández et al., 2000; Spaeth, Krügelstein, & Schlöndorff, 1997). Ekstramural hücreleri içeren bir çalışma, 0 ila 3 aylıkken $26,2 \times 6,7 \times 6,1$ mm, 15-18 yaşlarında $55,2 \times 21,9 \times 16,4$ mm'ye ulaşan sinüs boyutları olduğunu göstermiştir (Adibelli et al., 2011). Başka bir çalışmada, 0 yaşında ortalama hacmin $0,409 \text{ cm}^3$ olduğu, bunun 25 yaşına gelindiğinde $4,462 \text{ cm}^3$ 'e çıktığı bulunmuştur (Park et al., 2010). Etmoid sinüsün sol-sağ asimetrisi bildirilmemiştir ancak kadınlarda etmoid hücreler erkeklere kıyasla %5-10 daha küçük olma eğilimindedir (Fernández et al., 2000; C. O. Rennie et al., 2017; Spaeth et al., 1997)

Etmoidal hücreler paranazal sinüslerin tam olarak gelişen ilk hücreleridir; anterior etmoidal hücreler posterior etmoidal hücrelere göre gelişimini daha erken tamamlar (Park et al., 2010). Çoğu çalışma, bunların yaklaşık 12 yaşında yetişkin boyutlarına ulaştığını bildirirken, diğer çalışmalar büyümenin 15 veya 18 yaşına kadar devam ettiğini bildirmektedir (Fernández et al., 2000; Park et al., 2010; C. O. Rennie et al., 2017; Shah et al., 2003; Spaeth et al., 1997; Weiglein et al., 1992).

Sonuç

Paranasal sinüsler maksiller, frontal, sfenoid ve etmoid sinüsten oluşmaktadır. Her bir sinüsün gelişiminin başlaması ve gelişimini tamamlaması farklı zamanlarda olmaktadır. Ayrıca sinüslerin hacimleri ve pnömatizasyonları yaşa bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.

Kaynakça

Adewale, L. (2009). Anatomy and assessment of the pediatric airway. *Pediatric Anesthesia*, 19, 1-8.

Adibelli, Z. H., Songu, M., & Adibelli, H. (2011). Paranasal sinus development in children: A magnetic resonance imaging analysis. *American journal of rhinology & allergy*, 25(1), 30-35.

Al-Bar, M. H., Lieberman, S. M., & Casiano, R. R. (2015). Surgical anatomy of the nose and paranasal sinuses. *Pediatric and Adult SinoNasal Disorders*, 1-25.

Amin, M. F., & Hassan, E. I. (2012). Sex identification in Egyptian population using Multidetector Computed Tomography of the maxillary sinus. *Journal of forensic and legal medicine*, 19(2), 65-69.

Anon, J. B., Rontal, M., Zinreich, S. J., Thumfart, W. F., & Vidic, B. (1996). Anatomy of the paranasal sinuses. (*No Title*).

Anusha, B., Baharudin, A., Philip, R., Harvinder, S., & Shaffie, B. M. (2014). Anatomical variations of the sphenoid sinus and its adjacent structures: a review of existing literature. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 36, 419-427.

Bandovic, I., Holme, M. R., Black, A. C., & Futterman, B. (2024). Anatomy, bone markings. In *StatPearls [Internet]*: StatPearls Publishing.

Barghouth, G., Prior, J., Lepori, D., Duvoisin, B., Schnyder, P., & Gudinchet, F. (2002). Paranasal sinuses in children: size evaluation of maxillary, sphenoid, and frontal sinuses by magnetic

resonance imaging and proposal of volume index percentile curves. *European radiology*, 12, 1451-1458.

Bhushan, B., Rychlik, K., & Schroeder Jr, J. W. (2016). Development of the maxillary sinus in infants and children. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 91, 146-151.

Bingham, B., Wang, R. G., Hawke, M., & Kwok, P. (1991). The embryonic development of the lateral nasal wall from 8 to 24 weeks. *The Laryngoscope*, 101(9), 992-997.

Bolger, W. E., Parsons, D. S., & Butzin, C. A. (1991). Paranasal sinus bony anatomic variations and mucosal abnormalities: CT analysis for endoscopic sinus surgery. *The Laryngoscope*, 101(1), 56-64.

Cappello, Z. J., Minutello, K., & Dublin, A. B. (2023). *Anatomy, Head and Neck, Nose Paranasal Sinuses*: StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).

Cashman, E. C., MacMahon, P. J., & Smyth, D. (2011). Computed tomography scans of paranasal sinuses before functional endoscopic sinus surgery. *World journal of radiology*, 3(8), 199.

Davis, W. B. (1918). LV. Anatomy of the nasal accessory sinuses in infancy and childhood. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 27(3), 940-967.

Diamant, M. J., Senac Jr, M. O., Gilsanz, V., Baker, S., Gillespie, T., & Larsson, S. (1987). Prevalence of incidental paranasal sinuses opacification in pediatric patients: a CT study. *Journal of computer assisted tomography*, 11(3), 426-431.

Duque, C. S., & Casiano, R. R. (2005). Surgical anatomy and embryology of the frontal sinus. In *The frontal sinus* (pp. 21-31): Springer.

Fernandes, C. L. (2004). Forensic ethnic identification of crania: the role of the maxillary sinus—a new approach. *The American journal of forensic medicine and pathology*, 25(4), 302-313.

Fernández, J. S., Escuredo, J. A., Del Rey, A. S., & Montoya, F. S. (2000). Morphometric study of the paranasal sinuses in normal and pathological conditions. *Acta oto-laryngologica*, 120(2), 273-278.

Flanagan, D. (2005). Arterial supply of maxillary sinus and potential for bleeding complication during lateral approach sinus elevation. *Implant Dentistry*, 14(4), 336-339.

Friedman, M., Bliznikas, D., Vidyasagar, R., & Landsberg, R. (2004). Frontal sinus surgery 2004: Update of clinical anatomy and surgical techniques. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 15(1), 23-31.

Fujioka, M., & Young, L. W. (1978). The sphenoidal sinuses: radiographic patterns of normal development and abnormal findings in infants and children. *Radiology*, 129(1), 133-136.

Gershwin, M. E., & Incaudo, G. (2012). *Diseases of the sinuses: a comprehensive textbook of diagnosis and treatment*: Springer Science & Business Media.

Glasier, C. M., Mallory Jr, G. B., & Steele, R. W. (1989). Significance of opacification of the maxillary and ethmoid sinuses in infants. *The Journal of pediatrics*, 114(1), 45-50.

Hacl, A., Costa, A. L. F., Oliveira, J. M., Tucunduva, M. J., Girondi, J. R., & Nahás-Scocate, A. C. R. (2017). Three-dimensional volumetric analysis of frontal sinus using medical software. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 11, 1-5.

Hammer, G., & Rådberg, C. (1961). The sphenoidal sinus: an anatomical and roentgenologic study with reference to transsphenoid hypophysectomy. *Acta Radiologica*(6), 401-422.

Henson, B., Drake, T. M., & Edens, M. A. (2023). *Anatomy, Head and Neck, Nose Sinuses*: StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).

Ikeda, A., Ikeda, M., & Komatsuzaki, A. (1998). A CT study of the course of growth of the maxillary sinus: normal subjects and subjects with chronic sinusitis. *ORL*, 60(3), 147-152.

Iwanaga, J., Wilson, C., Lachkar, S., Tomaszewski, K. A., Walocha, J. A., & Tubbs, R. S. (2019). Clinical anatomy of the maxillary sinus: application to sinus floor augmentation. *Anatomy & cell biology*, 52(1), 17-24.

Jun, B.-C., Song, S.-W., Park, C.-S., Lee, D.-H., Cho, K.-J., & Cho, J.-H. (2005). The analysis of maxillary sinus aeration according to aging process; volume assessment by 3-dimensional reconstruction by high-resolucional CT scanning. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, 132(3), 429-434.

Kanat, A., Yazar, U., Ozdemir, B., Coskun, Z. O., & Erdivanli, O. (2015). Frontal sinus asymmetry: Is it an effect of cranial asymmetry? X-ray analysis of 469 normal adult human frontal sinus. *Journal of neurosciences in rural practice*, 6(4), 511.

Karakas, S., & Kavaklı, A. (2005). Morphometric examination of the paranasal sinuses and mastoid air cells using computed tomography. *Annals of Saudi medicine*, 25(1), 41-45.

Kim, D. I., Lee, U. Y., Park, S. O., Kwak, D. S., & Han, S. H. (2013). Identification using frontal sinus by three-dimensional reconstruction from computed tomography. *Journal of forensic sciences*, 58(1), 5-12.

Kqiku, L., Weiglein, R., Weiglein, A. H., Kqiku, X., & Städtler, P. (2013). Arterial blood architecture of the maxillary sinus in dentate specimens. *Croatian medical journal*, 54(2), 180-184.

Kubal, W. S. (1998). Sinonasal anatomy. *Neuroimaging Clinics of North America*, 8(1), 143-156.

Lee, S., Fernandez, J., Mirjalili, S. A., & Kirkpatrick, J. (2022). Pediatric paranasal sinuses—Development, growth, pathology, & functional endoscopic sinus surgery. *Clinical Anatomy*, 35(6), 745-761.

Lee, S., Fernandez, J. W., Mahadevan, M., Tarr, G., & Mirjalili, A. (2020). Using 3D-reconstruction to analyse typical growth trends of the maxillary sinus in children. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 138, 110334.

Leung, R. M., Walsh, W. E., & Kern, R. C. (2014). Sinonasal anatomy and physiology. In *Bailey's Head and Neck Surgery: Otolaryngology* (pp. 359-370): Wolters Kluwer Health.

Lorkiewicz-Muszyńska, D., Kociemba, W., Rewekant, A., Sroka, A., Jończyk-Potoczna, K., Patelska-Banaszewska, M., & Przysańska, A. (2015). Development of the maxillary sinus from birth to age 18. Postnatal growth pattern. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 79(9), 1393-1400.

Lund, V. J., Stammberger, H., Fokkens, W. J., Beale, T., Bernal-Sprekelsen, M., Eloy, P., . . . Herman, P. (2014). European position paper on the anatomical terminology of the internal nose and paranasal sinuses. *Rhinology. Supplement*, 24, 1-34.

Marciniak, R., & Nizankowski, C. (1959). Metopism and its correlation with the development of the frontal sinuses. *Acta Radiologica*, 51(5), 343-352.

MARESH, M. M., & WASHBURN, A. H. (1940). Paranasal sinuses from birth to late adolescence: II. Clinical and roentgenographic evidence of infection. *American journal of diseases of children*, 60(4), 841-861.

McLaughlin, R. B., Rehl, R. M., & Lanza, D. C. (2001). Clinically relevant frontal sinus anatomy and physiology. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 34(1), 1-22.

Monteiro, V. J., & Dias, M. P. (1997). Morphogenic mechanisms in the development of ethmoidal sinuses. *The Anatomical Record: An Official Publication of the American Association of Anatomists*, 249(1), 96-102.

Moore, K., & Ross, A. (2017). Frontal Sinus Development and Juvenile Age Estimation. *Anat Rec (Hoboken)*, 300(9), 1609-1617. doi:10.1002/ar.23614

Ogle, O. E., Weinstock, R. J., & Friedman, E. (2012). Surgical anatomy of the nasal cavity and paranasal sinuses. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 24(2), 155-166.

Ozcan, U. A., Yildiz, M. E., Ulus, S., Turk, A., Erzen, C., & Canter, H. I. (2014). Magnetic resonance imaging evaluation of fetal maxillary sinuses. *Journal of Craniofacial Surgery*, 25(2), 363-366.

Özer, C. M., Atalar, K., Öz, I. I., Toprak, S., & Barut, Ç. (2018). Sphenoid sinus in relation to age, gender, and cephalometric indices. *Journal of Craniofacial Surgery*, 29(8), 2319-2326.

Parikh, S. R., & Brown, S. M. (2004). Image-guided frontal sinus surgery in children. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 15(1), 37-41.

Park, I.-H., Song, J. S., Choi, H., Kim, T. H., Hoon, S., Lee, S. H., & Lee, H.-M. (2010). Volumetric study in the development of paranasal sinuses by CT imaging in Asian: a pilot study. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 74(12), 1347-1350.

Patel, C. R., Fernandez-Miranda, J. C., Wang, W.-H., & Wang, E. W. (2016). Skull base anatomy. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 49(1), 9-20.

Rennie, C., Haffajee, M. R., & Satyapal, K. S. (2017a). The Morphology of the Sphenoid Air Sinus from Childhood to Early

Adulthood (1 to 25 years) Utilizing 3D Reconstructed Images. *International Journal of Morphology*, 35(4).

Rennie, C., Haffajee, M. R., & Satyapal, K. S. (2017b). Shape, Septa and Scalping of the Maxillary Sinus. *International Journal of Morphology*, 35(3).

Rennie, C. O., Haffajee, M. R., & Satyapal, K. S. (2017). Development of the paranasal air sinuses in a South African Population utilising three dimensional (3D) reconstructed models. *European Journal of anatomy*, 21(3), 197-209.

Schaeffer, J. (1936). The clinical anatomy and development of the paranasal sinuses. *Pa Med*, 39, 395-404.

Schaeffer, J. P. (1920). *The nose, paranasal sinuses, nasolacrimal passageways, and olfactory organ in man: a genetic, developmental, and anatomico-physiological consideration*: Blakiston's Son & Company.

Scuderi, A. J., Harnsberger, H. R., & Boyer, R. S. (1993). Pneumatization of the paranasal sinuses: normal features of importance to the accurate interpretation of CT scans and MR images. *AJR. American journal of roentgenology*, 160(5), 1101-1104.

Shah, R. K., Dhingra, J. K., Carter, B. L., & Rebeiz, E. E. (2003). Paranasal sinus development: a radiographic study. *The Laryngoscope*, 113(2), 205-209.

Spaeth, J., Krügelstein, U., & Schlöndorff, G. (1997). The paranasal sinuses in CT-imaging: development from birth to age 25.

International journal of pediatric otorhinolaryngology, 39(1), 25-40.

Štoković, N., Trkulja, V., Dumić-Čule, I., Čuković-Bagić, I., Lauc, T., Vukičević, S., & Grgurević, L. (2016). Sphenoid sinus types, dimensions and relationship with surrounding structures. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 203, 69-76.

Tatlisumak, E., Asirdizer, M., Bora, A., Hekimoglu, Y., Etili, Y., Gumus, O., & Keskin, S. (2017). The effects of gender and age on forensic personal identification from frontal sinus in a Turkish population. *Saudi medical journal*, 38(1), 41.

Terrier, F., Weber, W., Ruefenacht, D., & Porcellini, B. (1985). Anatomy of the ethmoid: CT, endoscopic, and macroscopic. *American journal of roentgenology*, 144(3), 493-500.

Van Alyea, O. (1939). Ethmoid labyrinth: anatomic study, with consideration of the clinical significance of its structural characteristics. *Archives of Otolaryngology*, 29(6), 881-902.

Van Alyea, O. E. (1941). Sphenoid sinus: anatomic study, with consideration of the clinical significance of the structural characteristics of the sphenoid sinus. *Archives of Otolaryngology*, 34(2), 225-253.

Vidic, B., & STOM, d. (1968). The postnatal development of the sphenoidal sinus and its spread into the dorsum sellae and posterior clinoid processes. *American journal of roentgenology*, 104(1), 177-183.

Wang, J., Bidari, S., Inoue, K., Yang, H., & Rhoton Jr, A. (2010). Extensions of the sphenoid sinus: a new classification. *Neurosurgery*, 66(4), 797-816.

Wang, R.-G., & Jiang, S.-C. (1997). The embryonic development of the human ethmoid labyrinth from 8-40 weeks. *Acta oto-laryngologica*, 117(1), 118-122.

WASSON, W. W. (1933). Changes in the nasal accessory sinuses after birth. *Archives of Otolaryngology*, 17(2), 197-211.

Weiglein, A., Anderhuber, W., & Wolf, G. (1992). Radiologic anatomy of the paranasal sinuses in the child. *Surgical and radiologic anatomy: SRA*, 14(4), 335-339.

Wormald, P. J., Hoseman, W., Callejas, C., Weber, R. K., Kennedy, D. W., Citardi, M. J., . . . Orlandi, R. R. (2016). *The international frontal sinus anatomy classification (IFAC) and classification of the extent of endoscopic frontal sinus surgery (EFSS)*. Paper presented at the International forum of allergy & rhinology.

Yun, I. S., Kim, Y. O., Lee, S.-K., & Rah, D. K. (2011). Three-dimensional computed tomographic analysis of frontal sinus in Asians. *Journal of Craniofacial Surgery*, 22(2), 462-467.

Zalzal, H. G., O'Brien, D. C., & Zalzal, G. H. (2018). Pediatric anatomy: nose and sinus. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 29(2), 44-50.

Zeifer, B. (2000). Pediatric sinonasal imaging: normal anatomy and inflammatory disease. *Neuroimaging Clinics of North America*, 10(1), 137-159, ix.

BÖLÜM V

Cone- Beam Computed Tomography In The Assessment Of Temporomandibular Joint Disorders

Ali OCAK¹

Introduction

The temporomandibular joint (TMJ) is a complex anatomical structure that has a crucial role in masticatory function and is susceptible to various disorders. (Larheim et al., 2015) Temporomandibular joint disorders (TMD) represent a category of musculoskeletal conditions that are recognized as a primary source of orofacial pain not related with dental origins. (Shahidi et al., 2018) These disorders rank as the second most common musculoskeletal pain condition, after low back pain. (Velly et al., 2013) The reported prevalence of TMD varies greatly, with estimates ranging from 16.3% to 68% among adolescents and reaching up to 43% in the general adult population. (Adern et al., 2014; Sena et al., 2013)

TMD has multifactorial etiology, with existing research indicating associations with anxiety and depression, parafunctional

¹ Assistant Professor., Erzincan Binali Yıldırım University Faculty of Dentistry Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Erzincan, TÜRKİYE Orcid: 0000-0001-5258-7200, ali.ocak@erzincan.edu.tr

oral habits, socioeconomic factors and genetic predispositions. (Blanco Aguilera et al., 2014; Ferendiuk,Zajdel & Pihut, 2014) Notably, the incidence of TMD is excessively higher in women, likely due to a combination of behavioral, hormonal, anatomical and psychosocial factors. (Mazzetto et al., 2014) Clinically, TMD is characterized by a spectrum of signs and symptoms directly associated with the TMJ. These include pain or tenderness localized to the TMJ and preauricular regions, restricted mouth opening and sounds coming from TMJ during jaw movements. (Lee et al., 2013) Additionally, patients may mention less common symptoms such as tinnitus, depression, otolaryngological manifestations (including hearing impairments, ear plugging sensations and earaches), dysphagia and vertigo. (Ferendiuk,Zajdel & Pihut, 2014; Weber et al., 2013) Diagnostic radiology is an essential part of effective and efficient management of patients with temporomandibular disorders.

Imaging Modalities in TMD Assessment

Historically, various imaging modalities have been utilized and continued to visualize the TMJ, including conventional radiography, magnetic resonance imaging (MRI) and computed tomography (CT). Each of these modalities has its strengths and weaknesses. Conventional radiographs, such as panoramic and transcranial views, provide limited visualization of the TMJ structures due to superimposition and low sensitivity to bony changes. (Hussain et al., 2008; Marques et al., 2010) MRI is advantageous for soft tissue evaluation but may struggle with spatial resolution and interpretation due to the proximity of surrounding anatomical structures. (Alkhader et al., 2010) CT has been recognized for its superior ability to depict osseous abnormalities within the TMJ. However, its high radiation dose and cost have limited its use primarily to hospital settings. (Krishnamoorthy,Mamatha & Kumar, 2013) In contrast, CBCT has emerged as a important alternative in the imaging of the dentomaxillofacial region, particularly for TMJ evaluation, due to its relatively low radiation dose and high spatial resolution.

(Scarfe, Farman & Sukovic, 2006)

Cone Beam Computed Tomography

Cone-beam computed tomography (CBCT) represents an advanced imaging modality that was initially developed for angiographic applications in the 1980s, with the introduction of the first dental and maxillofacial units occurring in the late 1990s and early 2000s. Unlike from other extraoral dental imaging techniques, such as cephalometric and panoramic radiography, CBCT is characterized by its capacity to acquire volumetric data, thereby facilitating three-dimensional (3D) radiographic imaging for the assessment of anatomical and pathological changes within the dental and maxillofacial regions. This imaging technology employs a volumetric image-capture methodology that generates a comprehensive data set, from which digital images can be presented and reformatted for analysis on a monitor. The display of these visuals should be customized and dynamic, adhering to task-specific display protocols. Furthermore, various software applications enhance the utility of this volumetric data set, thus supporting treatment planning, image-guided surgical and operative procedures, as well as additive manufacturing. (Mallya, 2018)

In recent years, there has been an important increase in the utilization of CBCT for the diagnosis and visualization of the head and neck disorders, particularly within the context of dento-maxillofacial pathology. CBCT in dental and maxillofacial radiology has greatly contributed to the imaging of TMJ disorders, providing detailed information about osseous abnormalities and increasing diagnostic accuracy for physicians. (**Figure 1, 2 and 3**)

The diagnostic capabilities of CBCT specifically for TMJ imaging have been extensively studied. Early investigations demonstrated that CBCT could provide reliable linear measurements of TMJ dimensions, establishing its accuracy in evaluating bone structures. (Hilgers et al., 2005) Subsequent studies have confirmed CBCT's sensitivity in detecting erosive changes, with sensitivity rates ranging from 72.9% to 87.5% for detecting condylar osseous

defects. (Marques et al., 2010; Patel et al., 2014) Notably, the sensitivity of CBCT is influenced by the size of the defects, with smaller defects (less than 2 mm) becoming more difficult to detect. (Patel et al., 2014)

Despite its advantages, CBCT is not without disadvantages. One significant negative side is the potential for beam hardening artifacts, particularly in patients with metallic restorations, which can decrease image quality. (Krishnamoorthy, Mamatha & Kumar, 2013) Additionally, movement artifacts can occur during the imaging process, leading to diagnostic difficulties. While CBCT has abilities in visualizing bony structures, its capability to assess soft tissue remains limited, raising questions about its utility in diagnosing TMJ disc disorders. (Marques et al., 2010) Another concern is the lack of standardized protocols for measuring radiation dose in CBCT, which may lead to changes in patient exposure. (Miracle & Mukherji, 2009) Furthermore, there is an ongoing debate regarding the clinical significance of the findings observed on CBCT images, particularly in relation to the correlation between radiographic changes and clinical symptoms in patients with TMJ osteoarthritis. (Palconet et al., 2012) CBCT imaging provides extensive information regarding osseous changes, such as osteophytes, erosions, flattening, subchondral bone sclerosis, ankylosis and pseudocysts. (dos Anjos Pontual et al., 2012) The TMJ is frequently implicated in patients exhibiting multiple maxillofacial fractures, wherein neither medical CT nor conventional dental radiography fully addresses the diagnostic challenges encountered. CBCT proficiently addresses such challenges by providing sufficient detail regarding the nature, extent, and relation of fractures to vital anatomical structures. (Dhabale & Bhowate, 2022; Palomo & Palomo, 2009)



Figure 1: CBCT image showing the TMJ with 3 dimensional (3D) reconstruction A. Right TMJ B. Left TMJ.

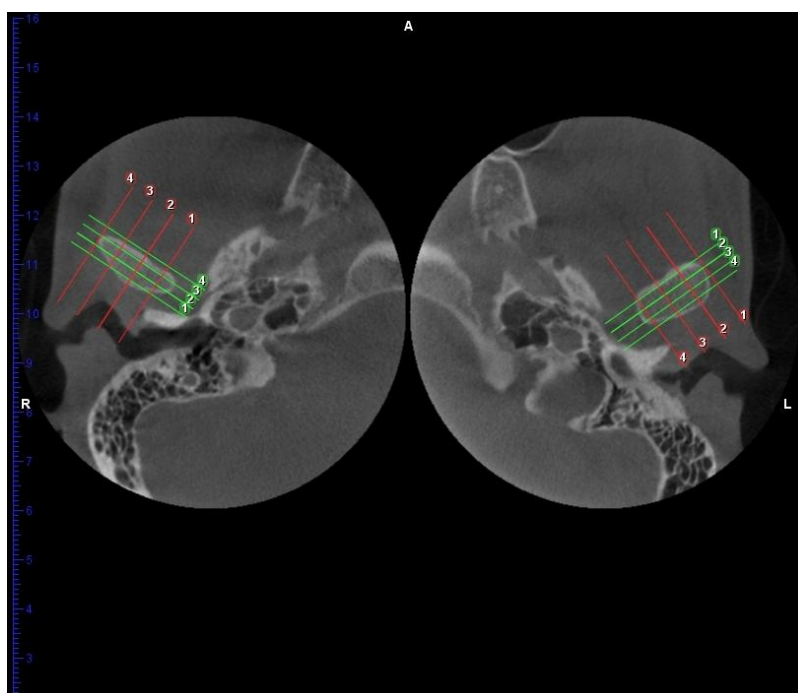


Figure 2: Axial section of the right and left TMJ as seen on a CBCT image.

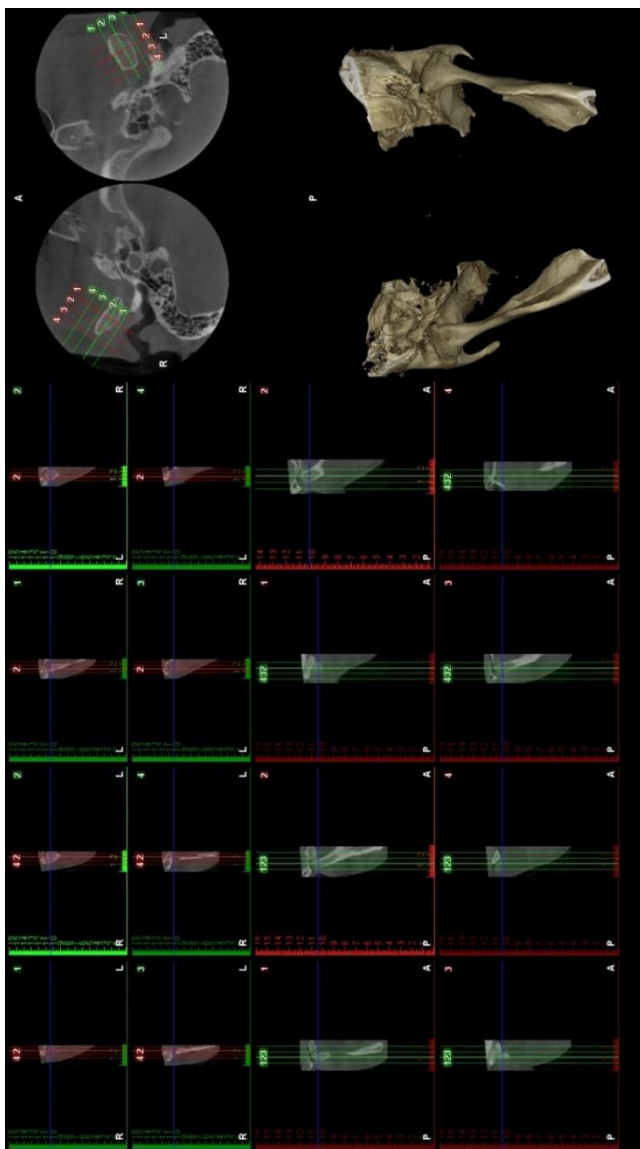


Figure 3: Axial and coronal sections and section lines of the right and left TMJ as seen on a CBCT image with (3D) reconstruction from bottom.

Osteoarthritis

Osteoarthritis (OA) is the most prevalent joint disorder affecting the TMJ. OA is characterized as an age-related, non-inflammatory condition that initiates with alterations in the bone, subsequently affecting the surrounding joint tissues and culminating in the degeneration of articular surfaces. (Berenbaum, 2013; Koç, 2020) Persistent or excessive mechanical forces can lead to progressive degeneration of the bony articular surfaces of the TMJ, which is reflected in radiographic manifestations of OA, including flattening of the condyle, osteophyte formation, loose bodies, erosion, reduced joint space, subcortical sclerosis and cysts. (Koç, 2020) Notably, remodeling of the TMJ may occur even in the absence of clinical symptoms or signs. The presence of significant osseous changes, along with clinical manifestations such as pain or dysfunction, signifies advanced stages of TMJ OA. (Barghan, Tetradis & Mallya, 2012) Several studies have highlighted the efficacy of CBCT in identifying radiographic signs of TMJ OA, such as osteophytes, erosions and subcortical sclerosis. (dos Anjos Pontual et al., 2012) For instance, a study involving 319 patients revealed a significant correlation between age and the prevalence of OA, with a higher incidence observed in females. (Nah, 2012)

Furthermore, CBCT findings have shown that the severity of OA correlates poorly with clinical symptoms, reinforcing the need for imaging to guide diagnosis and treatment decisions. (Palconet et al., 2012)

Juvenile Osteoarthritis

Juvenile osteoarthritis (JOA) presents unique challenges, as it affects a younger demographic and can lead to significant growth disturbances. Although radiographic studies on JOA are limited, existing literature indicates a higher prevalence in symptomatic patients compared to asymptomatic controls. (Cho & Jung, 2012) CBCT has been instrumental in assessing condylar morphology and positioning in young patients, revealing correlations between condylar position and disk displacement. (Ikeda & Kawamura, 2013)

The imaging modality's ability to provide low-dose exposure makes it particularly advantageous for pediatric patients, allowing for continuous monitoring of TMJ changes during growth.(Lei et al., 2013)

Inflammatory Arthritis/Rheumatoid Arthritis

Rheumatoid arthritis (RA), juvenile idiopathic arthritis, spondyloarthritis, ankylosing spondylitis, systemic lupus erythematosus, and Reiter's syndrome are systemic conditions known to induce inflammation of the synovial membrane. Among these, RA is the most prevalent form of inflammatory arthritis, commonly affecting periarticular structures such as the synovial membrane capsule, tendon sheaths and fibrous ligaments. (Helenius, 2005) When an inflammatory condition of the TMJ is suspected, CBCT imaging is employed to identify subtle osseous anomalies. Cortical erosion is typically observed in the anterior aspect of the condylar head or on the articular eminence. Additional manifestations visible on CBCT include subchondral sclerosis, alterations in the morphology of articulating surfaces, subchondral cyst formation, and the development of osteophytes. It is noteworthy that inflammatory arthritis exhibits non-specific radiographic characteristics that bear resemblance to osteoarthritis (OA).(Larheim et al., 2015)

Ankylosis

The limited mobility of the mandible constitutes a pivotal clinical manifestation of temporomandibular joint ankylosis. This condition may present as fibrous, fibro-osseous or bony ankylosis and is primarily characterized by its intracapsular localization, as opposed to extracapsular involvement. The predominant etiological factors associated with TMJ ankylosis include trauma, infectious processes, rheumatoid arthritis (RA), complications following surgical interventions, and fractures of the mandibular condyle. Cone beam computed tomography (CBCT) imaging has demonstrated significant analytic and therapeutic advantages in the

assessment of ankylosis, facilitating the evaluation of the extent of osseous unions. Radiological findings typically reveal either partial or complete obliteration of the TMJ joint space, along with osseous continuity between the condyle and both the temporal and zygomatic bone processes; this may occasionally be accompanied by amorphous atypical bone deposition. (Tang et al., 2017; YongLong et al., 2002) In cases of fibrous ankylosis, a range of TMJ movements remains possible due to the preservation of normal osseous components, although discrete calcifications, erosion of the condylar head, and remodeling of the condylar structure may occur. (Reardon, 2021; YongLong et al., 2002)

Trauma

Fractures of the TMJ predominantly occur at the neck of the condyle and are often associated with displacement of the condylar head. CBCT imaging allows for the visualization of fracture characteristics such as the location (intraarticular, extracapsular, or subcondylar), direction, and the extent of the fracture. A limited CBCT scan suffices for the evaluation of localized condylar fractures, while a full field of view (FOV) scan may be warranted to delineate the extent of injury to the condylar head. Multiplanar CBCT imaging is employed to investigate the entire maxillofacial skeleton in cases of extensive traumatic injury. (Valiati et al., 2008)

Synovial Chondromatosis

Synovial chondromatosis (SC) is characterized by chondrometaplasia within synovial joint tissue, predominantly affecting larger joints but manifesting infrequently in the TMJ. Secondary causes such as trauma, microtrauma, and degenerative arthritis have been proposed in relation to SC. CBCT imaging typically reveals multiple calcified loose bodies within the joint space, accompanied by widening of the joint space and irregularities or sclerosis of the glenoid fossa. Scans performed in the open-mouth position frequently allow for the assessment of the displacement of these loose calcified bodies and associated osseous changes

attributable to OA. (Jang et al., 2021; Pullinger & White, 1995)

Developmental abnormalities of the TMJ

Developmental abnormalities of the TMJ, such as condylar aplasia, hypoplasia, and hyperplasia, may present clinically as facial asymmetry. CBCT imaging provides three-dimensional data that can be instrumental in assessing the existence and severity of asymmetries in the maxilla and mandible. A narrow FOV CBCT scan may suffice for certain diagnostic evaluations, while a full FOV scan is typically necessary for comprehensive assessment of mandibular development and bilateral asymmetry. (Jaju & Jaju, 2014)

Conclusion

In summary, CBCT has emerged as a vital imaging modality for the assessment of TMJ disorders, particularly in diagnosing osseous abnormalities associated with conditions like osteoarthritis, developmental abnormalities juvenile osteoarthritis, and rheumatoid arthritis. Its diagnostic accuracy, cost-effectiveness, and lower radiation exposure make it a preferred choice in clinical settings. However, further research is essential to elucidate the impact of CBCT on clinical decision-making and patient outcomes, as well as to establish standardized protocols for its application in TMJ diagnostics.

References

Adern, B., Stenvinkel, C., Sahlqvist, L., & Tegelberg, A. (2014). Prevalence of temporomandibular dysfunction and pain in adult general practice patients. *Acta Odontol Scand*, 72(8), 585-590. doi:10.3109/00016357.2013.878390

Alkhader, M., Ohbayashi, N., Tetsumura, A., Nakamura, S., Okochi, K., Momin, M., & Kurabayashi, T. (2010). Diagnostic performance of magnetic resonance imaging for detecting osseous abnormalities of the temporomandibular joint and its correlation with cone beam computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 39(5), 270-276.

Barghan, S., Tetradis, S., & Mallya, S. (2012). Application of cone beam computed tomography for assessment of the temporomandibular joints. *Australian dental journal*, 57, 109-118.

Berenbaum, F. (2013). Osteoarthritis as an inflammatory disease (osteoarthritis is not osteoarthrosis!). *Osteoarthritis and cartilage*, 21(1), 16-21.

Blanco Aguilera, A., Gonzalez Lopez, L., Blanco Aguilera, E., De la Hoz Aizpurua, J. L., Rodriguez Torronteras, A., Segura Saint-Gerons, R., & Blanco Hungria, A. (2014). Relationship between self-reported sleep bruxism and pain in patients with temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil*, 41(8), 564-572. doi:10.1111/joor.12172

Cho, B.-H., & Jung, Y.-H. (2012). Osteoarthritic changes and condylar positioning of the temporomandibular joint in Korean children and adolescents. *Imaging science in dentistry*, 42(3), 169-174.

Dhabale, G. S., & Bhowate, R. R. (2022). Cone-beam computed tomography for temporomandibular joint imaging. *Cureus*, 14(11).

dos Anjos Pontual, M., Freire, J., Barbosa, J., Frazão, M., dos Anjos Pontual, A., & Fonseca da Silveira, M. (2012). Evaluation of bone changes in the temporomandibular joint using cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41(1), 24-29.

Ferendiuk, E., Zajdel, K., & Pihut, M. (2014). Incidence of

otolaryngological symptoms in patients with temporomandibular joint dysfunctions. *Biomed Res Int*, 2014, 824684. doi:10.1155/2014/824684

Helenius, L. M. J. (2005). *Oral and temporomandibular joint findings in rheumatic diseases*: Miia Helenius.

Hilgers, M. L., Scarfe, W. C., Scheetz, J. P., & Farman, A. G. (2005). Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 128(6), 803-811.

Hussain, A., Packota, G., Major, P., & Flores-Mir, C. (2008). Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 37(2), 63-71.

Ikeda, K., & Kawamura, A. (2013). Disc displacement and changes in condylar position. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(3), 84227642.

Jaju, P. P., & Jaju, S. P. (2014). Clinical utility of dental cone-beam computed tomography: current perspectives. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*, 29-43.

Jang, B., Huh, K., Kang, J., Kim, J., Yi, W., Heo, M., & Lee, S. (2021). Imaging features of synovial chondromatosis of the temporomandibular joint: a report of 34 cases. *Clinical Radiology*, 76(8), 627. e621-627. e611.

Koç, N. (2020). Evaluation of osteoarthritic changes in the temporomandibular joint and their correlations with age: A retrospective CBCT study. *Dental and medical problems*, 57.

Krishnamoorthy, B., Mamatha, N., & Kumar, V. A. (2013). TMJ imaging by CBCT: current scenario. *Annals of maxillofacial surgery*, 3(1), 80-83.

Larheim, T., Abrahamsson, A., Kristensen, M., & Arvidsson, L. (2015). Temporomandibular joint diagnostics using CBCT. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140235.

Lee, H. S., Baek, H. S., Song, D. S., Kim, H. C., Kim, H. G., Kim, B. J., . . . Kim, C. H. (2013). Effect of simultaneous therapy of

arthrocentesis and occlusal splints on temporomandibular disorders: anterior disc displacement without reduction. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*, 39(1), 14-20. doi:10.5125/jkaoms.2013.39.1.14

Lei, J., Liu, M.-Q., Yap, A. U. J., & Fu, K.-Y. (2013). Condylar subchondral formation of cortical bone in adolescents and young adults. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 51(1), 63-68.

Mallya, S. M. (2018). Beyond Three-Dimensional Imaging. *White and Pharoah's Oral Radiology: Principles and Interpretation*, 238.

Marques, A. P., Perrella, A., Arita, E. S., Pereira, M. F. S. d. M., & Cavalcanti, M. d. G. P. (2010). Assessment of simulated mandibular condyle bone lesions by cone beam computed tomography. *Brazilian Oral Research*, 24, 467-474.

Mazzetto, M. O., Rodrigues, C. A., Magri, L. V., Melchior, M. O., & Paiva, G. (2014). Severity of TMD related to age, sex and electromyographic analysis. *Brazilian dental journal*, 25, 54-58.

Miracle, A., & Mukherji, S. (2009). Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications. *American journal of neuroradiology*, 30(7), 1285-1292.

Nah, K. S. (2012). Condylar bony changes in patients with temporomandibular disorders: a CBCT study. *Imaging Sci Dent*, 42(4), 249-253. doi:10.5624/isd.2012.42.4.249

Palconet, G., Ludlow, J., Tyndall, D., & Lim, P. (2012). Correlating cone beam CT results with temporomandibular joint pain of osteoarthritic origin. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41(2), 126-130.

Palomo, L., & Palomo, J. M. (2009). Cone beam CT for diagnosis and treatment planning in trauma cases. *Dental Clinics*, 53(4), 717-727.

Patel, A., Tee, B. C., Fields, H., Jones, E., Chaudhry, J., & Sun, Z. (2014). Evaluation of cone-beam computed tomography in the diagnosis of simulated small osseous defects in the mandibular condyle. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 145(2), 143-156.

Pullinger, A. G., & White, S. C. (1995). Efficacy of TMJ radiographs in terms of expected versus actual findings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 79(3), 367-374. doi:10.1016/s1079-2104(05)80231-8

Reardon, G. T. (2021). Temporomandibular joints. *Interpretation Basics of Cone Beam Computed Tomography*, 183-207.

Scarfe, W. C., Farman, A. G., & Sukovic, P. (2006). Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal-Canadian Dental Association*, 72(1), 75.

Sena, M. F., Mesquita, K. S., Santos, F. R., Silva, F. W., & Serrano, K. V. (2013). Prevalence of temporomandibular dysfunction in children and adolescents. *Rev Paul Pediatr*, 31(4), 538-545. doi:10.1590/S0103-05822013000400018

Shahidi, S., Salehi, P., Abedi, P., Dehbozorgi, M., Hamedani, S., & Berahman, N. (2018). Comparison of the bony changes of TMJ in patients with and without TMD complaints using CBCT. *Journal of Dentistry*, 19(2), 142.

Tang, Y., Wang, X., Zhu, Y., Sun, H., & Zhu, M. (2017). A comparative evaluation of CBCT outcomes of two closed treatment methods in intracapsular condylar fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 123(5), e141-e147.

Valiati, R., Ibrahim, D., Abreu, M. E. R., Heitz, C., de OLIVEIRA, R. B., Pagnoncelli, R. M., & Silva, D. N. (2008). The treatment of condylar fractures: to open or not to open? A critical review of this controversy. *International journal of medical sciences*, 5(6), 313.

Velly, A. M., Schiffman, E. L., Rindal, D. B., Cunha-Cruz, J., Gilbert, G. H., Lehmann, M., . . . Friction, J. (2013). The feasibility of a clinical trial of pain related to temporomandibular muscle and joint disorders: the results of a survey from the Collaboration on Networked Dental and Oral Research dental practice-based research networks. *J Am Dent Assoc*, 144(1), e1-10. doi:10.14219/jada.archive.2013.0022

Weber, P., Correa, E. C., Bolzan Gde, P., Ferreira Fdos, S.,

Soares, J. C., & Silva, A. M. (2013). Chewing and swallowing in young women with temporomandibular disorder. *Codas*, 25(4), 375-380. doi:10.1590/s2317-17822013005000005

YongLong, H., Xiaoming, G., Xinhua, F., & Yilin, W. (2002). Modified coronoid process grafts combined with sagittal split osteotomy for treatment of bilateral temporomandibular joint ankylosis. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 60(1), 11-18.