

Derleme

Mersin Univ Sağlık Bilim Derg 2022;15(1):110-127

doi:10.26559/mersinsbd.903504

Temporomandibular eklem düzensizlikleri teşhisinde kullanılan görüntüleme yöntemleri

 Ayşe Canan Adam Erden ¹,  Duygu Karakış ¹

¹Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Temporomandibular eklem düzensizliği, çiğneme kasları ile eklem sert ve yumuşak dokularını etkileyen ve toplumda yaygın gözlenen bir hastalıktır. Teşhis karar verme sürecinde anamnez ve klinik muayene yanında radyolojik değerlendirme de yapılır. Temporomandibular eklem görüntülenmesinde, sert ve yumuşak dokuların anatomik bütünlüğünün değerlendirildiği ya da metabolik değişimlerin incelendiği çeşitli görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır. Kullanılacak yöntem patolojiye uygunluk, radyasyon dozu, maliyet, yararlılık, ulaşılabilirlik gibi faktörlere göre seçilmelidir. Bu derlemede temporomandibular eklem yapılarının değerlendirilmesinde kullanılan direkt radyografi yöntemlerinden panoramik, transkraniyel, transfaringeal, transmaksiller, submentoverteks, transorbital, reverse towne, posterior-anterior radyografileri, lateral ve posteroanterior sefalometri, dijital substraksiyon radyografisi ile dijital floroskopi, konvansiyonel, bilgisayarlı ve konik ışıklı bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme, artrografi, ultrasonografi ve radyonüklid görüntüleme yöntemleri incelenmiştir. Yöntemlerin endikasyonları, avantaj ve dezavantajları özetlenmiş ve birbiri ile karşılaştırıldığı çalışmalardan bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Temporomandibular eklem rahatsızlığı, temporomandibular eklem görüntülenmesi, radyografi

Yazının geliş tarihi: 26.03.2021

Yazının kabul tarihi: 22.10.2021

Sorumlu Yazar: Ayşe Canan Adam Erden, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Tel: 05414573553, E-posta: cananadam@gmail.com

Not: Ayşe Canan Adam Erden 100/2000 YÖK bursiyeridir.

Imaging methods used in the diagnosis of temporomandibular joint disorders

Abstract

The temporomandibular joint disorder is a common disease affecting the masticatory muscles and the hard and soft tissues of the joint. The decision-making process of diagnosis, anamnesis and clinical examination should be followed by the radiological evaluation. Various imaging methods are used to evaluate the anatomical integrity of hard and soft tissues or examine the metabolic changes in temporomandibular joint imaging. The method to be utilized should be selected according to factors such as suitability to the pathology, radiation dosage, cost, usefulness, and availability. In this review, direct radiography, panoramic, transcranial, transpharyngeal, transmaxillar, submentovertex, transorbital, reverse towne, posterior-anterior radiograph, lateral and posteroanterior cephalometry, digital subtraction radiography and digital fluoroscopy, conventional, computerized and cone-beam computed tomography, magnetic resonance imaging, arthrography, ultrasonography and radionuclide imaging methods used in the evaluation of temporomandibular joint structures are examined. The indications, advantages and disadvantages of the methods were summarized and the studies comparing the methods with each other were mentioned.

Keywords: Temporomandibular disorders, temporomandibular joint imaging, radiography

Giriş

Temporomandibular eklem (TME) çiğneme, konuşma, yutkunma fonksiyonlarında görevi olan, kafatasına mandibula ile bilateral bağlantı yapan karmaşık yapıda bir eklemdir. Çiğneme kaslarının fonksiyonları ile hareket eden TME menteşe ve kayma hareketlerini yapmaktadır. Temporal kemiğin squamoz parçası ve mandibular kondil, eklem sert doku yapılarıdır. Yoğun fibröz bağ dokusundan oluşan bikonkav yapıdaki artiküler disk, sert dokular arasındaki uyumu sağlamaktadır. Eklem diski daha kalın olan ön ve arka bant ile daha ince olan orta bölgeden oluşur ve arkada yüksek derecede vaskülarize ve innerve retrodiskal dokuya, önde kapsüller ligament ataşmanları arasında süperior lateral pterygoid kas liflerine tutunur. Artiküler disk kapsüller ligament bağlantısıyla eklem boşluğunu alt ve üst eklem kavitelerine ayırmaktadır. Eklem kaviteleri, eklem metabolik ürünleri sağlayan ve kemiksel yapıların sürtünmesini önleyen sinovyal sıvı ile doludur.

TME yapısındaki bozulma, eklemde ve/veya çiğneme kaslarında ağrı, çene hareketlerinde kısıtlanma ve eklemde ses belirtileri ile kendini gösterir. Etiyolojisi çok

faktörlü olmakla birlikte mevcut belirtiler kimi zaman düzensizlikler ile ilgili sınırlı bilgi sağlar.¹ Hastanın anamnezinin ve klinik bulgularının radyolojik inceleme ile desteklenmesi teşhis ve tedavi planına katkı sağlamaktadır (Tablo 1). 1992 yılında Samuel F. Dworkin ve Linda Le Reche başkanlığında hazırlanmış olan RDC/TMD (Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders) Kriterleri ile standardizasyon sağlanarak TME değerlendirilmesi yapılır. Bu forma göre demografik bilgiler, ağrı, eklem sesleri, çenenin kapalı veya açık kilitlenmesi kaydedilir. Klinik muayenede; son 30 gün içerisinde hissedilen ağrı varlığı, overjet ve overbite miktarı, çene açma miktarı, açma şekli, maksimum açma, maksimum lateral ve protrusiv gezinme miktarları, eklem sesleri, eklem kilitlenmesi kaydedilir. Kas muayenesi yapıp kaydedilir.²

Klinisyenin performansının değişkenliği ve semptomların yorumlanmasındaki farklılıklar nedeniyle radyografik değerlendirme daha bir önem kazanmaktadır.³ Eklemde herhangi bir semptom mevcutsa veya bir patolojiden şüpheleniliyorsa teşhis mutlaka radyografik görüntüleme ile doğrulanmalıdır.²

Görüntüleme yöntemleri

TME görüntülenmesi için farklı avantaj ve dezavantaja sahip birçok görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır (Tablo 2). Görüntüleme yöntemleri TME anatomisinin, kondil ve glenoid fossanın morfolojik değerlendirilmesinde ve TME'deki dejeneratif değişikliklerin incelenmesinde önemlidir.⁴

TME görüntülenmesi için direkt radyografiler, dijital substraksiyon radyografisi, dijital floroskopi, konvansiyonel ve bilgisayarlı tomografi, konik ışınli bilgisayarlı tomografi, ultrasonografi, artrografi, manyetik rezonans görüntüleme uygulanabilir. Bunun yanında, hücresel düzeydeki erken dönemde olan değişiklikleri saptamak amacıyla radyonüklid görüntüleme yöntemi de kullanılmaktadır.

Her görüntüleme yöntemi eklem yapılarını eşit derecede görüntüleyememektedir. Görüntüleme tekniğinin seçimi klinik muayeneden sonra yapılmalıdır.²

Direkt radyografiler

Direkt radyografiler sabit bir röntgen kaynağı ile eklem yalnızca mineralize dokularının görüntülediği, kıkırdak ve yumuşak dokuların görüntülenemediği yöntemlerdir. Süperpozisyonu engellemek için direkt radyografi yöntemlerinden en az iki yöntemin kullanılması gereklidir. Panoramik, transkraniyal, transfaringeal, transmaksiller, submentoverteks, reverse towne, transorbital, posterior-anterior, lateral sefalometrik, posteroanterior sefalometrik ve TME dördü radyografileri bu başlık altında değerlendirilir.⁵

Panoramik radyografi (orthopantomografi)

Orthopantomografi (OPG) yönteminde maksilla, mandibula, dişler, sinüs, orbital fossanın 2/3'ü ve TME tek bir filmde görüntülenir. Böylece orofasiyal bölgedeki ağrı kaynağının çok yönlü olarak incelenebilmesi sağlanır.⁶ Bu yöntem ile çok belirgin olan erozyon, skleroz ve osteofitlerin tespiti yapılabilmektedir.⁵ Literatürde kondil ve ramus yüksekliklerinin ölçülmesinde ve asimetri teşhisinde

kullanılmıştır.⁷ Ayrıca artiküler eminensin eğim derecesinin panoramik radyografi üzerinde ölçülmesi ve elde edilen değerlerin yarı ayarlanabilir artikülatörlere aktarımı ile kondil yolu eğimi tespit edilebilir.⁸

Bu yöntem temporomandibular eklem kemik yapılarını değerlendirmede uygun bir yöntem olsa da bazı kısıtlamaları vardır. X-ışını kondilin uzun eksenine paralel olmayan bir şekilde yansıyarak süperpozisyonlara ve boyutsal varyasyonlara neden olabilir. Maksimum ağız açıklığında alınan görüntüde artefakt oluşmazken hastada limitli açıklık varsa süperpozisyon olasılığı ortaya çıkar.¹ Süperpozisyon nedeniyle kondilin ancak lateral eğimi ve santral kesimi değerlendirilebilir.⁵ TME tomografi ile bütünüyle görüntülenebiliyorken OPG ile eklem fossasının %23'ü ve eklem tüberkülünün %6'sının görüntülenemediği belirtilmiştir.⁹

Çekim sırasında başın pozisyonlandırılması ve projeksiyon açısı görüntünün doğruluğunu etkileyecektir.¹⁰ Yapılan bir çalışmada, kondilin fossaya göre arka pozisyonda konumlanmasının disk deplasmanının dolaylı bir işareti olarak değerlendirilebileceği öne sürülmüştür.¹¹ Bu değerlendirmeyi yaparken baş pozisyonunun radyografideki görüntüyü etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte başın pozisyonlanmasındaki değişiklikler farklı kemik anomalilerinin görüntüsünü verebilir. Başın arkaya eğimli olması durumunda kondil görüntüsü düzleşir ve osteofiti taklit edebilir. Buna karşılık, baş öne eğik pozisyonda ise kondil sklerotik görünebilir.¹² İki boyuta indirgenen görüntüde büyütme farklılığı nedeniyle meydana gelen bozulmalar morfolojik değerlendirme ve sayısal ölçümde hataya sebep olabilir.¹³

Transkraniyal radyografi

X-ışınları kafatasından aşağıya, orta hat üstünden kontralateral olarak TME'ye yönlendirilir.¹ Uygulaması kolay, maliyeti düşük, düşük radyasyon dozu oluşturan bir yöntemdir. Periapikal röntgen cihazı ile elde edilebilen bu görüntüleme yöntemi özellikle belirgin dislokasyonla birlikte olan kırıklarda ve ileri artritli olgularda yararlı

olup, hafif kemik değişikliklerini ve eklem diskini göstermede yeterli değildir.⁵ Peterson ve arkadaşları¹⁴, oblik lateral transkraniyal görüntülemenin kondil fossa ilişkisine dair kesin bilgi vermediğini ve tomografiye kıyasla kemik değişikliklerini daha az gösterdiğini bildirmişlerdir.

Transfaringeal radyografi

Görüntü gerçek lateral görünümüne daha yakın meydana gelir. Bu yöntemde kondil görüntülenebiliyor iken fossa genellikle görüntülenemez. Kondil boyun kırıkları incelenebilir.⁵

Meng ve arkadaşları¹⁵, OPG ve transfaringeal görüntülemenin kondiler anormallikleri belirlemede iyi bir seçenek olduğunu buna karşın transkraniyal görüntülemenin ise yetersiz kaldığını bildirmişlerdir.

Anteroposterior transmaksiller radyografi

Ağız açıkken ve kondil fossada kayma hareketi yaptığı sırada önden arkaya doğru x-ışınının yönlendirildiği bir görüntüleme yöntemidir. Aksi halde subartiküler kemiğin süperpozisyonu meydana gelir. Bu yöntemle kondilin üst subartiküler kemiğinin yanı sıra medial ve lateral kutuplarının görüntüsü elde edilir.¹ Özellikle medial dislokasyonlu travma olgularında, fraktür, neoplazi ve ileri dejeneratif hastalıkta lateral projeksiyonda eklemün üç boyutlu değerlendirilmesine olanak sağlar.⁵

Submentoverteks radyografi

X-ışınının ramusa paralel olarak kafa kaidesine doğru yönlendirildiği bir tekniktir. Ramusun ve yüz asimetrisinin değerlendirilmesinde, travma veya çene cerrahisi sonrası kondil deplasmanının ve rotasyonlarının tespitinde yararlıdır.^{1,5}

Reverse towne radyografi

Hasta görüntü alıcısına dönük olacak şekilde başını 25-30° aşağıya doğru açık pozisyonda konumlandırır. Bu sırada x-ışını kraniyal yönde 10-30° açılma ile hastanın önünden, sagittal düzleme dik ve koronal düzleme paralel olarak kondil boynu hizasından yönlendirilir. Böylece kondil başları artiküler eminensin altında yer alır. Mandibular kondili veya kondil boynunu

içeren şüpheli kırık vakalarında Reverse Towne yönteminin kullanımı önerilmektedir.¹⁰ Kırık kondiler parçanın koronal pozisyonunu ölçmek için Reverse Towne radyografisi kullanılırken sagittal yöndeki yer değiştirmesi ve vertikal overlap miktarı OPG kullanılarak ölçülebilmektedir.¹⁶

Transorbital radyografi (Zimmer projeksiyonu)

Bu yöntemde hastanın başı, orbitameatal çizgi horizontal olacak şekilde 10° aşağıya doğru konumlandırılır. Orta sagittal düzlem, görüntülenmesi istenen bölgeye doğru döndürülür ve hastadan ağızını olabildiğince geniş açması istenir. Kaset hastanın başının arkasına yerleştirilir ve merkezi x-ışını 30° açıyla görüntülenmesi istenen taraftaki yönden TME'ye yönlendirilir.¹⁰ Mandibulanın öne doğru kaydırılmasıyla kondilin artiküler eminens ve kafa kaidesi ile süperpozisyonu önlenmiş olur. Böylece kondil başı ve kondil boynu izlenebilir. Bu yöntemle kondil boynundaki kırıkların görüntülenmesi sağlanır.¹⁷

Posterioanterior radyografi

Oksipitomental çizgi yere 45° olacak şekilde baş konumlandırılır. Hastanın alını ve burnu görüntü alıcısına temas halinde ve ağız kapalı iken x-ışını infraorbital kenara yönlendirilir. Bu yöntem eklemlerin ve kondillerin anatomisini ve konfigürasyonunu göstermektedir. Unilateral ankiloz veya hareket kısıtlılığında şüphelenildiğinde ek olarak açık ağız görüntüsü de değerlendirilebilir. Yüz kemiklerinde veya mandibulada özellikle ön bölgede gözlenen kırıklar incelenebilmektedir.¹⁸

Tablo 1. Yöntemlerin genel özellikleri

| Yöntem | İnvaziv | Statik/ Dinamik | Radyasyon dozu | Endikasyon | Kontrendikasyon |
|-------------------------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|--|---|
| Panoramik Radyografi | Non invaziv | Statik | Düşük | Kondil ve ramus yüksekliklerinin ölçümü Asimetri teşhisi Ağrı kökeninin ayırt edilmesi | Kemik değişikliklerinin değerlendirilmesi |
| Bilgisayarlı Tomografi | Non invaziv | Statik | Yüksek | Tümörler Büyüme gelişim anomalileri Fraktürler Kondil dislokasyonu Artrit Ankiloz Neoplazi | Yumuşak doku görüntülemesi |
| Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi | Non invaziv | Statik | Yüksek/ BT'ye nazaran düşük | Dejeneratif kemik değişiklikleri Osteofit Erozyon Kondiler kırık İntraartiküler kalsifikasyon Kondil pozisyon ve hacim değerlendirmesi Ankiloz Dislokasyon ve kondiler hiperplazi Yüz asimetrisi | Yumuşak doku değerlendirilemez |
| Manyetik Rezonans Görüntüleme | Non invaziv | Statik/ Dinamik | Yok/ Manyetik alan mevcut | Ekleme efüzyonu Disk kondil ilişkisi Disk morfolojisi Sinovyal enflamasyon Çenenin açma-kapama sırasında oluşan kondil translasyonu ve disk hareketinin dinamik değerlendirmesi Kıkırdak alan farklılaşmaları Kemik iliği değerlendirmesi Kemik erozyonları Dejeneratif eklem hastalıkları | Klostrofobi gelişen, kalp pili taşıyan ve ferromanyetik materyal bulunan hastada uygulanamaz |
| Artrografi | İnvaziv | Dinamik | Yok | Adezyon Disk veya posterior ataşmandaki perforasyon teşhisi Fonksiyonun gerçek zamanlı dinamik değerlendirmesi Kılavuzlu eklem içi terapötik enjeksiyonlar | İyot kontrast alerjisi Antikoagülan ilaç tedavisi Kanama bozukluğu Preauriküler bölgede enfeksiyon varlığı |

Tablo 1'in devamı: Yöntemlerin genel özellikleri

| Yöntem | İnvaziv | Statik/ Dinamik | Radyasyon dozu | Endikasyon | Kontrendikasyon |
|---|----------------|--------------------|-------------------|---|---|
| Ultrasonografi | Non invaziv | Dinamik | Yok | Eklem efüzyonu Disk deplasmanı Eklem kapsül içi adezyonları Hipermobilete, Hareket kısıtlılığı Artrit | Kemiğin dejeneratif değişiklikleri |
| Radyonüklid Görüntüleme Tek Foton Emisyonlu Bilgisayarlı Tomografi Pozitron Emisyon Tomografisi | İnvaziv | Statik | Yüksek | Metastazik lezyon Romatoid artrit, osteoartrit erken tanısı Kondiler hiperplazi Enflamatuar reaksiyon | Radyonüklid Görüntüleme Tek Foton Emisyonlu Bilgisayarlı Tomografi Pozitron Emisyon Tomografisi |

Lateral sefalometrik radyograf

Lateral sefalometrik radyografide baş sefalostatta iken görüntü alıcısı sagittal düzleme paralel yerleştirilir ve x-ışını görüntü alıcısına dik olarak, external auditory meatus üzerinden ortalanmış şekilde uygulanır.¹⁰ Sefalometrik görüntülemenin amacı, maksilla ve mandibulanın kafa kaidesi ile anteroposterior ve vertikal yöndeki ilişkilerini değerlendirmektir.¹⁹ Kemik ve yumuşak doku profili üzerindeki belirli referans noktalarından ölçüme olanağı sağlamasıyla yüzün büyüme ve gelişiminin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır.

TME'nin internal düzensizlikleri kraniofasial yapıyı etkilediği savunulmaktadır.²⁰ Bertram ve arkadaşları²¹ mandibular morfolojinin sefalometrik değişkenlerinin değerlendirilmesi sonucu bilateral redüksiyonsuz disk deplasmanı ve osteoartrit olgularında ramus yüksekliğinde artış ve gonial açıda azalma ile karakterize bir tablo ile karşılaşmışlardır. Lateral sefalometrik radyografi üzerinde artiküler eminens eğiminin ölçülmesi, kondilin mandibulanın öne konumlandırılması

sırasındaki sagittal yönde izlediği yol hakkında da fikir verebilir. Ancak bu yöntemde her iki kondilin süperpozisyonu nedeniyle ölçümlerde tutarsızlık meydana gelebilmektedir.²²

Posterior-anterior sefalometrik radyografi (frontal sefalometrik radyografi)

Posterior anterior (PA) sefalometrik radyografi görüntülemesi sırasında dişler maksimum interkuspantasyonda iken baş sefalostatta, Frankfurt horizontal düzlemi yere paralel olacak şekilde konumlandırılır. X-ışını görüntü alıcısına dik olarak, burun kemerini ortalayacak şekilde uygulanır.¹⁰ Bu yöntem kondillerin artiküler fossa içindeki konumlarının, mandibulanın deviasyon miktarının ve yüzün sağ ve sol taraflarını karşılaştırarak yüz asimetrisinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır.²³ Guercio-Monaco ve arkadaşları²⁴ yaptıkları bir çalışmada MRG yöntemi ile disk deplasmanı tanısı konulmuş bireylerde PA sefalometrik değerlendirme sonucunda menton deviasyonunun bilateral ve unilateral TME disk deplasmanı vakaları ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Menton, bilateral disk deplasmanı vakalarında deplasmanın fazla olduğu tarafa daha çok sapma eğiliminde olmuştur.

Tablo 2. Yöntemlerin güçlü ve zayıf noktaları ile avantaj ve dezavantajları

| Yöntem | Güçlü noktaları ve avantajları | Zayıf noktaları ve dezavantajları |
|--------------------------------------|--|---|
| Panoramik Radyografi | Geniş alan değerlendirmesi Her iki kondilin tek bir görüntüde incelenmesi Fraktür incelemesi Minimal radyasyona maruziyet Düşük maliyet Noninvaziv | Süperpozisyon ve artefakt oluşumları Magnifikasyon Başın eğimine bağlı görüntü varyasyonları |
| Bilgisayarlı Tomografi | Alanın iç yapısını, şeklini, boyutunu, yoğunluğunu üç boyutta tanımlaması Kesitsel görüntü vermesi Kısa tarama süresi Yüksek kontrast çözünürlüğü Hounsfield Unite kullanımı Nesnel yoğunluk ölçümleri | Yüksek dozda radyasyon Zayıf yumuşak doku kontrastı Işık ve renkte bozulmalar İki boyutlu görüntülerle karşılaştırıldığında yüksek maliyet Hasta hareketi veya metal nesnelere oluşturduğu görüntü artefaktları TME kemik değişiklikleri için sınırlı güvenilirlik |
| Konik Işınlı Tomografi | Bilgisayarlı 1:1 rekonstrüksiyonun eldesi Kesitsel görüntü incelemesi BT'ye göre düşük radyasyon Minimum süperpozisyon BT ile karşılaştırıldığında nispeten düşük maliyet BT ile kıyaslanabilen yüksek tanısal doğruluk Geniş alan değerlendirilmesi | Tarayıcıya göre değişen görüş alanı ve çözünürlük Artefakt oluşumu Hounsfield Ünitesi distorsiyonu |
| Manyetik Görüntüleme | Rezonans Ağrısız Non-invaziv Yumuşak doku görüntülemesi İyonize radyasyonun bulunmaması | Yüksek maliyet Sınırlı erişilebilirlik Uzun çekim süresi Kloströfobik ve kalp pili olan hasta için kontrendike |
| Artrografi | Fonksiyonun gerçek zamanlı dinamik değerlendirilmesi | Ağrı veya rahatsızlık, oklüzyonda değişiklik, sınırlı ağız açıklığı, kontrast malzemenin ekstravazasyonu, kontrast çözeltisi içeren epinefrin intravazasyonu, hematoma, enfeksiyon ve aşırı duyarlılık komplikasyonlarının gelişme riski İnvaziv Kanamalı ve ağırlı Yüksek radyasyon |
| Ultrasonografi | Gerçek zamanlı değerlendirme Ağrı varlığında hasta ile birlikte değerlendirme sonucu tanıda kolaylık Hamile kadınlarda ve çocuklarda kullanılması Yüksek görüntü çözünürlüğü Gerçek zamanlı görüntü eldesi BT ve MRG'a oranla düşük maliyet | Proba bağlı görüntü kalitesinde değişim Lateral ve medial disk deplasmanı değerlendirmesinde yetersiz Eğitim ve deneyimli personel gerekliliği Sağlam kemik yüzeyinin arkasındaki yapıların gösterilememesi |
| Radyonüklid Görüntüleme SPECT/PET | Metabolik aktivitenin değerlendirilmesi Metastazik oluşumların tespiti Kanser evrelendirilmesi Fizyolojik görüntüleme Hassas görüntü | Pahalı uygulama Yüksek radyasyon Komplikasyon riski |

TME dörtlü radyografisi

TME dörtlü radyografi yönteminde her iki TME kondilinin açık ve kapalı ağız görüntüsü tek bir radyografide incelenebilir. Yalnızca TME görüntüsünü veren bu radyografilerde standart panoramik görüntülemenin sağladığı bilgilere erişilemez. Ağız açıklığındaki kısıtlılık varsa, kondil ve artiküler eminensin süperpoze olmasına neden olur ve radyografik yorumlama zorlaşır. Açık ağız görünümünde kondil translasyonunu ve koronoid proesteki hiperplaziyi tespit etmede yardımcı bir yöntemdir. Tsai ve arkadařları²⁵ yaptıkları bir çalışmada dejeneratif kemik lezyonlarını saptamada OPG, TME dörtlü radyografisi ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi yöntemlerinin hassasiyet ve özgüllüğünü değerlendirmiş ve TME dörtlü radyografisinin OPG'ye üstün olmadığını belirtmişlerdir. Im ve arkadařlarının²⁶ kondil ve artiküler eminensin düzleşme, erozyon ve osteoartrit lezyonlarını saptamada OPG, lateral ve frontal TME dörtlü radyografisi ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi yöntemlerinin özgüllük ve hassasiyet değerlendirmesi sonucunda düzleşme ve erozyon tespitinde incelenen dört yöntem arasında büyük bir fark gözlenmemiş ve %40'ın altında hassasiyet, %90'ın üzerinde özgüllük oranları bildirilmiştir. Osteoartrit lezyonlarında ise tanının doğruluğunun değerlendirilmesinde lateral TME dörtlü radyografisi %54,5 oranı ile konik ışınlı bilgisayarlı tomografiyi takip etmiştir. Buna karşın TME dörtlü radyografisi osteoartrit lezyonlarını saptamada OPG'ye göre daha iyi olmakla birlikte tanı koymada yetersiz bulunmuştur.²⁶

Dijital substraksiyon radyografisi

Kondil başı ve interartikler kavite, OPG'de çevreleyen yapıların süperpozisyonu ve oblik görüntüleme nedeniyle tam olarak görüntü vermemektedir. Dijital Substraksiyon Radyografisi (DSR) ile anatomik arka plan ortadan kaldırılmaktadır. Bu yöntem alan ve yoğunluk ölçümleri gibi nicel bilgi elde etmek için kullanılabilir. DSR ile %1-5 oranındaki alveolar kemik değişiklikleri ve krestal kemik yksekliliğindeki 0.78 mm'ye

kadar olan değişiklikler tespit edilebilmektedir.²⁷

Kocasaraç ve arkadařları⁴ küçük ve büyük osteofitleri saptamada DSR'nin tanısıl doğruluğunu panoramik radyografiden anlamlı derecede yüksek bulmuşlardır. OPG ve DSR ile küçük osteofit grubunda sırasıyla %11.6 ve %73.3, büyük osteofit grubunda %63.3 ve %100 oranında doğru tanıya ulaşılabilmmiştir. Masood ve arkadařları²⁸, TME dörtlü radyografisi ile karşılaştırıldığında DSR ve renkle güçlendirilmiş DSR tekniklerinin kuru insan kafatasındaki küçük ve büyük osteofitleri tespit etmede daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Dijital floroskopi

Film içermeyen fotoelektronik görüntüleme yöntemidir. İnsan vücudunun dinamik görüntülenmesinde kullanılan bir prosedürdür. X-ışını bir monitöre yansıtılarak elde edilir. Çözünürlüğü diğer yöntemlere göre daha yüksektir ve ince detaylar gözlenebilmektedir.²⁹ Ancak ocuklarda ve yutma bozukluğu olan yetişkinlerde uygulanması zordur. Radyasyon dozu düşük miktardadır ancak işlemin tekrarlanmasının önüne geçecek teknik bilgi ve hassasiyet gerektirmektedir. Floroskopi, TME değerlendirilmesinin yanı sıra artikülasyon değerlendirmesinde, hareketli protezlerde palatal kalınlığın tespitinde ve ağız içindeki protez hareketlerinin incelenmesinde kullanılabilir. Çene hareketlerini izlemek için uygun bir yöntemdir.³⁰ Gupta ve arkadařları³⁰, TME hipermobilitesi olan bir vakada protetik tedavi sonrasında disk deplasmanının azalmasını dijital floroskopi ile tespit etmişlerdir.

Konvansiyonel tomografi

Konvansiyonel tomografide röntgen kaynağı ve filmin senkronize hareketi ile görüntü elde edilir. Yalnızca mineralize dokunun görüntüsünü sağlayan konvansiyonel tomografi direkt radyografik yöntemde olmayan kesit alma avantajına sahiptir. Bu zellik kemik yapılarının görüntüsündeki süperpozisyon olasılığının önüne geçer. Ancak görüntü alanının dışındaki yapılarda bulanıklaşma meydana

gelmektedir.⁵ Kemik değişikliklerinin incelenmesinde panoramik veya transkraniyal radyografilerden daha kesin bir yöntemdir. Gerçek bir sagittal görünümüdür ve kondilin fossadaki konumu transkraniyal görünümünden daha doğru bir şekilde değerlendirilebilir.¹

Bilgisayarlı tomografi

Bilgisayarlı tomografi (BT), taranan yapının şeklini, boyutunu ve yoğunluğunu üç boyutta görüntülemektedir. Direkt radyografik görüntüde ortaya çıkabilen süperpozisyon ve konvansiyonel tomografideki bulanık görüntü bu yöntemde meydana gelmemektedir.⁵ Çok düzlemler görüntülerde kesitsel incelemeye olanak sağlar. Neoplazi, büyüme gelişim anomalileri ve fraktürler için kullanılan bir radyolojik incelemedir.³¹ Ayrıca dislokasyon, artrit, ankiloz gibi kemik anomalilerinin teşhisinde de kullanılır.⁵ Cihazın yüksek maliyeti ve yüksek radyasyon miktarı dezavantajları arasında bulunmaktadır.¹

Kaimal ve arkadaşları³² subkortikal kist, yüzey erozyonu, osteofit veya skleroz bulgularından en az birini gösteren 705 vakada BT'yi referans yöntem olarak kullanarak OPG ve Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)'yi duyarlılık ve özgüllük açısından değerlendirmiş ve her iki yöntemin düşük duyarlılık yüksek özgüllük değerleri verdiğini bildirmişlerdir. OPG ve MRG kullanılması halinde ortaya çıkabilecek yalancı pozitif radyografik bulguları önlemek amacıyla dejeneratif eklem hastalığının tanısında BT en uygun görüntüleme yöntemi olarak kabul edilir. Wiese ve arkadaşları³³ yaptıkları bir çalışmada, TME'nin BT görüntüsü ile klinik muayenede ayırt edilmemiş bilgilere ulaşılabilirdi ancak radyografik muayeneden fayda sağlayacak özel hasta gruplarının seçilmesinin mümkün olmadığını vurgulamışlardır. Westesson ve arkadaşlarının³⁴ 15 adet otopsi TME'sini MRG ve BT ile görüntüledikleri bir çalışmada BT ve MRG benzer doğrulukta görüntü verirken MRG yönteminin yumuşak dokuların görüntülenmesinde BT'ye nazaran daha üstün olduğu görülmüştür.

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi

Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi'de (KIBT), x-ışını hastanın başı etrafında sabit bir açıyla tek bir dönüş gerçekleştirir. Spiral BT'nin fan şeklindeki x-ışını demetinin aksine, koni şeklinde x-ışını kullanır.⁶ Çeşitli dokulardan aldığı dijital transmisyona yoğunluk skalasına dönüştürülmesi ile üç boyutlu bir görüntü elde edilir.³⁵ KIBT'ta cihazın görüntüleneni alanın etrafında 10-70 saniye süre aralığında tek bir tam dönüş yapmasıyla hastanın radyasyona maruz kalma süresi kısalmış ve harekete bağlı görüntü artefaktı azalmış. Ayrıca kimi KIBT cihazına eklenen artefakt baskılama algoritması ile metal artefakt oluşumu azaltılabilir. Etkili radyasyon dozu BT'ye göre %98 oranında daha az gözlenmiştir.³⁶ Görüş alanının (FOV) büyüklüğü, tünel voltajı ve akımı, maruz kalma süresi gibi parametrelerdeki farklılıklar nedeniyle etkili radyasyon dozu cihaza bağlı olarak değişmektedir.¹⁰ Literatürde TME'nin KIBT ile görüntülenmesinde 20-550 µSv gibi geniş bir aralıkta etkili doz ile karşılaşmaktadır. Bu durum daha çok FOV aralığı kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bilateral TME görüntülemesi için, ya en az 12 cm genişliğinde ancak 5 cm'den fazla olmayan yükseklikte bir FOV ya da yaklaşık 4x4 cm boyutunda iki küçük FOV kullanılması önerilmektedir.³⁷ Görüntü çözünürlüğü farklı KIBT tarayıcılarına göre değişmektedir.³⁸ X-ışını absorpsiyon derecesini temsil eden voksel boyutları görüntünün çözünürlüğünü belirlemektedir. Geleneksel BT'de, voksel anizotropik ve 0,625 mm² boyutunda ve 1-2 mm derinliktedir. KIBT'ta ise voksel yüzeyleri izotropiktir ve submilimetrik voksel çözünürlüğü 0.125 ile 0.4 mm aralığındadır.³⁶

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile osteofit, kondiler erozyon, fraktür, ankiloz, dislokasyon ve kondiler hiperplazi görüntülenebilir.⁶ Mandibular kondilin hacmi ve yüzeyi, kortikal kemik değişiklikleri, yüz asimetrisi ve kondilin glenoid fossadaki konumu incelenebilir.³⁹ De Boer ve arkadaşlarının⁴⁰ yaptıkları çalışmada 128 hastada KIBT' in klinik tanı etkinliği ölçülmüş ve elde edilen görüntünün incelemesi sonrasında 74 hastanın (%58) klinik tanı ve tedavi yönetimi hatalı

bulunmuştur. Konvansiyonel tomografi, BT ve KIBT yöntemlerini mikro-BT ve mikroskobik incelemelerle karşılaştıran bir çalışmada, kondildeki eroziv değişiklikleri saptamada KIBT'in en doğru yöntem olduğu bulunmuştur.⁴

Sert doku görüntülenmesinde altın standart olarak kabul edilmesine karşın bazı kısıtlamaları mevcuttur. Harekete duyarlı bir yöntem olması nedeni ile artefakt oluşmaktadır. Hounsfield ünitesi distorsiyonu nedeniyle kemik yoğunluğu ölçülemez. Özellikle artiküler disk gibi kemiğe komşu yumuşak dokuların görüntüsü elde edilemez.³⁹

Multi dedektör bilgisayarlı tomografi yönteminde 16 ila 64 adet dedektör ince kesit profilleri ile birlikte hacimli görüntüler elde eder. KIBT yöntemine nazaran 1.5 ile 12.3 kat daha yüksek radyasyon dozu içeren multi dedektör bilgisayarlı tomografi, disk deplasmanı ve artiküler patolojiyi saptamada KIBT yönteminden daha üstün bulunmuştur. MRG yönteminin yapılamadığı veya kontrendike olduğu durumlarda kullanımı uygun olacaktır.⁴¹

Manyetik rezonans görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme görüntü oluşturmada güçlü manyetik alan ve radyofrekans titreşimlerinin kullanıldığı, iyonize radyasyon uygulamayan non-invaziv bir görüntüleme yöntemidir.⁵ Manyetik alan vücuttaki hidrojen iyonlarının dizilimini hizalar. Bu hizalamayı değiştirmek için radyofrekans dalgaları kullanılır, bu da hidrojen iyonlarının zayıf bir radyo sinyali yaymasına neden olur. Bu sinyallerin tarayıcı tarafından güçlendirilmesiyle görüntü elde edilir.⁶

Manyetik rezonans görüntüleme, TME'nin yumuşak dokularını görüntülemeye referans yöntem ve disk deplasmanı teşhisinde altın standart olarak kabul edilmektedir.⁴² Kemik yapılarının detayı tomografi kadar iyi gösterilemese de bu yöntemle kemik konturu ve kortikal sınırlar ile ilgili bilgi elde edilebilir.⁵ Eklem diskinin sagittal ve koronal düzlemlerdeki konumunu, çenenin açma ve kapama sırasında oluşan kondil translasyonunun ve disk hareketinin dinamik değerlendirmesini, disk

morfolojisini, eklem efüzyonu, sinovit, kemik erozyonu ve dejeneratif eklem hastalığını analiz etmek için kullanılır.⁶ Westesson ve arkadaşları⁴³, asemptomatik gönüllü bireylerde eklem sıvısının T2 ağırlıklı görüntülerde eklem yüzeyleri boyunca parlak sinyal noktaları veya çizgileri olarak görülebileceğini bildirmişlerdir. BT ile karşılaştırıldığında özellikle kıkırdak yapıdaki değişikliklerin erken tespiti için uygulanabilir.⁴⁴ Kemik ve yumuşak doku değişikliklerinin aynı anda incelenmesi gerektiğinde BT ve MRG yöntemlerinin birleştirilmesi ile neoplazi ve destrüktif kemiğin aynı görüntüde görülebildiği ve sınırlarının incelenebildiği bildirilmiştir.⁴²

MRG çekim protokolü klinik ön tanıya göre planlanmalıdır. Diskte patoloji varlığı ve/veya disk deplasmanından şüpheleniyorsa TME'de kondiller proçese dik ve paralel; parasagittal ve parakoronal T1, parasagittal T2 ve ağız kapalı durumdan maksimum ağız açıklığına dek kademeli olarak ağız açılarak elde edilen parasagittal kesitler her iki eklemden alınmalıdır.⁴⁵ Eklem anatomisi T1 ağırlıklı görüntülerde, eklemdaki sıvı ve enflamatuar değişiklikler T2 ağırlıklı görüntülerde incelenebilir. Disk normal pozisyonunda olsa bile T1 ağırlıklı görüntülerde artmış bir retrodiskal bölge ve T2 ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyal intensitesi görülüyorsa enflamasyon düşünülmelidir. Kronik veya aktif hastalıkta efüzyon, sinovit veya kemik iliği ödemi T2 MRG'de beyaz renkte hiperintens görüntü verir.⁴⁶

Disk kondil ilişkisi koronal ve sagittal T1'de izlenebilmektedir. Redüksiyonlu anterior disk deplasmanı sagittal planda açık-ağız görüntüsünde, redüksiyonsuz anterior disk deplasmanı açık ve kapalı-ağız görüntüsünde incelenir. Lateral ve medial disk deplasmanı ise koronal kesitte incelenmektedir. Disk şekli, kapalı ve açık-ağız çekimlerinde farklılık göstermektedir. Redüksiyonlu anteriora deplase disk varlığında açık-ağız görüntüde sıklıkla disk biplanar iken kapalı-ağız görüntüde bikonkav şeklinde gözlenir. Redüksiyonsuz disk deplasmanında ise açık-ağız görüntüde konveks ve biplanar iken kapalı-ağız görüntüde semptomatik bireylerde katlanmış, asemptomatik bireylerde

konveks yapı sergilemektedir.⁴⁷ Afroz ve arkadaşları⁴⁸, nadir gözlenen posterior disk deplasmanının OPG'de deplasman görüntüsü vermediğini, MRG'de açık ve kapalı ağız radyografilerinde görülebildiğini bildirmiştir.

MR artrografi

Toyama ve arkadaşlarının⁴⁹ 2000 yılında tanıttıkları MR artrografi, eklem içine kontrast madde (dimegulümin gadopentetat) enjekte edilerek gerçekleştirilen bir görüntüleme yöntemidir. Gadolinium bazlı kontrast ajanın intraartiküler bölgeye enjeksiyonunun yapılmasıyla sinovyal kompartmanlar ana hatlarıyla görüntülenir. MRG yönteminin yetersiz kaldığı disk perforasyonu ve adezyon teşhisi bu yöntemle teşhis edilebilir. Kontrastın intravenöz olarak kullanılması, bir artrografi değil, kontrastlı bir MRG'dir.⁵⁰ Literatür, MR Artrografi görüntülemesinde T2 ağırlıklı görüntülerde lokal anesteziklerin dokuda iğne yolu boyunca ince parlak bir görüntü vereceğini, ancak bu görüntünün T1 ağırlıklı görüntülerde kaybolacağını göstermiştir. Patolojik değerlendirme sırasında bu durum göz önünde bulundurulmazsa klinisyen efüzyon teşhisinde yalancı pozitif sonuçla karşılaşabilir.⁵¹

Artrografi

Artrografi, yumuşak dokunun ana hatlarını belirlemek için üst ve alt eklem boşluklarına kontrast maddenin enjekte edildiği ve iyonize radyasyonun kullanıldığı invaziv tipte bir görüntüleme tekniğidir. İşlem sırasında kondil ve tüberkül hasarını en aza indirmek için, iğnenin eğimi kanülasyon sırasında eklem yüzeylerine doğru olmalıdır. İğnenin ilerleme pozisyonu floroskopi ile izlenmelidir. Yanlış bölgeye ilerlediği takdirde bölgeye az miktarda çözelti verilir ve floroskopide yaygın bir görüntü meydana gelirse iğne pozisyonu yeniden ayarlanmalıdır.⁵² Uygulaması iki şekilde yapılmaktadır. Geleneksel tek kontrastlı artrografide yalnızca tek tip yüksek oranda seyreltilmiş iyotlu kontrast madde, çift kontrast tekniğinde yüksek ve düşük oranda seyreltilmiş iyotlu kontrast madde kombinasyonu uygulanır. İkinci yöntem daha uzun pozlama süresi ve

operatör deneyimi gerektirdiğinden çift kontrast tekniği nadiren kullanılmaktadır.⁵²

Artrografi, MR görüntüleme kontrendike olduğunda TME'nin yumuşak dokularının değerlendirilmesi, disk veya posterior ataşmandaki perforasyonların teşhisi, fonksiyonun gerçek zamanlı dinamik değerlendirilmesi, oklüzal splint kullanımı sırasında diskin ve kondil pozisyonunun dinamik olarak değerlendirilmesini sağlar ve eklem içi terapötik enjeksiyonlar yapılabilir. Eklem adezyonu mevcutken kıkırdak değerlendirmesi yapılabilir. İyotlu kontrast maddeye alerjisi olan, antikoagülan ilaç tedavisi gören veya kanama bozukluğu olan, preauriküler bölgede enfeksiyon gözlenen kaygılı hastalarda artrografi kontrendikedir.¹⁰ TME'ye düşük miktarda (1.5-2 ml) çözelti enjekte edilebilmesi nedeniyle kontrast madde yüksek konsantrasyonda iyot (300 mg iyot/mL) içermelidir. Sadece eklem bölmelerine enjekte edildiği için kontrast maddeye özgü reaksiyon riski düşük olduğu bildirilmiştir.⁵² TME artrografisi genellikle güvenli bir prosedür olarak kabul edilmesine karşın ağrı veya rahatsızlık, oklüzyonda değişiklik, sınırlı ağız açıklığı, kontrast maddenin ekstrevasasyonu, kontrast çözeltisi içeren epinefrin intravazasyonu, hematom, enfeksiyon ve aşırı duyarlılık komplikasyonları gelişebilir.¹⁰ Matsumoto ve arkadaşları⁵³ eklem kavitesinin geniş olduğu veya çok sayıda kıkırdak nodülün bulunduğu sinovyal kondromatozis vakalarında MRG'nin yetersiz kaldığını ve tanı ve tedavi planlaması için TME artrografisinin gerektiğini bildirmişlerdir.

Uygulama sırasında kontrast madde her iki eklem boşluğuna veya yalnızca birine uygulanabilmektedir. Perforasyon alanında diğer kompartmana sızıntı gerçekleşir.⁵ Uygulanan basınç perforasyon teşhisinde yarar sağlarken adezyonun çözünmesine neden olacağından kontrast maddenin miktarındaki artış ile elde edilecek basınç yerine çenenin fonksiyonel hareketlerinin yarattığı basınç tercih edilmelidir.⁵¹ Li ve arkadaşları⁵⁴, glenoid fossa defekti olan bir hastada meglumine diatrizoate enjeksiyonu ile yapılan artrografi sırasında kontrast maddenin orta kranial fossaya infüzyonu ile

titreme ve baş dönmesi komplikasyonu gerçekleşmiş bir vaka raporlamışlardır.

TME'nin Artrotomografi yönteminde ise artrografi bulguları KIBT ile birlikte değerlendirilir. Bu yöntemle disk pozisyonu üç düzlemde incelenebilmektedir. Ayrıca bu yöntem eklem adezyonu, eklemdeki küçük gevşek yapıları ve eklem sert dokularındaki kıkırdak doku kaybını görüntüleyebilmektedir.⁵²

Ultrasonografi

Ultrasonografide (US), bir cihaz (prob, transdüser) tarafından yayılan ultrasonik ses dalgalarının, farklı anatomik yapılardan farklı ölçüde yansımaları ve yansıyan sesin piezoelektrik cihaz içeren bir dönüştürücü tarafından okunması ile görüntü oluşur.⁵⁵ TME bölgesi, ses dalgalarını farklı şekilde yansıtan çeşitli yapılardan oluşmaktadır. Ses dalgaları kemik dokusu, üst ve alt eklem boşlukları gibi boş alan ve su içeren yapılarda genellikle düşük yansır, hipoekoiktir ve siyah görünür. Ses dalgaları kemik kenarı, eklem kapsülünün ve kasların yüzeyinde yüksek yansır, hiperekoiktir ve beyaz görünür. Bağ dokusu ve kas dokusunda ses dalgaları orta düzeyde yansır, izoekoiktir ve heterojen gri görünür. Diskin ultrasonografideki görüntüsü tartışmalıdır. Hipoekoik, izoekoik, hiperekoik, ve izoekoikten hipoekoike değişen miktarlarda gözlenmiştir. Buna morfolojik anomali, pozisyonel ve yapısal farklılık neden olabilir. Eklem diski olarak tanımlanan hipoekoik yapının TME kapsülü veya eklem efüzyonu olduğunu savunan yazarlar mevcuttur.^{56, 57}

TME için görüntüleme protokolü, 7,5 MHz ila 20 MHz arasında değişen frekanslara sahip problar ile longitudinal ve transversal tarama şeklindedir.⁵⁸ Literatürde 15 MHz'den daha yüksek çözünürlükte prob kullanımının daha iyi görüntü ve daha güvenilir sonuç ile daha yüksek hassasiyet vereceği belirtilmiştir.⁵⁹ US çekimi sırasında transdüser dikey yönde, yatay yönde, Frankfurt yatay düzlemine paralel veya düzleme 60°-70° açı ile yaklaşılarak, açık ve kapalı ağız pozisyonunda alt çene ramusuna paralel olarak yerleştirilebilir.¹⁰ Motoyoshi ve arkadaşları⁶⁰ kondil ve temporal kemik tarafından gizlenen diskin daha iyi

görüntülenmesini sağlayacak şekilde transdüseri yatay düzlemde 60° döndürmeyi, artiküler eminens düzlemini takip etmeyi ve temporal kemiğin zigomatik prosesinin yukarısından erişebilmek için transdüseri sagittal düzleme dik olan hattan 5-10° eğmeyi önermişlerdir.

Ultrasonografi ile TME'de efüzyon varlığı, disk formu ve kapsül içi adezyonlar araştırılabilir.⁴⁵ Disk deplasmanı ve eklem efüzyonunun tanısı için doğruluğu kanıtlanmış non-invaziv ve ucuz bir tanı yöntemidir.⁵⁵ Ancak lateral ve medial disk deplasmanı tanısında yeterli bulunmamıştır.⁶¹ Kumar ve arkadaşları⁶², klinik tanı ile US tanısının %100 uyum sergilediğini belirtmişlerdir. Landes ve arkadaşları⁶³ disk deplasmanı, hipermobilité, hareket kısıtlılığı, artrit ve disk perforasyonu tanısında US ile MR görüntülemesi arasında %83 oranında bir uyum bulmuşlardır. Zwir ve arkadaşları⁶⁴ yaptıkları çalışmada, romatolojik hastalıkla birlikte eklemdeki enflamasyonun değerlendirmesinde MRG'nin altın standart olarak kabul edildiğini ve TME'deki aktif artritinin tespitinde US power doppler'in yararlı bir tanı aracı olamayacağını belirtmişlerdir.

Literatürde, US'nin bir başlangıç taraması olarak kabul edilmesi gerektiği, incelemenin normal ve anormal doku" tanı başlıklarıyla yapılması ve anormal yapı gözlemlendiği takdirde ek ve ana tetkik olarak MRG kullanımının gerektiği bildirilmiştir.⁶¹ MRG'de 20-45 dakikaya varan uzun süre kapalı alanda kalma ve ağız açık halde bekleme zorunluluğu nedeniyle oluşan rahatsızlık hissine karşılık ultrasonografi 10-15 dakika süren görüntüleme zamanı ile tercih edilebilecek bir yöntem olarak belirtilmiştir. Ayrıca palpe edilerek uygulanması hastanın ağrı bölgesini klinisyene aktarmasını sağlamaktadır.⁶⁵ Ancak operatörün deneyimine bağımlı özel donanım gerektiren bir tetkiktir. Unutulmamalıdır ki US'de hastanın ağırlığı, aşırı yağ dokusu, erkek hastalarda kulak önünde bulunan favori kılları ve yaşlılardaki azalmış su konsantrasyonu nedeniyle hasta yaşı ve cinsiyeti görüntü kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir.⁶⁶

Radyonüklid görüntüleme (nükleer sintigrafi)

Radyonüklid görüntüleme, anatomik yapılara odaklanan diğer görüntüleme yöntemlerinin aksine hücresel düzeydeki biyokimyasal ve fizyolojik değişiklikleri değerlendirmektedir. Konvansiyonel radyografilerde kemik değişikliğini gözlemlemek için %40-50 oranında dekalsifikasyon olması gerekirken, nükleer sintigrafide %10 oranındaki osteolitik ve osteojenik aktivite saptanabilmektedir.⁶ Romatoid artrit veya osteoartrit hastalarında erken tanı ve metabolik aktiviteyi değerlendirmede, metastazik büyüme, kondiler hiperplazi, sinovyal enflamasyonun tespitinde ve artrit miktarının değerlendirilmesinde yararlıdır.⁵⁸

Bu yöntemde damar içine enjekte edilen, gama radyasyonu yayan radyonüklid etiketli çeşitli radyofarmasötikler kullanılır. Bir gama sintilasyon kamerası, floresan ışına kristali kullanarak yayılan gama radyasyonu algılar. Floresans daha sonra bir görüntü oluşturmak için bir çoğaltıcı tarafından büyütülür. İncelenen vücut bölgesindeki metabolik hiperaktivite radyonüklid alımını artırmaktadır. İdeal bir radyonüklidin 100-250 KeV arasında enerjiye sahip, uygun fiyatlı, kolay elde edilebilir, yarı ömrü kullanıma uygun, hedef/hedef olmayan oranı yüksek, steril, ajirojen, izotonik, izohidrik ve saf gama ışını saçıyor olması beklenmektedir.⁶⁷ İncelenen dokunun radyonüklid alma miktarı lokal kan akımı, vasküler geçirgenlik, enzimatik etki, fosfata bağlanan mineralleşmiş kemik kristalleri ve olgunlaşmamış kollajen miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterir.⁶

Kayıt cihazının tipine bağlı olarak nükleer görüntüleme yöntemleri, tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT) ve pozitron emisyon tomografisi (PET) olarak ikiye ayrılmıştır.

Tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT)

Bu yöntemde 180° veya değişken açılı kolimatörlü gama sintilasyon kamerasının hasta etrafında tam dönüşü ile birden fazla görüntü ve kesit elde edilir ve tomografik çözümleme ile üç boyutlu olarak

işlenir.⁶⁸ SPECT yönteminde görüntülerin kesitsel düzeyde ayrılabilmesi sayesinde üst üste gelen yapılar ve küçük boyuttaki lezyonlar değerlendirilebilir.⁶⁷ SPECT yönteminde kolimatör ile görüntülenecek alanın arasındaki mesafe çözünürlüğü etkilemektedir. SPECT yönteminde ^{99m}Tc, ²⁰¹Tl, ⁶⁷Ga, ¹²³I radyonüklidleri kullanılmaktadır. ^{99m}Tc, SPECT uygulamasında en sık kullanılan radyoizotoptur.⁶⁸

Pozitron emisyon tomografisi (PET)

Pozitron emisyon tomografisinde halka şeklindeki dizilmiş sintilasyon kameralarının, pozitron yayan radyonüklidler uygulandıktan sonra oluşan zıt yöndeki iki annihilasyon fotonunu saptaması sonucu görüntü oluşturulur. PET taramasında ¹¹C, ¹³N, ¹⁵O, ¹⁸F, ⁶⁴Cu, ⁸⁹Zr radyonüklidleri kullanılmaktadır. ¹⁸F, PET uygulamasında en sık kullanılan radyoizotoptur.⁶⁸ PET, SPECT'ten daha hassas ve daha yüksek çözünürlükte görüntüler sağlamaktadır.⁶⁸

Hibrit yöntem (PET/CT, PET/MRG, SPECT/CT, SPECT/MRG)

Radyonüklid dağılımını lokalize etmek için PET ve SPECT genellikle BT ve MRG gibi yüksek çözünürlüklü anatomik veri sunan görüntülemelerle birleştirilir. Bu şekilde elde edilen görüntüler transaksiyal, koronal ve sagittal düzlemlerde incelenebilmektedir.⁶⁹

Hu ve arkadaşları⁶⁹ temporomandibular eklemi tutan tenosinovyal dev hücreli tümör bulunan 74 yaşındaki bir vakada BT, MRG ve ¹⁸F-FDG-PET/CT değerlendirmesi yapmışlardır. BT'de lezyonun solid kısmında mikst dansite görüntüsü ile birlikte bitişik kemikte erozyon, MRG'de kitlenin solid kısmında hipointens, kistik kısımda hiperintens ve T2 ağırlıklı görüntülerde nekroz gözlenmiş ve ¹⁸F-FDG-PET/CT taramasında kitlenin solid kısmında FDG alımı artmıştır. Üç farklı görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen bu vakada BT ve MRG kitlenin genişliğini ve kemik yıkımının incelenmesini sağlamıştır. Ancak, PET/CT taraması ile yüksek miktarda radyonüklid alımı, diffüz tipte bening bir

lezyon olan kitlenin malign tanısına sebep olmuştur.

Sonuç

Temporomandibular eklem düzensizliklerinin tanısında esas olarak hastanın anamnezi ve klinik muayenesi kullanılmasına karşın, tanının kesinleştirilmesi ve hasta takibinde görüntüleme yöntemlerinin kullanımı önemli klinik veri sağlamaktadır. Temporomandibular eklem görüntülenmesinde invaziv ve non-invaziv pek çok görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır. Günümüzde sert doku görüntülemesinde konik ışınli bilgisayarlı tomografi ideal görüntüleme yöntemi iken yumuşak doku görüntülenmesinde manyetik rezonans görüntüleme altın standart olarak kabul edilmektedir. Ultrasonografi yönteminin eklem adezyonu ve disk deplasmanı tanısında doğruluğu kanıtlanmıştır. Artrografi yöntemi uzman bir uygulayıcı tarafından yapılması koşuluyla perforasyon tanısında fayda sağlamaktadır.

Hekimin görüntüleme yöntemlerinin güçlü ve zayıf yanlarını iyi bilmesi ve kullanılacak yöntemin seçiminde maliyet, ulaşılabilirlik, radyasyon dozu gibi faktörleri göz önünde bulundurarak hastanın yararına ve mevcut patolojiye uygun olan yöntem karar vermesi önemlidir.

Yazar Katkısı: Sorumlu yazar literatür taramasını yapmış, metni oluşturmuş ve tabloyu hazırlamıştır. İkinci yazar metnin doğruluğunu incelemiş ve uygun bulmadığı kısımların düzeltmelerini yapmıştır.

Mali destek: Herhangi bir mali destek alınmamıştır.

Çıkar çatışması: Yazarlar hiçbir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Kaynaklar

1. Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. Elsevier Health Sciences Philadelphia

2. LeResche L, Von Korff M. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: Review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord* 1992;6:301-355.
3. Larheim TA, Hol C, Ottersen MK, Mork-Knutsen BB, Arvidsson LZ. The role of imaging in the diagnosis of temporomandibular joint pathology. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*. 2018; 30: 239-249.
4. Demirturk Kocasarac H, Celenk P. Effectiveness of digital subtraction radiography in detecting artificially created osteophytes and erosions in the temporomandibular joint. *Imaging Science in Dentistry* 2017;47:99-107.
5. Brooks SL, Brand JW, Gibbs SJ, Hollender L, Lurie AG, Omnell KÅ et al. Imaging of the temporomandibular joint: A position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 1997; 83: 609-618.
6. Lewis EL, Dolwick MF, Abramowicz S, Reeder SL. Contemporary imaging of the temporomandibular joint. *Dental Clinics of North America* 2008;52:875-890.
7. Mendoza-García LV, Espinosa de Santillana IA, Hernández Vidal V. Temporomandibular disorders and mandibular vertical asymmetry. *Cranio* 2019;37:290-295.
8. Gilboa I, Cardash HS, Kaffe I, Gross MD. Condylar guidance: Correlation between articular morphology and panoramic radiographic images in dry human skulls. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2008;99:477-482.
9. Hintze H, Wiese M, Wenzel A. Comparison of three radiographic methods for detection of morphological temporomandibular joint changes: Panoramic, scanographic and tomographic examination. *Dentomaxillofacial Radiology* 2009;38:134-140.

10. Rozylo-Kalinowska I, Orhan K. Imaging of the Temporomandibular Joint. Springer
11. Paknahad M, Shahidi S, Iranpour S, Mirhadi S, Paknahad M. Cone-Beam computed tomographic assessment of mandibular Condylar Position in patients with temporomandibular joint dysfunction and in healthy subjects. *International Journal of Dentistry* 2015;2015:301796.
12. Ruf S, Panzer H. Is orthopantomography reliable for TMJ diagnosis? An experimental study on a dry skull. *Journal of Orofacial Pain* 1995;9.
13. RAMstad T, Hensten Pettersen O, Mohn E, Ibrahim Si. A methodological study of errors in vertical measurements of edentulous ridge height on orthopantomographic radiograms. *Journal of Oral Rehabilitation* 1978;5:403-412.
14. Peterson LJ, Naidoo LCD. Lateral pterygoid muscle and its relationship to the meniscus of the temporomandibular joint. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 1996;82:4-9.
15. Meng J, Zhang W, Liu D, Zhao Y, Ma X. Diagnostic evaluation of the temporomandibular joint osteoarthritis using cone beam computed tomography compared with conventional radiographic technology. *Journal of Peking University. Health Sciences* 2007;39:26-29.
16. Sudheesh K, Desai R, Siva Bharani KS, Subhalakshmi S. Evaluation of the mandibular function, after nonsurgical treatment of unilateral subcondylar fracture: A 1-year follow-up study. *Craniomaxillofacial Trauma & Reconstruction* 2016;9:229-234.
17. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology-E-Book: Principles and interpretation. Elsevier Health Sciences
18. Quantrill J, Lewis J. The interpretation of temporomandibular joint radiographs. *South African Medical Journal* 1973;47.
19. Pamukçu U, Toraman Alkurt M, Peker İ. Lateral sefalometrik radyografide izlenen artefaktlar. *7tepe Klinik Dergisi* 2019; 15: 159-165.
20. Obamiyi S, Malik S, Wang Z, Singh S, Rossouw E, Fishman L ve ark. Radiographic features associated with temporomandibular joint disorders among African, White, Chinese, Hispanic, and Indian racial groups. *Nigerian Journal of Clinical Practice* 2018;21:1495-1500.
21. Bertram S, Moriggl A, Neunteufel N, Rudisch A, Emshoff R. Lateral cephalometric analysis of mandibular morphology: Discrimination among subjects with and without temporomandibular joint disk displacement and osteoarthritis. *Journal of Oral Rehabilitation* 2012;39:93-99.
22. Konark AS, Jayam C, Singh R, Huda I, Nabi AT. Assessment of sagittal condylar guidance with protrusive inter-occlusal method, panoramic radiographs, and lateral cephalogram: A comparative study. *The Journal of Contemporary Dental Practice* 2021;22:48.
23. Boel T, Sofyanti E, Sufarnap E. Analyzing menton deviation in posteroanterior cephalogram in early detection of temporomandibular disorder. *International Journal of Dentistry*. 2017;2017.
24. Guercio-Monaco E, De Stefano A, Impelizzeri A, Galluccio G. Association between the temporomandibular joint disc position on magnetic resonance imaging and the mandibular deviation on posteroanterior cephalogram: A cross-sectional study in adolescents. *La Clinica Terapeutica* 2020;171.
25. Tsai C-M, Wu F-Y, Chai J-W, Chen M-H, Kao C-T. The advantage of cone-beam computerized tomography over panoramic radiography and temporomandibular joint quadruple radiography in assessing temporomandibular joint osseous degenerative changes. *Journal of Dental Sciences* 2020;15:153-162.
26. Im Y-G, Lee J-S, Park J-I, Lim H-S, Kim B-G, Kim J-H. Diagnostic accuracy and

- reliability of panoramic temporomandibular joint (TMJ) radiography to detect bony lesions in patients with TMJ osteoarthritis. *Journal of Dental Sciences* 2018;13:396-404.
27. Hekmatian E, Sharif S, Khodaian N. Digital subtraction radiography in dentistry. *Dental Res J* 2005;2:106-111.
 28. Masood F, Katz JO, Hardman PK, Glaros AG, Spencer P. Comparison of panoramic radiography and panoramic digital subtraction radiography in the detection of simulated osteophytic lesions of the mandibular condyle. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2002;93:626-631.
 29. Pooley RA, McKinney JM, Miller DA. The AAPM/RSNA physics tutorial for residents: Digital fluoroscopy. *Radiographics* 2001;21:521-534.
 30. Gupta P, Thombare RU, Pakhan A, Motwani B, Lakhkar B. Digital fluoroscopy in prosthodontics. *Journal of Interdisciplinary Dentistry* 2011;1:105.
 31. Guercio Monaco E, De Stefano AA, Hernandez-Andara A, Galluccio G. Correlation between condylar size on CT and position of the articular disc on MRI of the temporomandibular joint. *CRANIO®* 2019:1-8.
 32. Kaimal S, Ahmad M, Kang W, Nixdorf D, Schiffman EL. Diagnostic accuracy of panoramic radiography and MRI for detecting signs of TMJ degenerative joint disease. *Gen Dent* 2018;66:34-40.
 33. Wiese M, Wenzel A, Hintze H, et al. Osseous changes and condyle position in TMJ tomograms: Impact of RDC/TMD clinical diagnoses on agreement between expected and actual findings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2008;106:e52-e63.
 34. Westesson P-L, Katzberg RW, Tallents RH, Sanchez-Woodworth R, Svensson S. CT and MR of the temporomandibular joint: Comparison with autopsy specimens. *American Journal of Roentgenology* 1987;148:1165-1171.
 35. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IB. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: Preliminary results. *European radiology* 1998; 8:1558-1564.
 36. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal-Canadian Dental Association* 2006;72:75.
 37. Kadesjö N, Benchimol D, Falahat B, Näsström K, Shi X. Evaluation of the effective dose of cone beam CT and multislice CT for temporomandibular joint examinations at optimized exposure levels. *Dentomaxillofacial Radiology* 2015;44(8):20150041.
 38. Ludlow J, Timothy R, Walker C et al. Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiology* 2015;44(1):20140197.
 39. Caruso S, Storti E, Nota A, Ehsani S, Gatto R. Temporomandibular joint anatomy assessed by CBCT images. *BioMed Research International* 2017;2017.
 40. De Boer E, Dijkstra P, Stegenga B, De Bont L, Spijkervet F. Value of cone-beam computed tomography in the process of diagnosis and management of disorders of the temporomandibular joint. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2014;52:241-246.
 41. Whyte A, Boeddinghaus R, Bartley A, Vijeyaendra R. Imaging of the temporomandibular joint. *Clinical Radiology* 2020;76(1):76-e21.
 42. Schmitter M, Gabbert O, Ohlmann B, Hassel A, Wolff D, Rammelsberg P, Kress B. Assessment of the reliability and validity of panoramic imaging for assessment of mandibular condyle morphology using both MRI and clinical examination as the gold standard. *Oral surgery, Oral Medicine, Oral Pathology,*

- Oral Radiology, and Endodontology* 2006;102:220-224.
43. Westesson P, Brooks S. Temporomandibular joint: Relationship between MR evidence of effusion and the presence of pain and disk displacement. *AJR. American Journal of Roentgenology* 1992;159:559-563.
 44. Gedrange T, Gredes T, Hietschold V, Kunert-Keil C, Dominiak M, Gerber H, Spassov A, Laniado M. Comparison of reference points in different methods of temporomandibular joint imaging. *Advances in Medical Sciences* 2012;57:157-162.
 45. Yalçın S, Aktaş İ. Dişhekimliğinde Temporomandibular Eklem Hastalarına Yaklaşım. *Vestiyer Yayın Grubu İstanbul* 2010.
 46. Aksoy S, Orhan K. Manyetik rezonans görüntülemenin dentomaksillofasiyal bölgedeki kullanım alanları. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Özel Dergisi* 2010;1:44-57.
 47. Arayasantiparb R, Tsuchimochi M, Mitirattanakul S. Transformation of temporomandibular joint disc configuration in internal derangement patients using magnetic resonance imaging. *Oral Science International* 2012;9:43-48.
 48. Afroz S, Naritani M, Hosoki H, Matsuka Y. Posterior disc displacement of the temporomandibular joint: A rare case report. *CRANIO®* 2020;38:273-278.
 49. Toyama M, Kurita K, Koga K, Rivera G. Magnetic resonance arthrography of the Otemporomandibular joint. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2000;58:978-983.
 50. Ogasawara T, Kitagawa Y, Ogawa T, Yamada T, Kawamura Y, Sano K. Inflammatory change in the upper joint space in temporomandibular joint with internal derangement on gadolinium-enhanced MR imaging. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2002;31:252-256.
 51. Hodler J. Technical errors in MR arthrography. *Skeletal Radiology* 2008;37:9-18.
 52. Jäghagen EL, Ahlqvist J. Arthrography of the temporomandibular joint: Main diagnostic and therapeutic applications. *Clinical Dentistry Reviewed* 2020;4:1-9.
 53. Matsumoto K, Sato T, Iwanari S, Kameoka S, Oki H, Komiyama K et al. The use of arthrography in the diagnosis of temporomandibular joint synovial chondromatosis. *Dentomaxillofacial Radiology* 2013;42:15388284-15388284.
 54. Li W, Wei L, Wang F, Cheng Y, Li B. Introduction of meglumine diatrizoate into the middle cranial fossa: A rare fatal complication of temporomandibular joint arthrography. *Journal of Craniofacial Surgery* 2018;29:e665-e667.
 55. Melis M, Secci S, Ceneviz C. Use of ultrasonography for the diagnosis of temporomandibular joint disorders: A review. *Am J Dent* 2007;20:73-78.
 56. Emshoff R, Jank S, Rudisch A, Bodner G. Are high-resolution ultrasonographic signs of disc displacement valid? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2002;60:623-628.
 57. Elias FM, Birman EG, Jorge WA, Homsí C. Ultrasonography of the temporomandibular joint: Where is the disc? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2002;60:1381.
 58. Almeida FT, Pacheco-Pereira C, Flores-Mir C, Le LH, Jaremko JL, Major PW. Diagnostic ultrasound assessment of temporomandibular joints: A systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofacial Radiology* 2019;48:20180144.
 59. Kumar LK S, Zachariah GP, Chandran S. Ultrasonography: A step forward in temporomandibular joint imaging. A preliminary descriptive study. *Clinics and Practice* 2019;9:65-68.
 60. Motoyoshi M, Kamijo K, Numata K, Namura S. Ultrasonic imaging of the temporomandibular joint: A clinical trial

- for diagnosis of internal derangement. *Journal of Oral Science* 1998;40: 89-94.
61. Li C, Su N, Yang X, Yang X, Shi Z, Li L. Ultrasonography for detection of disc displacement of temporomandibular joint: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2012;70:1300-1309.
62. Surej Kumar L, Zachariah GP, Chandran S. Ultrasonography: A step forward in temporomandibular joint imaging. A preliminary descriptive study. *Clinics and Practice* 2019;9.
63. Landes C, Walendzik H, Klein C. Sonography of the temporomandibular joint from 60 examinations and comparison with MRI and axiography. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 2000;28:352-361.
64. Zwir LF, Terreri MT, e Castro AdA, Rodrigues WD, Fernandes ARC. Is power doppler ultrasound useful to evaluate temporomandibular joint inflammatory activity in juvenile idiopathic arthritis? *Clinical Rheumatology* 2019:1-4.
65. Friedman SN, Grushka M, Beituni HK, Rehman M, Bressler HB et al. Advanced Ultrasound Screening for Temporomandibular Joint (TMJ) Internal Derangement. *Radiology Research and Practice* 2020;2020:1809690.
66. Yılmaz D, Kamburoğlu K. Comparison of the effectiveness of high resolution ultrasound with MRI in patients with temporomandibular joint disorders. *Dentomaxillofacial Radiology* 2019;48:20180349.
67. Gündoğdu EA, Özgenç E, Ekinci M, Özdemir Dİ, Aşikoğlu M. Nükleer tıpta görüntüleme ve tedavide kullanılan radyofarmasötikler. *Literatür Eczacılık Bilimleri Dergisi* 2018;7:24-34.
68. Başaran M, Bozdemir E. Güncel Literatür Işığında temporomandibular eklem rahatsızlıklarında kullanılan görüntüleme yöntemleri. *Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 2020;3(1):15-26.
69. Hu Y, Kuang B, Chen Y, Shu J. Imaging features for diffuse-type tenosynovial giant cell tumor of the temporomandibular joint: A case report. *Medicine (Baltimore)* 2017;96:e7383.