ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ YAYINLARI
ATATURK UNIVERSITY PUBLICATIONS

Current Research in Dental Sciences

Derleme *Review*

DOI: 10.17567/ataunidfd.1038856

Çocuk diş hekimliğinde kullanılan farklı radyografi tekniklerinde radyasyon dozunu azaltıcı önlemler

Measures to reduce radiation dose in different radiography techniques used in pediatric dentistry

Aybike BAŞ
Sera ŞİMŞEK DERELİOĞLU

Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye

ÖZ

Çocuk diş hekimliğinde teşhis, tedavi ve takip amacıyla radyografik görüntüleme yöntemlerine başvurulmaktadır. Radyografik yöntemlerin çalışma prensibi iyonize edici radyasyona dayanmaktadır. Kullanılan radyografik yöntemlerin ihmal edilebilir düzeyde hasta dozu oluşturduğu kabul edilse de günümüzde iyonize radyasyon maruziyetinin herhangi bir eşik doz olmaksızın kanser gelişim riskine neden olabileceği bilinmektedir. Çocuk hastalarda erişkinlere kıyasla daha yüksek mitotik aktivite gösteren, daha az gelişmiş ve daha az farklılaşmış hücrelerin varlığı bunun yanı sıra çocukların fiziksel olarak küçük olmaları sebebiyle direk veya saçılmış radyasyona daha çok organ ve dokunun maruz kalması kanser gelişme riskini arttırmaktadır. Çocuklarda radyasyona en duyarlı olan doku ve organlar tiroid, meme, kemik iliği, beyin ve cilt olarak gösterilmiş olup, dental radyografik muayene sırasında birincil veya saçılan X ışınlarından en çok etkilenen alanlardır. Bu nedenle, gerekli olduğu durumlarda radyografik muayeneye başvurulmalı ve radyasyon dozunu azaltan önlemler alınmalıdır. Bu derlemedeki amacımız; radyasyona daha duyarlı olan çocuk hastalarda, hangi durumlarda radyografik yöntemlerin kullanılması gerektiğini, X ışını cihazlarındaki bazı modifikasyonlar ile çocuk hastalarda radyasyon dozunu azaltabilecek uygulamaları ve kullanılabilecek koruyucu ekipmanları yapılan pek çok çalışma yardımıyla ortaya koymaktır.

Anahtar kelimeler: Deterministik etki, efektif doz, eşdeğer doz, ekstraoral radyografi, intraoral radyografi, iyonize radyasyon, sitokastik etki

ABSTRACT

Radiographic imaging methods are used in pediatric dentistry for diagnosis, treatment, and follow-up. The operation principle of radiographic methods is based on ionizing radiation. Even though the patient dose of the radiographic methods used is accepted to be at a negligible level, it is now known that ionizing radiation exposure can cause cancer without a threshold dose. The presence of less developed and less differentiated cells showing higher mitotic activity in pediatric patients compared to adults, as well as the exposure of more organs and tissues to direct or scatter radiation because children are physically small increases the risk of cancer development. It has been shown that the thyroid, breast, bone marrow, brain, and skin are the tissues and organs most sensitive to radiation in children, and they are the areas most affected by primary or scattered X-rays during dental radiographic examination. Therefore, radiographic examinations should be performed only when necessary, and steps should be taken to reduce radiation exposure. With the help of numerous studies, our aim in this study is to present in which situation the radiographic methods should be used in pediatric patients who are more sensitive to radiation, some modifications in X-ray devices, applications that can reduce the radiation dose in pediatric patients, and protective equipment that can be used on pediatric patients.

Keywords: Deterministic effect, effective dose, equivalent dose, extraoral radiography, intraoral radiography, ionizing radiation, stochastic effect

Geliş Tarihi/Received: 03.08.2021
Kabul Tarihi/Accepted: 20.12.2021

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aybike BAŞ
E-mail: aybike.bas@idu.edu.tr
aybkbass@gmail.com

Cite this article: Baş A, Şimşek Derelioğlu S. Measures to reduce radiation dose in different radiography techniques used in pediatric dentistry. *Curr Res Dent Sci.* 2022; 32(3): 231-238.

Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Çocuk diş hekimliğinde genellikle çürük lezyonlarının teşhisinde, diş yaralanmalarının değerlendirilmesinde, dişlerin gelişimsel anomalilerinin saptanmasında, ve patolojik durumların mevcudiyetinde radyografik görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.[1] Diğer teşhis yöntemlerinin aksine radyografik yöntemlerin çalışma prensibi iyonize edici radyasyona dayanmakta ve bu nedenle kontrollü kullanımları gerekmektedir.[1,2] Çocukluk döneminde iyonize radyasyona maruz kalınması durumunda diğer yaş gruplarına göre 2-3 kat daha fazla kanser oluşma riski olduğu bildirilmiştir.[3] Çocuklarda, yüksek mitotik aktivite gösteren, daha az gelişmiş ve daha az farklılaşmış hücrelerin varlığı çocuk hasta grubunu yetişkinlere göre radyasyona daha duyarlı hale getirmektedir.[2,4] Ayrıca, çocuklar fiziksel olarak daha küçük olduklarından görüntüleme tekniklerinin uygulandığı esnada daha çok doku ve organ radyasyondan etkilenmektedir. Bu nedenle, çocuklarda özellikle tiroit ve beyin gibi hayati organların ışınlama alanına daha yakın konumları nedeniyle, yetişkinlere göre doğrudan ve saçılmış radyasyona maruz kalma ihtimali artmaktadır.[3,4] Bunun yanı sıra, radyasyon etkileri on yıllar sonrasında bile ortaya çıkabileceğinden, çocuklarda öngörülen uzun yaşam süresi içinde kümülatif olarak radyasyon dozu birikimi sonucunda kanser gelişme riski artmaktadır.[2-4] Çocuklarda radyasyona en duyarlı olan doku

ve organlar tiroit, kemik iliği, beyin ve cilt olup dental radyografik muayene sırasında birincil veya saçılan X ışınlarından en çok etkilenen alanlardır.[5,6] Radyografik muayene sırasında bu yapıların radyasyon maruziyeti mümkün olduğunca önlenmelidir.

Bu derlemenin amacı, klinikte sıklıkla başvurduğumuz farklı radyografik yöntemlerin radyasyona daha duyarlı olan çocuk hastalardaki kullanım alanlarını, X ışını cihazlarındaki bazı modifikasyonlar ile çocuk hastalarda radyasyon dozunu azaltabilecek uygulamaları ve kullanılabilecek koruyucu ekipmanları günümüze dek yapılan pek çok çalışma ışığında ortaya koymaktır.

Çocuklarda Radyografi Teknikleri

Çocuk hastalarda hangi durumlarda radyografik görüntüleme tercih edilmesi gerektiği EAPD ve AAPD rehberlerinde belirtilmiştir. Çürük, pulpal ve periapikal patolojiler, travmatik yaralanmalar, sürme problemleri, gelişimsel anomaliler, ortodontik tedavi planlaması ve hasta değerlendirilmesi, belirgin şişlikler, dişlerde açıklanamayan renklenmeler ve hassasiyet, açıklanamayan kanama varlığı, mobilite, derin periodontal cepler, fistül oluşumu, dişler arasında doğal olmayan boşluklar, diş tedavilerine cevap alınamayan durumlar, doğal olmayan diş morfolojileri, hastada ağrı varlığı, ailede dental anomali hikayesi, post operatif değerlendirme bu rehberlerde radyografik görüntüleme gerektiren durumlar olarak tablo haline getirilmiştir (Tablo 1).[1] Çocuk diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan 2 boyutlu radyografik görüntüleme yöntemleri; periapikal, bite-wing, okluzal, lateral oblik, sefalometrik, kafatası ve panoramik görüntüleme teknikleri olarak sıralanabilir.[2] Bu yöntemlerin dışında diş hekimlerinin nadiren başvurdukları görüntüleme yöntemleri de radyoizotop görüntüleme, multidedektör bilgisayarlı tomografi (MSCT), konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), ultrason, ve manyetik rezonans görüntüleme (MRI) çocuk diş hekimliğinde zaman zaman kullanılmaktadır.[2,7] Bu görüntüleme yöntemlerinden, MRI ve ultrason iyonize radyasyon kullanmamaktadır. İyonize radyasyon kullanan diğer görüntüleme teknikleri arasında ise ciddi doz farkları bulunmaktadır.[2] Özellikle bilgisayarlı tomografi (BT) yöntemleri hem yetişkin hem de pediatrik hasta grubu için azaltılmış dozlarda panoramik (ortalama radyasyon dozu 24 mSv) veya periapikal (ortalama radyasyon dozu 3mSv) görüntüleme tekniklerine oranla oldukça yüksek hasta dozuna neden olmaktadır.[8,9] Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), BT'ye göre 8 ila 10 kat daha az radyasyon dozuna neden olması, daha ucuz ve daha küçük dizaynı ile klinik kullanıma uygun olması, 10-40 sn gibi kısa bir sürede tarama yapabilmesi, görüntü artefaktlarını azaltması ve doğru görüntülerin elde edilebilmesi gibi avantajları ile diş hekimliğinde daha sık kullanıma imkan sunmaktadır.[10-12] KIBT, BT'ye göre daha az radyasyon dozuna sahip olmasına rağmen, 2 boyutlu görüntüleme yöntemlerine göre daha yüksek iyonize radyasyon dozu kullanmaktadır.[9] Bu nedenle, özellikle çocuk hasta grubunda kullanımına dikkat edilmelidir.

Radyasyona Maruz Kalmanın Biyolojik Zararları

Radyasyona maruz kalmanın biyolojik zararları sitokastik veya deterministik etki olarak sınıflandırılmaktadır.[13] Deterministik etkide alınan radyasyon dozu oldukça yüksektir ve baskın biyolojik yan etki hücre ölümüdür. Ayrıca, bu yan etkiler belirli bir eşik değere sahiptir ve bu eşik değer üzerindeki dozlarda etkilerin görülme sıklığı ve şiddeti artabilir.[13] Sitokastik etki ise herhangi bir eşik doza sahip değildir ve çok küçük radyasyon dozlarında bile ortaya çıkabilir.[13,14] Radyasyon dozu ve maruz kalma sıklığı arttıkça uzun vadede sitokastik etki görülme olasılığı artabilir fakat ortaya çıkan etkinin şiddeti etkilenmez.[15] Sitokastik etkiler, somatik hücrelerde DNA hasarı sonucunda kanser olarak ortaya çıkarken, eşey hücrelerinde meydana gelen hasar sonucunda kalıtımsal etkilere neden olabilir.[13,15,16] Diş hekimliğinde kullanılan diagnostik görüntüleme yöntemlerinin oluşturduğu hasta dozunun oldukça düşük ve ihmal edilebilir olduğu bilinmektedir.[1,17] Bu nedenle, diagnostik görüntüleme yöntemlerindeki hasta dozunun deterministik etki oluşturmadığı fakat sitokastik etkiye neden olabileceği belirtilmiş olup, özellikle yarar sağladığı durumlarda kullanımı tavsiye edilmektedir.[2]

Sitokastik etkilerin ürünü olan kanser gelişim riski üzerinde aşağıda belirtilen faktörler rol oynamaktadır;

- Hastanın cinsiyeti: Kadınlar erkeklere göre radyasyona daha duyarlıdır,
- Radyasyona maruziyet yaşı: Çocukluk dönemindeki bireyler yetişkinlere göre radyasyona daha duyarlıdır.
- Radyasyona maruziyetin ardından geçen süre: Radyasyon maruziyeti sonucunda kanserin ortaya çıkması yıllar sürebilir. Örneğin; solid kanserlerin gelişme süresi ortalama10-15 yıldır.
- Altta yatan hastalıklar: Özellikle çocukluk döneminde radyoterapi sonrasında kanser gelişim riski artmaktadır.
- Diğer potansiyel kanser geliştiriciler: Bireylerin sigara kullanımı tek başına etken olmakla birlikte radyasyona maruziyet sonucunda kanser gelişim riskini daha çok artırmaktadır.[18]

Diş hekimliğinde uygulanan radyografik yöntemlerin intrakranial menenjiom, parotis tümörü ve tiroit kanseri gelişimi riskini arttırdığı gösterilmiştir.[19-22] Yapılan çalışmalarda parotis bezindeki kümülatif radyasyon birikiminin %85'nin diş muayenesi sırasında uygulanan radyografik yöntemler nedeniyle olduğu, parotiste gelişen malignitelerin özellikle 20 yaş altında bireylere uygulanan radyografik yöntemler (tam ağız radyografileri, panoramik radyografi ve baş bölgesine uygulanan tıbbi görüntüleme yöntemleri) sonucunda artış gösterdiği ortaya konulmuştur.[19,20] Diş radyografisi uygulanan hastalarda intrakranial menenjiom gelişme riskinin arttığını gösteren çalışmada, katılımcıların neredeyse hepsinden en az 1 bitewing radyografi alındığı, %75'inden ise tam ağız serisi alındığı bildirilmiştir. Ayrıca, yaş fark etmeksizin menenjiom gelişme riski alınan bitewing radyografi sayısı ile pa-

Tablo 1. Çocuklarda radyografik görüntüleme tercih edilmesi gereken durumlar

OBJEKTİF BULGULAR	ANAMNEZE DAYANAN BULGULAR
• Çürük	• Ağrı hikayesi
• Pulpal ve periapikal patoloji	• Dental travma hikayesi
• Travmatik yaralanmalar	• Postoperatif değerlendirme
• Sürme problemleri	• Dental anomaliye sahip aile hikayesi
• Gelişimsel anomaliler	
• Dişlerde beklenilmeyen renklenmeler	
• Ortodontik tedavi değerlendirilmesi ve planlanması	
• Şişlik bulgusu	
• Beklenilmeyen diş mobilitesi	
• Beklenilmeyen kanama varlığı	
• Derin periodontal cepler	
• Fistül oluşumu	
• Tek taraflı diş boşluğu veya dişlerde migrasyonlar	
• Geleneksel dental tedavilere cevap alınamaması	
• Anormal diş morfolojileri, kalsifikasyonlar ve renklenmeler	
• Büyüme- gelişmedeki anomaliler	
• Değişmiş oklüzal ilişki	
• Sistemik hastalıkların tanısına katkı sağlamak amacıyla	

ralellik göstermekle birlikte riskin 10 yaş altındaki çocuklarda 5 kat fazla olduğu bildirilmiştir.[21] Diş hekimliğinde kullanılan radyografik yöntemler, baş boyun bölgesindeki radyasyona en çok duyarlı organlardan biri olan tiroit için de kanser riski oluşturmaktadır. Özellikle, küçük yaşta iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalma, tiroit kanseri için belirlenmiş çevresel risk faktörüdür ve diş hekimliğinde kullanılan radyografik yöntemler dışındaki diğer diagnostik yöntemlerle tiroit kanseri gelişmesi arasında bir ilişki bulunamamıştır.[22,23] Bununla birlikte, yapılan çalışmalarda, tekrarlanan radyografi sayısı ile tiroid kanseri gelişim riskinin arttığı ve özellikle papillar karsinom gelişme riskinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir.[23]

İyonize radyasyona maruziyet sonucunda kanser gelişiminin uzun yıllar sonra ortaya çıkabileceği öngörüldüğünden[18], maruziyet sonucunda hücrelerdeki genetik hasarın ve mutagenezin hızlıca değerlendirilebilmesi için biyo-izleme ve mikronükleus testleri kullanılmaktadır.[24,25] Hastalardan 10 gün [epiteldeki döngü (turnover) genellikle 7-16 gün sürmektedir] sonra ağız içi epitelden alınan sürüntü örnekleri değerlendirildiğinde, diş hekimliğinde kullanılan X-ray cihazlarının kromozomal hasara ve apoptozu uyaran genotoksik etkilere neden olduğu gösterilmiştir.[24,25] Çocuklarda ortodontik tedavi planlaması sırasında alınan KIBT ve diğer diş radyografilerinin hücresel değişimler üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği çalışmada; iyonize radyasyona maruziyet sonucunda ağız epiteli hücrelerinde sitotoksik değişimlerin görüldüğü, özellikle KIBT alınan hasta grubunda hücre ölümü oranının çok daha yüksek olduğu bildirilmiştir.[24] Hücre ölümü ve genotoksik olmayan mekanizmalar ile kanserogenezisin yakın ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda, diş hekimliğinde uygulanan tüm radyografik yöntemlerin hücre ölümünde artışa neden olduğu ve bu nedenle haklı gerekçelerle kullanılması gerektiğinin altı çizilmelidir.[24]

İntraoral Radyografik Görüntüleme Tekniklerinde Radioprotektivite

İntraoral görüntüleme yöntemleri; periapikal, bitewing ve okluzal radyografiler olup, diş hekimliğinde en sık kullanılan radyografik görüntüleme yöntemleridir.[26,27] Bu görüntüleme teknikleri ALARA (As Low As Reasonably Achievable) prensibi göz önünde bulundurularak, yani hastayı mümkün olduğunca radyasyondan koruyacak şekilde, gerektiği durumlarda ve hasta dozunu azaltacak önlemler alınarak uygulanmalıdır.[26,28] Hastanın radyasyona maruz kalmasının engellenebilmesi için ilk basamakta, hekim hangi durumlarda radyografik tekniklerin kullanılması gerektiğini bilmeli ve teşhis, tedavi veya takip süreci için faydalı olacağını öngördüğü durumlarda radyografik yöntemlere başvurmalıdır.[1,29]

Klinikte çürük tespitinde görsel muayeneyi desteklemek amacıyla radyografik yöntemlere başvurulmadan önce popülasyondaki çürük prevalansı, hastanın; çürük deneyimi, beslenme alışkanlığı, flor alım sıklığı ve miktarı, oral hijyen ve sosyoekonomik düzeyi de ayrıca göz önünde bulundurularak radyografik muayenenin gerekli olup olmadığı veya gerekli ise hastanın ne sıklıkla takip edilmesi gerektiği değerlendirilmelidir.[1] Çocuklarda; proksimal yüzeylerde görsel ve dokunsal muayene yapılamayan durumlarda yüksek çürük risk grubunda 6-12 ay aralıklarla, düşük çürük risk grubunda ise 12-24 ay aralıklarla radyografilerin alınması önerilmiştir.[29] Çocuklarda çürüklerin erken dönemde tespiti minimal tedavi yaklaşımlarının ve koruyucu tedavilerin uygulanabilmesine olanak sunarken çürüklerin gözden kaçırılması durumunda ilerleme gösterdiklerinde, daha zorlu tedavilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan çalışmalarda, düşük çürük prevelansına sahip popülasyonlarda bile okul öncesi dönemdeki çocukların 3'te 1'inde proksimal yüzdeki lezyonların yalnızca görsel muayene ile tespit edilemedikleri ve radyografik muayeneye ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir.[30] Bu nedenle, düşük çürük risk grubu dışında tutulan çocuklarda süt dişlenme döneminde 5 yaşında, karışık dişlenmede 8-9 yaş aralığında ve daimi dişlenmeye geçildiğinde 12-16 yaş aralığında başlangıç bitewing radyografilerin alınması tavsiye edilmiştir.[1]

İntraoral görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç olduğu durumlarda hasta dozunu azaltan ve radyografilerin tekrarlanmasını engelleyen önlemlere uyulmalıdır. Öncelikle, hastaların yakın zamanda aynı veya başka bir klinikte radyografilerin alınıp alınmadığı kontrol edilmelidir.[1] Böylece radyografilerin tekrarlanması engellenebilir. Bunun yanı sıra, intraoral radyografilerin alınması esnasında radyografilerin tekrarlanmasının önlenebilmesi için filmler gereken bölgeye doğru şekilde yerleştirilmeli, hastanın baş pozisyonuna göre kon doğru hizalanmalı, radyografi alınmadan önce kontrol paneli üzerindeki değerler kontrol edilmeli, hastanın hareket etmemesine dikkat edilmelidir.[7] Genç popülasyonda tiroit bezi radyasyona en duyarlı organlardan biri olarak kabul edildiğinden radyografi alınması sırasında 30 yaş altındaki tüm hastalara tiroit koruyucu takılması önerilmiştir.[31,32] 1983-2006 yılları arasında yapılan prospektif bir çalışmada, alınan her 10 diş radyografisinin %13 oranında tiroit kanseri gelişmesi olasılığını arttırdığı gösterilmiş olup, diş hekimliği dışında kullanılan tanısal radyografik tekniklerin tiroit kanseri gelişimi ile ilişkisi bulunamamıştır.[22] Tiroit koruyucuların radyografik görüntü kalitesi üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamakla birlikte hastayı direkt ve saçılan X-ışınlarından korumaktadır.[32] Tiroit koruyucuların aksine, kurşun önlüklerin radyasyondan koruma üzerine etkisinin önemsiz olduğu E hızında filmlerin ve dikdörtgen kolimatörlerin rutin kullanımında kurşun önlük giyilmesinin ihmal edilebileceği ifade edilmiştir.[33]

Kolimatörler, X-ışını demetinin boyutlarını sınırlandırarak hem hasta dozunun azaltılmasını hem de saçılma radyasyonun azaltılmasıyla görüntü kalitesinin artmasını sağlamaktadır.[16,34] İntraoral görüntüleme tekniklerinde, geleneksel olarak dairesel kolimatörler kullanılmaktadır.[16] Dairesel kolimatörler yaklaşık 6 cm çapında ve 2 numaralı intraoral filmden yaklaşık %135 daha büyüktür ve yeterince kolimasyon sağlayamamaktadır.[16,35] Dikdörtgen kolimatörler, ışın demetinin daha çok sınırlandırılmasını sağlamakta ve saçılma radyasyonunu azaltmaktadır.[26] Dikdörtgen kolimatörlerin dairesel kolimatörlere göre radyasyon dozunu %50 ila %60 oranında azalttığı gösterilmiş olup, intraoral görüntüleme tekniklerinde kullanımı tavsiye edilmiştir.[36,37] X-ışını demetinin boyutlarının sınırlandırılması dışında hastaya gönderildiği uzaklık da hasta dozu üzerinde etkilidir. İntraoral görüntülemede X-ışını kaynağı ile hasta arasında 20 cm (8 inç) ve 40 cm (16 inç) olmak üzere iki standart uzaklık kullanılmaktadır. Mesafe artışıyla hasta dozunda önemli derecede azalma olduğu gösterilmiştir.[37]

X-ışını demeti içerisindeki düşük enerjili X-ışınları yeterince penetre olamayacakları için görüntü oluşumuna katkıları olmamakta, bunun yanı sıra hastanın cilt dozunu arttırmaktadırlar.[16] Düşük enerjili X-ışınlarının hastaya ulaşmasının engellenmesi için X ışını cihazına alüminyum bir parça eklenerek bu ışınlar filtre edilmektedir.[31] 60-70 kVp kullanılan cihazlarda 1,5mm Al ile total filtrasyon, 70 kVp ve üzeri değerlerde ise 2,5mm Al ile total filtrasyon tavsiye edilmiştir.[34] X ışını cihazında düşük kVp kullanımı düşük X-ışını enerjisine ve artan cilt dozuna neden olurken,[36] yüksek kVp kullanımı ise artan derinlik dozu ve saçılma radyasyonuna neden olmaktadır.[38] Bu nedenle, intraoral görüntüleme tekniklerinde 60-70 kVp aralığının kullanımı tavsiye edilmiştir.[36]

Hasta dozunun azaltılabilmesi için X ışınına maruz kalınan sürenin de azaltılması gerekmektedir. 0,14s, 0,16s ve 0,20s ışınlama sürelerinin eşdeğer ve efektif dozlara etkisinin değerlendirildiği çalışmada, sürenin azaltılmasıyla doz değerlerinin azaldığı gösterilmiştir.[37] İntraoral görüntülemede kullanılan filmlerin hızlarının artması veya dijital filmlerin kullanımı, ekspoz süresinin azalmasının yanı sıra hasta dozlarını da azaltmaktadır.[1,29] İntraoral görüntülemede, film hızına göre yavaştan hızlıya veya radyasyona duyarlılıklarına göre azdan çoğa, D, E ve F hızında filmler kullanılmakta ve E hızındaki filmlerden daha yavaş film kullanılmaması tavsiye edilmektedir.[29,31] E hızındaki filmlerin radyasyon dozunu %50[31], F hızındaki filmlerin ise E hızındaki filmlere kıyasla radyasyon dozunu %20-25 azalttığı[39] gösterilmiştir. Dijital radyografilerin kullanımı [Charge-Couple Device (CCD), fotostimülan fosfor plakalar (PSP plakalar)] konvansiyonel filmlere göre daha az ekspoz süresi ve daha az radyasyon dozu sağlamaktadır.[1,31] Bu nedenle, intraoral görüntülemede hasta dozunu azaltmak için kullanımı önerilmektedir.

Çürük Tespitinde Alternatif Yöntemler

Çürük tespitinde, hastayı radyasyondan korumak amacıyla iyonize radyasyon kullanmayan alternatif çürük tespit yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemler; elektriksel iletkenlik ölçümü [Elektronik Çürük Monitörü(ECM), (ACIST)], geliştirilmiş görsel teknikler [Fiber Optik Transillüminasyon (FOTI), Dijital Fiber Optik Transillüminasyon (DIFOTI), Kızıl Ötesine Yakın Işık Transillüminasyonu (NILT)], floresan teknikler [DIAGNOdent, kantitatif ışık ölçümlü floresans (QLF)], ultrasonografi olarak sıralanabilir.[40] Bitewing radyografiler, çürüklerin tespitinde, çürük lezyonlarının boyutlarının değerlendirilmesinde ve lezyonların takibinde sıklıkla kullanılan radyografik yöntemdir.[1] Özellikle, ara yüz çürüklerinin tespitinde ideal görüntüleme tekniği olduğu ifade edilmiş olup minede sınırlı okluzal yüzey çürükleri ve başlangıç çürüklerini tespit etmede yetersiz kalabildikleri bildirilmiştir.[37,41] Geliştirilmiş görsel çürük tespit yöntemlerinden DIFOTI[42] ve NILT[43] yöntemlerinin erken çürük lezyonlarının tespitinde radyografik yöntemlerden daha başarılı olduğu, ilerlemiş lezyonlarda ise benzer sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir. Başka bir çalışmada ise, QLF, DIAGNOdent ve DIFOTI yöntemlerinin çürük tespitinde altın standarda yakın duyarlılık ve özgüllüğe sahip olduğu bildirilmiştir.[44] Hastayı iyonize radyasyondan korumak amacıyla bu yöntemler radyografik yöntemlere alternatif olarak kullanılabilir.

Panoramik Radyografi Tekniğinde Radyoprotektivite

Panoramik radyografiler, çenelerin ve tüm dişlerin aynı anda görüntülenmesini sağlarken, ağız hastalıkları, patolojik lezyonlar, diş anomalileri, ve diş yaralanmalarının değerlendirilmesini sağlamaktadır.[31,45] Türkiye'deki diş hekimlerinin radyografik yöntemleri kullanım farkındalıklarının araştırıldığı bir çalışmada, en sık tercih edilen radyografik görüntüleme yönteminin panoramik radyografiler olduğu ortaya konulmuştur.[46] Klinikte sıklıkla tercih edilen görüntüleme yöntemi olmasına rağmen radyasyon dozu sınırlı sayıda alınan intraoral görüntüleme tekniklerine göre çok daha yüksektir.[45] F hızında film ve dikdörtgen kolimatör kullanılarak alınan 4 bitewing radyografinin ortalama radyasyon dozu 5,0 µSv iken CCD kullanılan panoramik görüntülemede radyasyon dozu 14,2 ila 24,3 µSv olarak gösterilmiştir.[45] Fakat panoramik görüntüleme, tüm ağız incelemesi gereken durumlarda alınması gereken intraoral radyografi miktarının neden olduğu radyasyon dozuna göre çok daha az radyasyon dozuna neden olmakta ve bu durumda panoramik radyografilerin tercih edilmesi önerilmektedir.[45]

Panoramik radyografiler, değerlendirilen bölge dışında geniş bir alanın ışınlanmasına neden oldukları için hasta dozunu azaltmak amacıyla yeni geliştirilen bazı cihazlarda alan sınırlaması yapılabildiği ve hasta dozunun azaltılabildiği gösterilmiştir.[31] Alan sınırlaması sağlayan yeni cihazlar özellikle çocuk hastalarda %27 ila 45 arasında daha az alanın ışınlanmasını sağlayarak hasta dozunun azalmasına yardımcı olmaktadır.[36] Alan sınırlamalarının panoramik radyografilerde kullanılmasıyla radyasyon dozunun %50'ye kadar azaltılabildiği gösterilmiştir.[47] Alan sınırlandırılması haricinde, ekspoz faktörlerinin de çocuklar için uygun olarak ayarlanabildiği panoramik cihazların kullanımı önerilmektedir.[48] Pediatrik doz ayarlaması yapılabilen Orthophos (Sirona Dental Systems) ve PM 2002 CC (Planmeca Oy) panoramik cihazların radyasyon dozu üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmada, özellikle Ortophos cihazındaki pediatrik doz ayarı ile efektif dozda %45,5 (11µSv'dan 6µSv'a), PM 2002 CC cihazında ise efektif dozdaki azalmanın maksimum %17 (12.1µSv'dan 10µSv'a) olduğu bildirilmiştir.[48] Çocuklar için uygun ekspoz ayarlamalarının yapılabilmesinin yanı sıra kolimatör içindeki yarık genişliğinin de çocuklar için uygun olması dozun azaltılabilmesinde önemlidir.[49] Kolimatördeki yarık genişliği yetişkinler için 140 mm, çocuklar için 110 mm olmalıdır.[49] Günümüzde çoğu merkezde çocuklar için uygun kısa kolimatör kullanılmaması sonucunda kafa bölgesinde radyasyona duyarlı daha çok doku ve organ ışınlanmaktadır.[49] Pediatrik ekspoz ayarlamasının yapıldığı ve kısa kolimatör kullanıldığı durumda, yetişkin ekspoz ayarında ve uzun kolimatör kullanıldığı duruma göre efektif dozun %32 oranında azaldığı gösterilmiştir.[49]

Panoramik radyografik görüntüleme çocuklarda özellikle tükürük bezleri, tiroit ve beyinde doz artışına neden olmakta ve özellikle bu organların panoramik görüntüleme sırasında radyasyon dozunun azaltılması sağlanmalıdır.[48,49] Beş yaşındaki bir çocuğun radyasyona maruz kalması sonucunda kanser risk faktörünün 50 yaşındaki yetişkine göre 3 ila 4,5 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, özellikle 5 yaş altındaki çocuklarda panoramik görüntüleme tekniklerinin kullanımı tavsiye edilmemektedir.[49] Tiroit koruyucuların organ dozunu azaltmak amacıyla kullanımları tavsiye edilse de, görüntü oluşumunda etkili X-ışınlarının filme ulaşmasını engelleyebildikleri ve radyografinin tekrar alınmasına neden oldukları için panoramik görüntülemede kullanımları tavsiye edilmemektedir.[31] Ayrıca, karın bölgesi birincil ışına maruz kalmadığı ve kurşun önlükler iç saçılmayı önleyemedikleri için kurşun önlük kullanımının karın bölgesindeki dozun azaltılmasında etkili olmadığı ve kullanımının ihmal edilebileceği belirtilmiştir.[31,50]

Sefalometrik Radyografi Tekniğinde Radyoprotektivite

Sefalometrik radyografiler, özellikle ortodontide teşhis, tedavi planlaması ve tedavi takibinde ayrıca, okluzal ilişkisinin değerlendirilebilmesi, çenelerin sagital yönde birbiriyle ilişkisinin incelenebilmesi ve büyüme gelişmenin değerlendirilebilmesini sağlamaktadır.[51] Bu görüntüleme tekniğinde, kafatasının tamamı ve servikal omurgaların çoğu görüntüye dahil olmaktadır.[31] Teşhis, tedavi planlaması ve takip amacıyla alınan sefalometrik radyografilerde bu yapıların hepsinin görüntüye dahil edilmesine gerek yoktur.[31] Bu nedenle, kafa kubbesinin görüntüye dahil edilmemesi ve hasta dozunun azaltılabilmesi amacıyla modifiye kolimatörlerin kullanımı tavsiye edilmiştir.[36,52,53] Standart yöntemlerle alınan sefalometrik görüntülemede ortalama 432 cm^2 alan ışınlanırken, kompanse filtrasyon kolimatörü ile 258.9 cm^2 alanın ışınlandığı ve böylece ışınlanan alanın %40 azaltılabildiği bildirilmiştir.[53] Pediatrik hasta grubunda kolimasyonun artırılmasıyla organ dozlarında sırayla; tiroitte %61,4, göz lensinde %32,8, submandibular tükürük bezinde %31,4 ve parotis bezinde %11,4 oranında azalma olduğu

gösterilmiştir.[53] Kolimasyonun arttırılmasıyla tiroidin radyasyondan tamamen korunması amaçlansa da organ dozu %61,4'e kadar azaltılabilmiştir.[53] Bu nedenle tiroit koruyucuların kullanımı tavsiye edilmekte[31] fakat anatomik yapıların görüntülenmesinde hata artışlarına neden olabileceği belirtilmektedir.[54] Eğer sefalometrik analizler ikinci servikal omurga üzerindeki yapılarla sınırlı ise tiroit koruyucular rutin olarak kullanılmalıdır.[54]

Posteroanterior Kafa Radyografisinde Radyoprotektivite

Posteroanterior(PA) kafa radyografisi; büyüme ve gelişimin incelenmesine, kraniofasiyal genişliğin değerlendirilmesine, bilateral yapılardaki problemlerin simetriği ile karşılaştırabilmesine olanak sağlamaktadır.[55] Klinikte sık tercih edilen bir görüntüleme tekniği değildir.[55] Yapılan çalışmalarda, kafa projeksiyonlarında ölümcül kanser gelişme riski milyonda 2 çocuktan azdır. Bu nedenle kafa projeksiyonları sonucu çocuklarda ölümcül kanser gelişme riski göz ardı edilebilir.[56] Ancak, ekspoz değerlerindeki hatalar, hastaların uygun olmayan baş pozisyonları ve radyografinin alınması sırasında hastaların hareket etmeleri gibi nedenlerden dolayı tekrar radyografilerinin alınması gerekebilir. Bunun sunucunda, hasta artan kanser riski ile karşı karşıya kalabilir.[56] Hayat boyu kanser riski oranları, farklı projeksiyon tekniklerine göre değişmektedir. AP(Anteroposterior), PA ve lateral kafa projeksiyonlarında kanser riski sırasıyla, $(1.4–2.0)\cdot10^{-6}$, $(1.3–1.8)\cdot10^{-6}$ ve $(1.2–1.6)\cdot10^{-6}$ olarak gösterilmiştir.[56,57] Yapılan çalışmalar, PA projeksiyonun AP projeksiyona göre efektif dozu %7,1-11,8 oranında azalttığını göstermektedir. Bunun nedeni, PA projeksiyonda tiroid, kırmızı kemik iliği gibi doku ve organların AP projeksiyona göre daha az ışınlanması olabilir.[56] Ayrıca, PA projeksiyon ile göz lensi dozu AP projeksiyona göre önemli derecede azalmaktadır. Bu nedenle, AP projeksiyonu yerine PA projeksiyonunun kullanımı tavsiye edilmektedir.[56] Radyasyon dozunu azaltmak amacıyla, radyografinin görüntü kalitesinin ihmal edilebileceği durumlarda hızlı film ve saçılmayı önleyen sistemlerin kullanımı tavsiye edilse de[58], saçılmayı engelleyen sistemlerin pediatrik kafa projeksiyonlarında kullanımına dair daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.[56]

Lateral Oblik Görüntüleme Tekniğinde Radyoprotektivite

Lateral oblik görüntüleme, çenelerin ekstraoral olarak görüntülenmesini sağlayan, panoramik röntgenlerin geliştirilmesiyle klinikte kullanım alanı azalan görüntüleme yöntemidir. Genel endikasyonları; sürmemiş dişlerin pozisyonlarının değerlendirilmesi, mandibulada kırık tespiti, çeneleri etkileyen kist ve tümör gibi oluşumların değerlendirilmesi, tükürük bezleri ve temporomandibular eklemin görüntülenmesi, ve aşırı öğürme refleksi olan, ağız açmada zorlanan veya handikaplı hastalarda çenelerin radyografik görüntülenmesi olarak sıralanabilir.[7] Çocuk diş hekimliğinde, koopere olmayan veya engelli çocuklarda intraoral görüntüleme yöntemlerinin uygulanamadığı durumlarda yardımcı bir yöntem olarak düşünülebilir.[37] Çocuk fantomları kullanılarak yapılan çalışmada, X-ışını kaynağı ile hasta mesafesi 24 cm'den 40 cm'e çıkarıldığında efektif dozda önemli bir azalma görülürken, ekspoz süresinin (20 ms, 16ms ve 14ms) azaltılmasıyla da özellikle tükürük bezi, ağız mukozası, kafatası ve ciltte efektif dozda önemli azalma görülmüştür.[37] Ayrıca, horizontal açının arttırılmasıyla tiroit bezi, kemik iliği, ağız mukozası, kafatası, ve servikal omurgalarda efektif doz artışı olabileceği belirtilmiştir.[37] Bu nedenle mümkün olduğunca açılama yapılmadan radyografi alınmalıdır.

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Tekniğinde Radyoprotektivite

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografide (KIBT), geleneksel bilgisayarlı tomografide (BT) kullanılan yelpaze şeklindeki X ışını demeti yerine konik şekilli X ışınının kullanılması ayrıca ekspoz ayarları ve rotasyon sayılarındaki farklılıklar nedeniyle radyasyon dozu BT'ye göre daha azdır.[59] KIBT'nin BT'ye göre 8 ila 10 kat daha az radyasyon dozuna neden olduğu gösterilmiştir.[10] KIBT, BT'ye göre daha az radyasyon dozuna sahip olmasına rağmen, 2 boyutlu görüntüleme yöntemlerine göre daha yüksek iyonize radyasyon dozuna neden olmaktadır.[9] Periapikal görüntüleme yöntemlerinin, birkaç günlük arka plan radyasyon dozuna neden olduğu ve potansiyel kanser riskini 1/1.000.000 den daha az arttırdığı, BT'nin ise 2 ila 3 yıla eşdeğer arka plan radyasyon dozuna neden olduğu ve potansiyel kanser riskini 1/1000 ila 1/10000 oranında arttırdığı bildirilmiştir.[60] KIBT'nin BT'ye göre, daha az radyasyon dozu oluşturması, daha ucuz ve daha küçük dizaynı ile klinik kullanıma uygun olması, 10-40 sn gibi kısa bir sürede tarama yapabilmesi, görüntü artefaktlarını azaltması ve doğru görüntülerin elde edilebilmesi gibi avantajlar sağlaması, diş hekimliğinde daha sık kullanımına imkan sunmaktadır.[11,12] KIBT genellikle; maksilofasial iskeletsel yapılardaki ve dişlerdeki anomalilerin değerlendirilmesi, çene-yüz travma ve patolojilerin incelenmesi, implant cerrahisi, ortognatik ve genel çene-yüz cerrahisinde tedavi planlaması amacıyla kullanılmaktadır.[27] Çocuk diş hekimliğinde KIBT'nin genel kullanım alanı ise; diş yaralanmaları, endodontik tedavi sırasında gelişen komplikasyonlar, dental anomalilerin tespiti, ortodontik tedavi planlaması, temporomandibular eklem bozuklukları ve adli vakalar olarak gösterilmiştir.[12] KIBT özellikle kemik ile ilişkili yapıların görüntülenmesini sağlarken, daha az radyasyon dozu nedeniyle görüntüde gürültü oluşturacağı için yumuşak doku görüntülenmesinde kullanımı uygun değildir.[27]

Çocuklar yetişkinlere göre iyonize radyasyona daha duyarlı olduklarından, çocuk diş hekimliğinde KIBT kullanımına özellikle dikkat edilmelidir. Farklı KIBT cihazları kullanılarak 10 yaşındaki çocuk fantomu ile yetişkin kadın fantomu arasındaki efektif doz karşılaştırıldığında, aynı ekspoz faktörleri ve aynı alan görüntüleme boyutlarında çocuklarda efektif dozun %30 arttığı, ortalama efektif dozun ise 10 yaşındaki fantomda 116 mSv, yetişkinde 79 mSv olduğu gösterilmiştir.[61] Ayrıca, çocuklarda tiroit bezi X ışınına daha yakın konumlandığı için yetişkinlere göre organ dozu 4 kat artmıştır.[61] Bir başka çalışmada, çocuklar için uygun ekspoz ayarlarının yapılamadığı i-CAT® KIBT cihazında, çocuklarda yetişkinlere göre efektif dozun oldukça yüksek olduğu, sevikal omurga ve parotis haricindeki dokularda (beyin, kafatası, mandibula, tiroit) ciddi organ dozu artışı olduğu gösterilmiştir. Bu farklılığın, çocukların yetişkinlere göre organ boyutları ve konumlarındaki farklılıklardan, doku kalınlıklarının azlığı nedeni ile penetrasyon artışından ve iç saçılmanın daha fazla olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.[62] Çocuklar için uygun ekspoz ayarlamalarının yapılabildiği Iluma® KIBT cihazı ile çocuk dozları değerlendirildiğinde ise servikal omurga, tiroit ve mandibula dozlarında azalma olduğu gösterilmiştir.[62]

Hasta dozunu azaltmak amacıyla ekspoz faktörlerinin değerlerinin azaltılması bir seçenek olsa da görüntü kalitesindeki azalma göz ardı edilmemelidir. Görüntü kalitesindeki azalma nedeniyle yeterli bilgi elde edilemeyebilir ve hastanın tekrar radyasyona maruz kalmasına neden olunabilir.[63] KIBT'de hem hasta dozunu azaltmak hem de ideal görüntü elde edebilmek için uygun kVp ve mAs değeri ayrıca uygun voksel boyutu seçilmelidir.[63,64] (Tablo 2) Günümüzde, çocuklar için ideal görüntü kalitesi elde edilebilecek uygun ekspoz faktörlerini içeren rehberler bulunmamaktadır.[64] Fakat çocuk fantomları ile yapılan çalışmada, 16mAs, 70 kVp ve 180 µm küçük voksel boyutu ile çocuklarda en uygun görüntünün elde edilebileceği gösterilmiştir.[63] Ekspoz faktörlerinin yanı

Tablo 2. Günümüzde KIBT çocuklarda kullanımına ilişkin rehberler bulunmamaktadır. Farklı kVp, mAs ve voksel büyüklüğünde efektif dozu mümkün olduğunca azaltarak ideal görüntü elde edilmesine yönelik çalışma bulguları gösterilmiştir.

Oenning ve ark.63	Farklı kvp,mAs ve voksel büyüklüğünde yapılan görüntülemelerin farklı çocuk fantomları üzerinde efektif dozu azaltıcı etkileri:					
	Protokol	kVp	mAs	Voksel boyutu (µm)	Efektif dozda (µSv) azalma (%)	
					5 yaş	8 yaş	10 yaş
	1	90	40	180	-	-	-
	2	90	16	180	%60	%60	%60
	3	80	16	180	%29.08	%26,78	%25,53
	4	70	16	180	%47,48	%42,92	%44
	5	80	7,4	400	%12,32	%18.8	%17,34
	6	70	7,4	400	%47,65	%43,15	%44,44

*Günümüzde çocuklar için KIBT kullanımını içeren rehberler bulunmamaktadır.
*Efektif dozda mümkün olduğu kadar azalma sağlayarak elde edilebilecek en uygun görüntünün P4 uygulanarak alınabileceği bildirilmiştir.

sıra, hasta dozunu azaltabilmek için taranan alanın gerekli alan sınırlarını aşmaması tavsiye edilmektedir.[65] 6 farklı KIBT cihazının büyük (100x90-80x50) ve küçük (60x60-50x50) görüntüleme alanları kullanılarak çocuk fantomları üzerindeki efektif dozlarının değerlendirildiği çalışmada, büyük görüntüleme alanlarında ortalama efektif dozun 21.3µSv ila 675.8 µSv olduğu, küçük görüntüleme alanlarında ise 6.3 µSv ila 166.3 µSv olduğu gösterilmiştir.[65] 9 farklı KIBT cihazın farklı FOV büyüklükleri kullanılarak çocuk fantomları üzerindeki efektif dozlarının değerlendirildiği başka bir çalışmada, büyük ve orta FOV boyutlarında ortalama efektif doz 175 µSv, küçük FOV boyutunda 103 µSv, maksillanın görüntülendiği FOV boyutunda 67 µSv ve mandibulanın görüntülendiği FOV boyutunda 128 µSv olarak gösterilmiştir.[4] FOV boyutlarındaki artış ile efektif dozun paralellik göstermesinin nedeni, boyutların artması ile daha çok beyin dokusu ve kafa kemiğinin maruziyet alanına dahil olmasıdır. [4]KIBT cihazlarında kolimasyon X ışınlarını sınırlandırarak, görüntülenen alan dışına ulaşmalarını engellemektedir. Kurşundan yapılan kolimatörler ile X-ışınlarının kolimasyonu sağlanarak hasta dozu azaltılabilmekte ve KIBT cihazlarında kullanımları tavsiye edilmektedir.[11]

Çocuklarda tiroit bezi, pozisyonu gereği ve baş boyun bölgesindeki en radyosensitif organlardan biri olduğu için X-ışınlarından mümkün olduğunca korunmalıdır.[32] KIBT muayenesi sırasında, tiroit bezinin birincil X-ışınları yerine daha çok saçılan radyasyona maruz kaldığı bildirilmiştir. Birincil X-ışınına maruz kalan beyin, tükürük bezi gibi organ ve dokuların absorbe ettikleri doz oranı tiroitten daha yüksek olsa da, tiroit daha radyosensitif bir organ olduğundan efektif doz miktarı daha yüksektir.[66] Farklı dizayn edilmiş tiroit koruyucuların çocuk fantomlarındaki efektif dozu azaltıcı etkisinin değerlendirildiği çalışmada, tiroit koruyucuların efektif dozu azaltmada önemli rol oynadıkları ayrıca en ideal korumanın 0,50 mm kurşun eş değeri bizmut içeren tiroit koruyucu ile sağlanabildiği gösterilmiştir.[66] Ayrıca, tüm kafa taraması yerine sadece maksilla taraması yapılmasıyla, tiroitteki efektif dozun %70'e kadar azaltılabildiği belirtilmiştir.[67] Baş boyun bölgesinde, yüksek radyosensivite gösteren bir diğer doku göz merceğidir. Geçmiş yıllarda, iyonize radyasyonun deterministik etkisi sonucunda göz merceğinde katarakt oluşumu meydana gelebileceği düşünülse de günümüzde katarakt oluşumu için herhangi bir eşik değer olmadığı üzerinde durulmakta ve gözlerin iyonize radyasyondan korunması gerektiği belirtilmektedir.[68] Tam kafa KIBT taramalarında çocuk fantomlarında kurşun gözlük kullanımının göz dozunu azaltıcı etkisinin değerlendirildiği çalışmada, göz dozunda %60 üzerinde azalma olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, X-ışını kolimasyonu ile çocuklarda göz dozunu %46 kadar azaltılabileceği bildirilmiştir.[11] Çocuklarda KIBT taraması sırasında tiroit koruyucu ve kurşun gözlük kullanımı, yüksek koruyucu etkilerinden dolayı ihmal edilmemelidir.

Sonuç olarak, çocuk diş hekimliğinde, radyografik muayeneye sıklıkla ihtiyaç duyulmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan radyografik yöntemlerin ihmal edilebilir düzeyde hasta dozu oluşturduğu kabul edilse de günümüzde iyonize radyasyon maruziyetinin herhangi bir eşik doz olmaksızın kanser gelişim riskine neden olabilir. Diş hekimliğinde kullanılan radyografik yöntemler sonucunda intrakranial menengiom, parotis tümörü ve tiroit kanseri gelişme riskine ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle radyasyona daha duyarlı olan çocuk hastalarda maruziyetin minimum tutulması gerektiğinin altı çizilmektedir. Radyografik muayene, ALARA prensibi göz önünde bulundurularak yani gerektiği durumlarda ve hasta dozunu azaltacak önlemler alınarak uygulanmalıdır. Çocuk diş hekimliğinde, sıklıkla kullanılan 2 boyutlu radyografik görüntüleme yöntemleri; periapikal, bite-wing, okluzal, lateral oblik, sefalometrik, kafatası ve panoramik görüntüleme yöntemleri olarak gösterilirken, ileri görüntüleme teknikleri; radyoizotop görüntüleme, MSCT, CBCT, ultrason, ve MRI olarak sıralanabilir. İyonize radyasyon kullanılan 3 boyutlu görüntüleme yöntemlerinden BT ve CBCT'nin oluşturdukları hasta dozları iki boyutlu görüntüleme yöntemlerinden oldukça yüksek olup, BT'nin CBCT' ye oranla 8 ila 10 kat daha yüksek hasta dozu oluşturduğu bilinmektedir. İyonize radyasyonun kullanıldığı görüntüleme yöntemlerinde, çocuk hastalar için yeterli tanı değeri olan görüntülerin elde edilebileceği ekspoz faktörlerinin uygulanması bunun yanı sıra daha az doku ve organın X ışınına maruz kalması için görüntüleme alanının küçültülmesi tavsiye edilmektedir. Günümüzde, çocuk hastalarda radyasyon maruziyetini azaltacak önlemleri içeren daha çok çalışmaya ve rehberlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir – S.D.; Tasarım – S.D.; Denetleme – S.D.; Kaynaklar – A.B.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi – A.B.; Analiz ve/veya Yorum – A.B.; Literatür Taraması –A.B.; Yazıyı Yazan – A.B.; Eleştirel İnceleme – S.D.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – S.D.; Design – S.D.; Supervision – S.D.; Resources – A.B.; Data Collection and/or Processing – A.B.; Analysis and/or Interpretation – A.B.; Literature Search – A.B.; Writing Manuscript – A.B.; Critical Review – S.D.

Declaration of Interests: The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding: The authors declared that this study has received no financial support.

KAYNAKLAR

1. Espelid I, Mejàre I, Weerheijm K. EAPD guidelines for use of radiographs in children. *Eur J Paediatr Dent*. 2003;4(1):40-48.
2. Van Acker J, Pauwels N, Cauwels R, Rajasekharan S. Outcomes of different radioprotective precautions in children undergoing dental radiography: a systematic review. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2020;21(4):463-508. **[Crossref]**
3. UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2013 Report, Volume II. In: Scientific Annex B: *Effects of radiation exposure of children*. United Nations Publication; 2014:5-25 e-ISBN: 978-92-1-054215-9. **[Crossref]**
4. Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson D, Scheske MJ. Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(1):20140197. **[Crossref]**
5. UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2000 Report. Volume I: Sources. United Nations Publication; 2000. ISBN 92-1-142238-8:4-22.
6. Qiang W, Qiang F, Lin L. Estimation of effective dose of dental X-ray devices. *Radiat Prot Dosimetry*. 2019;183(4): 418-422. **[Crossref]**
7. Whaites E, Drage N. *Essentials of Dental Radiography and Radiology*. 5th ed. Elsevier; 2013:85-119,135-143,171-209.
8. Aps J. To beam or not to beam: that is the question. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(2):20120375. **[Crossref]**
9. LudlowJ.B, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2008;106(1):106-114. **[Crossref]**
10. Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Haurdakis CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol*. 2005;56(3):413-417. **[Crossref]**
11. Prins R, Dauer LT, Colosi DC, et al. Significant reduction in dental cone beam computed tomography (CBCT) eye dose through the use of leaded glasses. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2011;112(4):502-507. **[Crossref]**
12. Mehta V, Ahmad N. Cone beamed computed tomography in pediatric dentistry: Concepts revisited. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2020;10(2):210. **[Crossref]**
13. Mettler FA. Medical effects and risks of exposure to ionising radiation. *J Radiol Prot*. 2012;32(1):9. **[Crossref]**
14. Smith N. Risk assessment: the philosophy underlying radiation protection. *Int Dent J*. 1987; 37(1):43-51.
15. Stecker MS, Balter S, Towbin RB, et al. Guidelines for patient radiation dose management. *J Vasc Interv Radiol*. 2009;20(7):263-273. **[Crossref]**
16. Okano T, Sur J. Radiation dose and protection in dentistry. *Jpn Dent Sci Rev*. 2010;46(2):112-121. **[Crossref]**
17. Svenson B, Söderfeldt B, Gröndahl HG. Analysis of dentists' attitudes towards risks in oral radiology. *Dentomaxillofac Radiol*. 1996;25(3):151-156. **[Crossref]**
18. Kleinerman RA. Cancer risks following diagnostic and therapeutic radiation exposure in children. *Pediatr Radiol*. 2006;36(2):121-125. **[Crossref]**
19. Preston-Martin S, Thomas DC, White SC, Cohen D. Prior exposure to medical and dental x-rays related to tumors of the parotid gland. *J Natl Cancer Inst*. 1988;80(12):943-949. **[Crossref]**
20. Preston-Martin S, White SC. Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice. *J Am Dent Assoc*. 1990;120(2):151-158. **[Crossref]**
21. Claus EB, Calvocoressi L, Bondy ML, Schildkraut JM, Wiemels JL, Wrensch M. Dental x-rays and risk of meningioma. *Cancer*. 2012;118(18): 4530-4537. **[Crossref]**
22. Neta G, Rajaraman P, Gonzalez AB, et al. A prospective study of medical diagnostic radiography and risk of thyroid cancer. *Am J Epidemiol*. 2013;177(8):800-809. **[Crossref]**
23. Memon A, Godword S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh IC.Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study. *Acta Oncol*. 2010;49(4):447-453. **[Crossref]**
24. Lorenzoni DC, Fracalossi ACC, Carlin V, Ribeiro DA, Sant'Anna EF. Mutagenicity and cytotoxicity in patients submitted to ionizing radiation: a comparison between cone beam computed tomography and radiographs for orthodontic treatment. *Angle Orthod*. 2013;83(1):104-109. **[Crossref]**
25. Cerqueira EMM, Meireles JRC, Junqueira VC, Gomes- Filho IS, Trinade S, Machado-Santelli GM. Genotoxic effects of X-rays on keratinized mucosa cells during panoramic dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008;37(7): 398-403. **[Crossref]**
26. Senior A, Almeida FT, Geha H, Pacheco-Pereiro C. Intraoral imaging in dental private practice—A rectangular collimator study. *J Can Dent Assoc*. 2020;86(k16):1488-2159.
27. Boeddinghaus R, Whyte A. Current concepts in maxillofacial imaging. *Eur J Radiol*. 2008;66(3):396-418. **[Crossref]**
28. Berkhout WE. The ALARA-principle: Backgrounds and enforcement in dental practices. *Ned Tijdschr Tandheelkd*. 2015;122(5): 263-270. **[Crossref]**
29. American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of dental radiographs: update and recommendations. *J Am Dent Assoc*. 2006;137(9):1304-1312. **[Crossref]**
30. Raadal M, Amarante E, Espelid I. Prevalence, severity and distribution of caries in a group of 5-year-old Norwegian children. *Eur J Paediatr Dent*. 2000;1(1):13-20.
31. Radiation Protection. European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice. *European Committee Issue*. 2004;20-23,41-52,63-68. ISBN 92-894-5958-1.
32. Crane GD, Abbott P. Radiation shielding in dentistry: an update. *Aust Dent J*. 2016;61(3):277-281. **[Crossref]**
33. White SC, Heslop EW, Hollender LG, Mosier KM, Ruprecht A, Shrout MK. Parameters of radiologic care: An official report of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2001;91(5): 498-511. **[Crossref]**
34. White SC, Pharoah M. *Oral Radiology: Principles and Interpretation*. 7th ed. St Louis, Mo: Mosby Elsevier; 2009:448-452.
35. Horner K, Hirschmann P. Dose reduction in dental radiography. *J Dent*. 1990;18(4):171-184. **[Crossref]**
36. Horner K. Radiation protection in dental radiology. *Br J Radiol*. 1994;67(803): 1041-1049. **[Crossref]**
37. Aps J, Scott J. Oblique lateral radiographs and bitewings; estimation of organ doses in head and neck region with Monte Carlo calculations. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014;43(6):20130419. **[Crossref]**
38. Hayakawa Y, Fujimori H, Kuroyanagi K. Absorbed doses with intraoral radiography: Function of various technical parameters. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 1993;76(4): 519-524. **[Crossref]**
39. Geist J, Brand J. Sensitometric comparison of speed group E and F dental radiographic films. *Dentomaxillofac Radiol*. 2001;30(3): 147-152. **[Crossref]**
40. Akgün ÖM, Oflaz Ü, Altun C. Çürük Tespitinde Güncel Yaklaşımlar. Türkiye Klinikleri. *J Health Sci*. 2018;4(1):10-14
41. Wenzel A. Bitewing and digital bitewing radiography for detection of caries lesions. *J Dent Res*. 2004;83(1):72-75. **[Crossref]**
42. Astvaldsdottir A, Ahlund K,Holbrook WP, de Verdler B, Tranaeus S. Approximal caries detection by DIFOTI: in vitro comparison of diagnostic accuracy/efficacy with film and digital radiography. *Int J Dent*. 2012;2012:326401. **[Crossref]**
43. Abdelaziz M, Krejci I. DIAGNOcam: A Near Infrared Digital Imaging Transillumination (NIDIT) technology. *Int J Esthet Dent*. 2015;10(1):158-165.
44. Stookey GK, González-Cabezas C. Emerging methods of caries diagnosis. *J Dent Educ*. 2001;65(10):1001-1006. **[Crossref]**
45. Choi J-W. Assessment of panoramic radiography as a national oral examination tool: review of the literature. *Imaging Sci Dent*. 2011;41(1):1-6. **[Crossref]**
46. Temur KT, Hatıpoglu O. Awareness and use of Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) of Turkish dentist. *J Dent Fac Ataturk Univ*. 2019;29(2):169-175. **[Crossref]**

47. Lecomber A, Faulkner K. Dose reduction in panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 1993;22(2):69-73. **[Crossref]**
48. Hayakawa Y, Kobayashi N, Kurayanagi K, Nishizawa K. Paediatric absorbed doses from rotational panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2001;30(5):285-292. **[Crossref]**
49. Davis A, Safi H, Maddison S. The reduction of dose in paediatric panoramic radiography: the impact of collimator height and programme selection. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(2):20140223. **[Crossref]**
50. Rottke D, Grossekettler L, Sawado K, Poxleitner P, Schulze D. Influence of lead apron shielding on absorbed doses from panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(10):20130302. **[Crossref]**
51. Gijbels F, Sanderink G, Wyatt J, Dam JV, Nowak B, Jacobss R. Radiation doses of collimated vs non-collimated cephalometric exposures. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003;32(2):128-133. **[Crossref]**
52. Mandall N, O'Brien K, Worthington H. Radiation reduction using a modified collimated lateral skull radiograph during orthodontic treatment. *Clin Orthod Res*. 1999;2(4):179-185. **[Crossref]**
53. Alcaraz M, Garcia-Vera MC, Bravo LA, et al. Collimator with filtration compensator: clinical adaptation to meet European Union recommendation 4F on radiological protection for dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009;38(6):413-420. **[Crossref]**
54. Wiechmann D, Decker A, Hohoff A, Kleinheinz J, Stamm T. The influence of lead thyroid collars on cephalometric landmark identification. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2007;104(4):560-568. **[Crossref]**
55. Hsiao TH, Chang HP, Liu KM. A method of magnification correction for posteroanterior radiographic cephalometry. *Angle Orthod*. 1997;67(2):137-142.
56. Mazonakis M, Damilakis J, Raissaki M, Gourtsayiannis N. Radiation dose and cancer risk to children undergoing skull radiography. *Pediatr Radiol*. 2004;34(8):624-629. **[Crossref]**
57. Robb J. Estimates of radiation detriment in a UK population. National Radiological Protection Board; 1994:40. ISBN 0 85951 385 0.
58. Kyriou J, Fitzgerald M, Pettett A, Cook JV, Pablot SM. A comparison of doses and techniques between specialist and non-specialist centres in the diagnostic X-ray imaging of children. *Br J Radiol*. 1996;69(821):437-450. **[Crossref]**
59. Loubele M, Bogaerts R, Dijck EV, et al. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur J Radiol*. 2009;71(3):461-468. **[Crossref]**
60. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, White SC. Patient risk related to common dental radiographic examinations: the impact of 2007 International Commission on Radiological Protection recommendations regarding dose calculation. *J Am Dent Assoc*. 2008;139(9):1237-1243. **[Crossref]**
61. Theodorakou C, Walker A, Horner K, Pauwels R, Bogaerts R, Jacobs R. Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam CT using anthropomorphic phantoms. *Br J Radiol*. 2012;85(1010):153-160. **[Crossref]**
62. Al Najjar A, Colosi D, Dauer LT, et al. Comparison of adult and child radiation equivalent doses from 2 dental cone-beam computed tomography units. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2013;143(6):784-792. **[Crossref]**
63. Oenning AC, Pauwels R, Stratis A, et al. Halve the dose while maintaining image quality in paediatric Cone Beam CT. *Scientific reports*. 2019;9(1):1-9. **[Crossref]**
64. Shin HS, Nam KC, Park H, Choi HU, Kim HY, Parks CS. Effective doses from panoramic radiography and CBCT (cone beam CT) using dose area product (DAP) in dentistry. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014;43(5):20130439. **[Crossref]**
65. EzEldeen M, Stratis A, Coucke W, Codari M, Politis C, Jacobs R. As low dose as sufficient quality: optimization of cone-beam computed tomographic scanning protocol for tooth autotransplantation planning and follow-up in children. *J Endod*. 2017;43(2):210-217.**[Crossref]**
66. Hidalgo A, Davies J, Horner K, Theodorakou C. Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(3):20140285. **[Crossref]**
67. Goren A, Prins RD, Dauer LT, et al. Effect of leaded glasses and thyroid shielding on cone beam CT radiation dose in an adult female phantom. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(6):20120260. **[Crossref]**
68. Ainsbury E, Bouffler SD, Dörr W, Graw J, Muirhead CR, Edwards AA, Cooper J Radiation cataractogenesis: a review of recent studies. *Radiat Res*. 2009;172(1):1-9. **[Crossref]**