

Derleme

Diş hekimliğinde kemik yaşı tayininde kullanılan yöntemler

Yelda Kasımoğlu,* Elif Bahar Tuna-İnce

Pedodonti Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Büyüme gelişimi devam eden hastalarda yüz gelişiminin değerlendirilmesi farklı tedaviler için optimal zamana karar vermede önem taşımaktadır. Büyüme gelişimi devam eden bir çocukta, çocuğun gelişiminin değerlendirilmesinde kronolojik yaştan tek başına yeterli bir parametre olamaması nedeni ile çeşitli iskeletsel olgunlaşma indikatörleri geliştirilmiştir. Bireyin olgunlaşma derecesi geleneksel olarak altın standart olarak da kabul edilen el-bilek radyografileri ile saptanabilmektedir. Bu nedenle iskeletsel olgunlaşmayı saptayabilmek için farklı radyografik yöntemler değerlendirilmiş ve el-bilek radyografilerine göre daha basit ve pratik alternatifler sunulmuştur. Mümkün olan en düşük radyasyon ekspozürü prensibine dayanarak, iskelet yaşı değerlendirmesinde en düşük radyasyon dozunun seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu derlemenin amacı diş hekimliğinde iskeletsel olgunlaşmanın değerlendirilmesinde kullanılan farklı yöntemler hakkında bilgi vermektir.

ANAHTAR KELİMELEER: Büyüme ve gelişim; çocuklar; iskelet yaşı ölçümü; puberte; x ışını tani

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN: Kasımoğlu Y, Tuna-İnce EB. Diş hekimliğinde kemik yaşı tayininde kullanılan yöntemler. *Acta Odontol Turc* 2016;33(1):39-46

EDİTÖR: Neşe Akal, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

YAYIN HAKKI: © 2016 Kasımoğlu ve Tuna-İnce. Bu eserin yayını hakkı [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) ile ruhsatlandırılmıştır. Sınırsız kullanım, dağıtım ve her türlü ortamda çoğaltım, yazarlar ve kaynağın belirtilmesi kaydıyla serbesttir.

[Abstract in English is at the end of the manuscript]

GİRİŞ

Kraniyofasiyal büyüme olayları özellikle çocuk diş hekimliği ve ortodonti pratiğinde önemli bir yer tutmaktadır. Baş-boyun bölgesinde aktif büyümenin miktarının ve zamanlamasının bilinmesi yapılacak olan tedavilerde, tedavinin planlaması açısından diş hekimlerine kolaylık sağlamaktadır.¹

Makale gönderiliş tarihi: 8 Temmuz 2014; Yayına kabul tarihi: 2 Nisan 2015
*İletişim: Yelda Kasımoğlu, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, 34093, Çapa, İstanbul, Türkiye;
e-posta: yeldakasimoglu@gmail.com

Bireyler arası varyasyonlardan dolayı gelişim yaşı sadece kronolojik yaş üzerinden değerlendirilememektedir. Daha önemli bir yere sahip olan biyolojik yaş ise diş yaşı, kemik yaşı gibi fizikosomatik gelişim üzerinden belirlenebilmektedir. Çocuğun gelişim durumunun saptanması, normal gelişimden sapmaların ayırımına varılması, tedavi seçimi, tedaviye doğru zamanda başlama ve prognozun belirlenmesi gibi konularda biyolojik yaş temel alınmaktadır.²⁻⁴

Biyolojik yaş

Biyolojik yaş, her bir çocukta gelişimin/olgunlaşmanın tamamlanması süreci olarak tanımlanmaktadır. Biyolojik yaş konsepti kemik yaşı, sekonder cinsiyet karakteri yaşı, diş yaşı ve boy veya kilo gibi insan vücudundaki farklı dokuların olgunlaşma derecelerine dayanmaktadır.^{2,5,6} Bireyin fizyolojik olgunluk derecesinin saptanmasında bu kriterler ayrı ayrı veya birlikte değerlendirilebilmektedir.

Erişkin dönemine doğru sekonder cinsiyet özellikleri, hormon fonksiyonu ve enzim aktivitesi ile dişlerde, iskelette ve vücutta anatomik değişiklikler meydana gelmekte, bu mekanizmalar üzerinde genetik, sosyoekonomik, çevresel, beslenmeye yönelik ve cinsiyet ile ilişkili çeşitli faktörler etkili olmaktadır.²

Kronolojik yaş

Çocuğun zihinsel olgunluk derecesi, fiziksel kapasitesi, kilosu, boyu ve ağızda var olan dişlerinin sayısı genellikle kronolojik yaşa göre değerlendirilmektedir. Ancak aynı ırk, cinsiyet ve yaştaki bireyler arasında da fizyolojik farklılıklar bulunmakta, kronolojik yaştan biyolojik yaş ile her bireyde paralellik göstermediği bilinmektedir. Bireyin gelişimi kronolojik yaşına göre geri veya ileri olabilmektedir.⁷ Her bireyde pubertal büyüme atılımı zamanı farklı seyretmektedir. Bu nedenle kronolojik yaş bireyin olgunlaşma aşamasını değerlendirmede yetersiz kalmakta, tedavi öncesi teşhis amacı ile kronolojik yaş tek başına yeterli bir parametre olarak kabul edilmemektedir.⁸

Kemik yaşı

Kemik yaşı terimi kemiklerin boyut, şekil ve mineralizasyonun olgunlaşmaya yakınlık derecesi anlamında kullanılmaktadır. Kemiklerde büyüme ve gelişim süreci

boyunca oluşan değişikliklerden bireylerin yaş tahmini yapılabilmektedir. Ossifikasyon merkezlerinin radyografide belirmeye başlaması, boyutu ve şekli; kırkırdak yapının genişliği ve şekli ile diafiz ve epifizler arasındaki füzyonun derecesi radyografide değerlendirilen karakteristik özelliklerdir.⁹

Diş yaşı

Dişlerin sürme veya kalsifikasyon aşamaları üzerinden çocuğun diş yaşı belirlenebilmektedir.⁶ Dişlerin sürmesi ile ilgili lokal faktörler, sistemik hastalıklar, beslenme yetersizliği gibi etkenlerin varlığından dolayı bu yöntemin güvenilirliği tartışmalıdır.^{10,11} Dişlerin olgunlaşmasının değerlendirilmesinde birçok amaçla hastadan rutin olarak alınan panoramik radyograflerin kullanılması basit bir prosedür olması ve minimal radyasyon dozu verilmesi açısından avantajlar taşımaktadır.^{2,12}

Radyografi üzerinde tespit edilen diş yaşının el-bilek radyografleri üzerinde tespit edilen kemik yaşı karşılaştırıldığı çalışmalara göre;¹³⁻¹⁵ diş yaşı ve kemik yaşı bulgularının birbirleri ile uyumlu olduğunu, bulguların tek yumurta ikizlerinde paralellik gösterdiğini, ancak çift yumurta ikizlerinde uyumlu olmadığını belirtmişlerdir.¹¹ Aynı kemik yaşına sahip Türk çocuklarında erkek çocukların diş gelişiminin kızlara göre daha ileri olduğu ve pubertal büyüme atılımının tespitinde alt çene köpek dişi ile 1. küçük azı dişlerinin kök formasyonunun tamamlanmasının olgunlaşma indikatörü olarak kullanılabilceğini belirtilirken,¹⁶ Türk çocuklarda diş gelişiminin puberte döneminin indikatörü olarak kullanımını yetersiz olduğu belirtilen çalışmalar da bulunmaktadır.^{2,17} Diş yaşı ve sefalometrik radyografi üzerinden saptanan kemik yaşının karşılaştırıldığı çalışmalarda diş yaşının iskeletsel olgunlaşmanın tespitinde kullanımının sınırlı olduğu, sadece puberte öncesi dönemde alt çene köpek dişi, 1. ve 2. küçük azı dişleri ile 2. büyük azı dişinin kalsifikasyonunun pubertal atılım hakkında bilgi verdiği belirtilmiştir.¹⁸ Diş yaşı ve el-bilek radyografleri üzerinden saptanan kemik yaşı ile sefalometrik radyografi üzerinden saptanan kemik yaşının karşılaştırıldığı bir çalışmada ise iskeletsel olgunlaşma indikatörü olarak köpek dişlerinin kalsifikasyonunun kullanılabilceğini bildirmişlerdir.¹⁹

Kemik yaşının diş hekimliğinde kullanım alanları

Ortodontik değerlendirme

Kemik yaşı tespiti, ortodonti alanında maloklüzyonların tedavi planlamalarında bireyin yüz ve vücut gelişim dönemini belirlemek amacı ile yapılmaktadır. Puberte döneminden sonra cerrahi müdahale yapılmadığı sürece ortodontik tedavi ile belirgin iskeletsel değişiklikler elde edilememektedir.^{5,8,20}

Ruf ve Pancherz²¹ büyüme modifikasyonu için en uygun dönemin pubertal büyüme atılımı pik dönemi do-

laylarında olduğunu bildirmiştir. Pubertal büyüme atılımı öncesinde ve sonrasında iskelet gelişimi daha az olmaktadır.^{22,23} Fonksiyonel apareylerin özellikle pubertal büyüme atılımının hemen öncesinde etkin olduğu bilinmektedir.²⁴ Bunun yanı sıra büyüme modifikasyonu için puberte döneminin farklı aşamalarından da faydalanılabilmektedir. Sınıf II maloklüzyonların tedavisinde kullanılan fonksiyonel apareylerin puberte döneminde daha etkili sonuç verdiğini gösteren araştırmalar bulunmaktadır.^{25,26} Sınıf II olgularda yapılan iki fazlı ortodontik tedavilerde ilk fazın puberte öncesi erken dönemde etkili olduğu, sınıf III olgularda ise geç puberte döneminden önce yapılan palatal ekspansiyonun etkili ve stabil olduğu da bildirilmiştir.²⁷ Bu nedenle büyüme atılımının tespit edilmesinde ve büyüme modifikasyonu tedavilerinde optimal zamana karar vermek için kemik yaşından faydalanılmaktadır.^{28,29}

İmplant değerlendirmesi

Genç bireylerde konjenital olarak veya travmaya bağlı diş eksiklikleri ile karşılaşılabilir. Bu durumlarda yapılacak olan implant uygulaması için uygun bir kronolojik yaş belirtilmemektedir. Erken dönemde yapılan implantlarda bireyin kalan büyüme miktarı ile dişlerin mevcut sürme potansiyeli implantın göreceli olarak intrüzyonuna neden olabilmektedir.¹⁵

Bu amaçla en az 6 aylık ara ile çekilen sefalometrik radyograflerin çakıştırılması, büyümenin en az 2 yıl süre ile takibi (boy artışının 0.5 cm/yıl'dan az olması beklenir) ve/veya kemik yaşı tayini kullanılmıştır. Sefalometrik radyograflerin çakıştırılması en güvenilir yaklaşım olarak belirtilmekte ancak uygulama sırasında zaman gerektirmesi implant yapılması için geç kalınmasına sebep olabilmekte ve tekrarlayan radyasyon dozları bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bu nedenle kemik yaşı değerlendirilmesi yoluna gidilmektedir.³⁰

Travmatik değerlendirme

Çocuk ve genç erişkinlerde dental travma olguları ile oldukça sık karşılaşılır. Dişlerin tamamen soketinden çıktığı avulsiyon durumunda dişlerde replantasyon, uygun şartlar altında yapıldığında oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Ancak birçok durumda ideal şartlar sağlanamamakta, replantasyon sonucu ilgili bölgede ankiloz gelişimi görülmekte, bu nedenle ve büyümekte olan bir çocukta ankilozun etkileri tartışmalı bir konu olarak ele alınmaktadır.³¹

Genel olarak 60 dakikanın üzerinde kuru ortamda bekletilmiş dişlerde geç replantasyon yapılmaktadır. Geç replantasyonun amacı kemik ile diş arasında bir ankiloz meydana getirmektir, diğer bir deyişle zamanla diş kemik ile yer değiştirecektir (yer değiştirme rezorpsiyonu). Ankiloz sonucu kök rezorpsiyon hızı, vücuttaki remodelling hızı ile bağlantılı olmakta ve puberte sonra-

sında hızı azalmaktadır. Replantasyon konusunda pubertenin dönemlerine göre tedavi önerileri sunulmuştur.

Puberte dönemi öncesi geç replantasyon: Puberte-den birkaç yıl önce yapılan replantasyonlarda hızlı remodellinge bağlı olarak bu dişler 2-3 yıl içinde tamamen rezorbe olmaktadır.

Puberte döneminde geç replantasyon: Takip döneminde infraoklüzyon meydana gelmekte, estetik problem yaratmaktadır. Infraoklüzyonun miktarı, replantasyon sırasında hastanın yaşı ile direkt ilişkili olmaktadır, hastanın yaşı küçüldükçe infraoklüzyonun şiddeti artmaktadır.

Puberte dönemi sonrası geç replantasyon: Yetişkin bireylerde yapılan geç replantasyonlarda dişlerin uzun süre ağızda kalabildiği (10 yıldan fazla), ayrıca replante edilen dişlerin gelecekte yapılacak bir implant için alveol kemiğinin boyutlarını da koruduğu bildirilmektedir.³²

Kemik yaşının belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Klinik olarak bir biyolojik indikatörün pratik şekilde kullanılabilmesi için güvenilir, basit, her iki cinsiyet için de geçerli olması ve yüz kemiklerinin gelişimi ile paralellik göstermesi istenmektedir. Ancak tüm bu kriterleri sağlayan tek bir biyolojik indikatör bulunmamaktadır. Bu amaçla kemik yaşının değerlendirilmesinde pratik ve ekonomik nedenlerin yanında radyasyon dozunun azaltılmasına yönelik yeni yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır (Tablo 1).³³

El-bilek kemikleri

El kemiklerinin ossifikasyonu temel olarak iki prensip ile değerlendirilmektedir. Atlas metodunda kemiklerin radyografik görüntüsü, bireyin yaşı ve cinsiyeti standart radyografik görüntüler ile karşılaştırılmaktadır. Dünya genelinde en sık kullanılan atlas Greulich ve Pyle (GP)³⁴ tarafından hazırlanmıştır. İlk GP atlası 1950 yılında,³⁴ ikincisi 1959 yılında³⁵ ve sonuncusu 1988 yılında basılmıştır.³⁴ Özellikle Avrupa'da klinik uygulama ve araştırmalarda Tanner ve Whitehouse (TW)³⁶ tarafından geliştirilen bir diğer yöntemde ise radius, ulna ve kısa kemiklerin (radius, ulna, short bones: RUS) skorları kullanılmaktadır. Tanner ve ark.³⁷ 1962 yılında kemik yaşı-



Resim 1. El bilek radyografisinde başlıca incelenecek bölgeler arasında ulnar sesamoid kemik, falankslar ve radius yer almaktadır.

nın değerlendirilmesi amacıyla TW1'i geliştirmişlerdir. Daha sonra, 1983 yılında, ayırt edilmesi zor olduğu düşünülen aşamaları çıkartarak bu metodun ikinci bir versiyonunu (TW2) geliştirmişlerdir.³⁸ Yine, 2001 yılında yayınlanan TW3 metodunda ise referans grup, Belçika, İspanya ve Amerika'da yapılan çalışmalara göre güncellenmiştir.³⁹

GP atlasında bireyin olgunlaşması belirli referanslara göre eşleştirilmektedir. TW3'te ise el ve bilekteki belirli ossifikasyon merkezleri (radius, ulna ve belirli metakarpal ve falankslar) değerlendirilerek belirli aşamalar altında sınıflandırılmaktadır. Her bir kemikten elden edilen skor hesaplanarak toplam kemik yaşı belirlenmektedir.³ İki yaklaşım arasında teorikte farklılıklar bulunsu da, düz kemiklerin erişkin boyutlarına ulaşmaya kadar olgunlaşma indikatörlerine (örn. epifizin belirmesinden füzyona kadar) dayanmaktadırlar.³⁴ Fishman⁷ tüm puberte gelişim dönemini kapsayan 11 temel iskeletsel olgunlaşma indikatörü (SMIs: skeletal maturity indicators) geliştirmiştir (Resim 1, Tablo 2).

Ülkemizde yaşayan bireyler üzerinde antropometrik bir takım çalışmalar olmakla birlikte Türk popülasyonu üzerinde yapılmış yaygın kabul gören kemik yaşı atlası bulunmamaktadır. Adli tıp bölümlerinde yaygın olarak "Gök Atlası" (Prof. Dr. Şemsi Gök ve arkadaşlarının⁴⁰ 1985 yılında hazırlamış oldukları atlas) olmak üzere değerlendirmeler GP, TW ve batı toplumlarının standartlarına göre hazırlanmış atlaslar ile yapılmaktadır. Yapılan bir çalışmada Türk çocuklarında erkeklerin puberte döneminde iskeletsel olgunlaşma zamanının GP

Tablo 1. Diş hekimliğinde kullanılan farklı radyografik yöntemlerin efektif dozları³³

Röntgen tekniği	Efektif doz (µSv)
Periapikal radyografi-Üçgen kolimasyonlu dijital	2
Periapikal radyografi-Yuvarlak kolimasyonlu dijital	9
Panoramik radyografi-Dijital	16
Sefalometrik radyografi-Dijital	5

Tablo 2. İskeletsel olgunlaşma indikatörlerinin radyografik sınıflaması⁹

İskeletsel olgunlaşma indikatörü	
1	Orta parmak proksimal falanksta epifiz ile diafiz aynı genişliktedir.
2	Orta parmak medial falanksta epifiz ile diafiz aynı genişliktedir.
3	5. parmak medial falanksta epifiz ile diafiz aynı genişliktedir.
4	Baş parmakta adductor sesamoid kemiğin ossifikasyonu
5	Orta parmak distal falanksta epifizin capping yapması
6	Orta parmak medial falanksta epifizin capping yapması
7	5. parmak medial falanksta epifizin capping yapması
8	Orta parmak distal falanksta epifiz ile diafizin füzyonu
9	Orta parmak proksimal falanksta epifiz ve diafizin füzyonu
10	Orta parmak medial falanksta epifiz ile diafizin füzyonu
11	Radiusun epifiz ile diafizin füzyonu

standartlarından farklı olduğunu, atlasta modifikasyonların yapılması ile erkek çocuklarda kullanılabileceği belirtilmiştir.⁴¹ Bir başka çalışmada GP atlasının Türk çocuklarında kızlarda 12 ve 15 yaşları için; erkeklerde 12, 15 ve 18 yaşları için 1 yıldan fazla standart sapma gösterdiğini, daha güvenilir bir yöntem bulunmadığı sürece GP atlasının dikkatli biçimde kullanılması gerektiği vurgulanmıştır.⁴² Türk çocuklarında kemik yaşı tayininde kız çocukları için TW3 atlasının, erkek çocukları için GP atlasının daha uygun olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır. Son olarak 2010 yılında yayınlanan araştırmaya göre ülke çapında yeni bir atlas yapılandırılıncaya kadar kemik yaşı tayininde TW3 atlasının Türk çocukları için kullanılabileceği düşünülmektedir.⁴³

Geleneksel el-bilek radyograflerinin etkin dozu 0.16 mikrosievert (μSv) olarak belirtilmiştir. Bu bölgede tiroid gibi vital organların bulunmaması sebebi ile avantaj taşımaktadır.⁴⁴ Bazı yazarlar el-bilek radyograflerindeki referans noktaların kompleks yapısı nedeni ile pubertal büyüme yaşı hakkında sınırlı değer taşıdığını, yanlış yorumların yapılabileceğini ve çocuğa ek bir radyasyon dozu verilmesi gibi dezavantajlar taşıdığını belirtmektedirler.^{8,45}

Boyun omurları

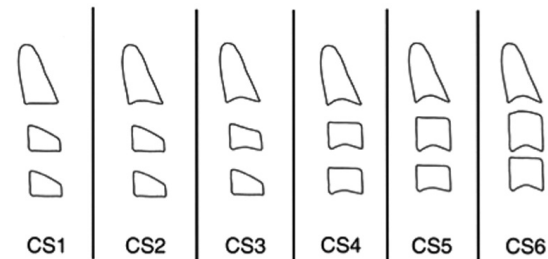
El-bilek radyograflerinin hastalara ek bir radyasyon dozu verilmesini gerektirmesi sonucu kemik yaşı tayininde ortodontide rutin olarak alınan sefalometrik radyograflerin kullanımı gündeme gelmiştir.

İlk kez 1972 yılında Lamparski⁴⁶ tarafından iskeletsel değerlendirmede puberte döneminde boyun omurlarındaki değişim tanımlanmıştır. Sonrasında yapılan çalışmalar boyun omurlarının olgunlaşması ile pubertal büyüme atılımını ilişkilendirmeye yönelmişlerdir. Hassel ve Farman⁴⁷ 220 Amerikalı beyaz ırka ait genç erişkinde yaptıkları çalışmalarında Lamparski'nin 6 aşamalı sistemini el-bilek kemiklerinin olgunlaşması ile karşılaştır-

**Resim 2.** Sefalometrik radyografide görüntülenen ikinci (C2), üçüncü (C3) ve dördüncü (C4) boyun omurları üzerinden kemik yaşı tayini

mışlar kemik yaşının belirlenmesinde boyun omurlarının kullanımının el-bilek bölgesi kadar güvenilir ve geçerli bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalarda ergenlik dönemindeki iskeletsel gelişimi değerlendirmede boyun omurlarının el-bilek yöntemi ile büyük ölçüde paralellik gösterdiği, pubertal büyümeyi değerlendirmede kesinlik taşıyan bir indikatör olduğunu gösterilmiştir (Resim 2, Şekil 1).^{5,8,48-50}

Bu yöntemin en büyük dezavantajı, görüntü kalitesinin artırılabilmesi için kurşun yakalığın çıkartılmasıdır. Kurşun tiroid koruyucu kullanılmadan alınan geleneksel lateral sefalometrik radyograflerde efektif doz 5.03 μSv olarak saptanmış ve el-bilek radyograflerden fazla bulunmuştur.⁴⁴ Ortodontik analiz ve tedavi planlamasında lateral sefalometrik radyografler rutin olarak kullanıldıkları için, ek bir radyografi alınması yerine boyun omuru yönteminin kullanılması belirgin bir avantaj sağlamakta-

**Şekil 1.** Boyun omurlarının olgunlaşma aşamalarının şematik görüntüsü (Yayıncının izni alınmıştır: *The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics*, Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, *Seminars in Orthodontics*, 11(3) Copyright © (2005) Elsevier).⁴⁸

Tablo 3. Hagg ve Taranger²³ tarafından tanımlanan MP3 aşamaları

MP3-F	Epifiz ile metafiz aynı genişliktedir, pubertal büyüme atılımının başlangıcıdır.
MP3-FG	Epifiz ile metafiz aynı genişliktedir, epifizin mesial ve/veya lateral kısmından ayrı olarak distal sınırında demarkasyon hattı bulunmaktadır, pubertal büyüme atağı hızı artmaktadır.
MP3-G	Epifizin yanları kalınlaşmıştır ve bir tarafta veya her iki tarafta distale doğru keskin çıkıntılar yaparak metafize doğru capping yapmaktadır. Pubertal büyüme atağı maksimumdur.
MP3-H	Epifiz ve metafiz füzyon yapmaya başlamaktadır. Pubertal büyüme hızı azalmaktadır.
MP3-I	Epifiz ve metafizin füzyonu tamamlanmıştır. Pubertal büyüme sona ermektedir.

dır. Ancak bu yöntemin büyüme atılımı dönemi dışında olgunlaşmanın tayininde kullanılması açısından hassas bir teknik olmadığı da belirtilmektedir. Bu yüzden boyun omurları ile el-bilek olgunlaşmasının karşılaştırılabilmesi için pubertal büyüme atılımına yakın olan olguların seçilmesi önerilmektedir.⁵¹

Orta parmak medial falanksı (Medial phalanx 3=MP3)

Hagg ve Taranger^{22,23} puberte aşamasında orta parmak medial falanksının (MP3) ossifikasyonunun el-bilek radyografilerindeki indikatörler ile paralellik gösterdiğini bildirmişlerdir. Yöntemde temel olarak orta parmağın epifiz bölgesindeki gelişimsel değişiklikler 5 aşamada incelenmiştir (Tablo 3).^{1,22}

Abdel-Kader ve ark.¹ ise bu yöntemin görüntülenmesinde ilk kez periapikal radyografileri kullanmışlardır (Resim 3). Rajagopal and Kansal⁵² ise yöntemdeki MP3-H ve MP3-I aşamaları arasına orta parmaktaki metafizyal bölgedeki değişiklikleri yansıtan MP3-HI aşamasını eklemiştir. Birçok iskeletsel olgunlaşma indikatörünün bulunmasına rağmen radyasyona ilişkin bilincin arttığı günümüzde büyüme-gelişimin değerlendirilmesinde el-bilek radyografilerinin yerine sadece bir periapikal radyografi ile MP3 bölgesinin incelenmesini öneren araştırmacılar bulunmaktadır.^{1,4,11,53-56}

Adductor sesamoid kemik

Bu yöntemde baş parmağın metakarpofalangeal bölümündeki adductor sesamoid kemiğin görüntüsü alınmaktadır. Kemik yaşının belirlenmesinde bu kemiğin radyografide belirmeye başlaması önemli bir noktadır (Resim 4). Radyografide adductor sesamoid kemik görünmüyor ise bulunulan SMI dönemi örtme aşaması değil epifizyal genişleme aşamasıdır. Eğer sesamoid kemik belirmiş ise bulunulan SMI döneminin kapping veya füzyon olduğuna karar verilmektedir.^{7,9} İlk kez Chapman⁵⁷ tarafından periapikal radyografiler adductor sesamoid kemiğin ossifikasyonunun görüntülenmesi amacıyla kullanılmıştır (Tablo 4).

Radius

Çocuklarda implant uygulamalarından önce iskeletsel olgunlaşma aşamalarının, kafa yüz ve alveol kemiğinin gelişiminin değerlendirilebilmesi amacı ile Mendes ve



Resim 3. MP3 görüntüsü alınırken dijital radyografinin, röntgen cihazının ve hastanın elinin pozisyonlandırılması



Resim 4. Sesamoid kemiğin görüntüsü

ark.³⁰ tarafından modifiye bir radyografik yöntem geliştirilmiştir (Tablo 5). Uygulanan teknikte avuç içi aşağı yönde olacak şekilde oklüzal radyografi bilek bölgesinin altına yerleştirilmiştir. Alınan radyografiler üzerinden radius epifizi ve diafizinin füzyonu ile maturasyonun derecesi görüntülenmiştir.

Frontal sinüs

Sefalometrik radyografiler incelendiğinde frontal sinüs gelişiminin vücuttaki büyüme ritmi ile paralellik göster-

Tablo 4. Sesamoid kemiğin incelendiği yöntemde baş parmağın metakarpofalangeal bölümündeki adductor sesamoid kemiğin görüntüsü sınıflandırılmıştır.⁵⁷

AS0	Radyografide ossifikasyon merkezi görülmemektedir.
AS1	Radyografik olarak ossifikasyonun görüldüğü ilk aşamadır. Boyutu iğne ucu kadar yaklaşık olarak çapı 1 mm genişliktedir. Bu aşama yaklaşık olarak 3 ay sürmektedir.
AS2	1. aşamaya göre ossifikasyon ilerlemiştir ancak sınırları belirsizdir. Bu aşama yaklaşık olarak 6 ay sürmektedir.
AS3	Sınırları belirgindir, genellikle tohum şekline benzemektedir.

diği, puberte döneminde atak yaptığı gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada bireylerden senede bir kere olmak üzere en az 2 yıl ara ile alınan lateral sefalometrik radyografiler ile 3-6 ayda bir tekrarlanmak üzere yaklaşık 7 yıllık büyüme gelişim eğrileri kullanılmıştır. Frontal sinüs genişlemesinin boy uzunluğu ile yakın ilişkide olduğu, boy artışında en üst noktadan yaklaşık bir yıl sonra frontal sinüsün de en geniş halini aldığı belirlenmiştir.⁵⁸ Pubertede boy artışı ile frontal sinüs gelişiminin yakın ilişki göstermesinden dolayı frontal sinüs gelişiminin olgunlaşma indikatörü olarak kullanılabilmesi belirtilmiş, ancak araştırmacılar iskeletsel olgunlaşmanın saptanmasına frontal sinüsün kullanılabilmesi için daha fazla araştırma yapılması gerektiğini de eklemiştir.²¹

Bilgisayar destekli programlar

GP metodunun subjektif olması ve TW metodunun karmaşık yapısı daha objektif, hızlı ve kesin analizlerin yapılabilmesi için kemik yaşı değerlendirmelerinde bilgisayar yazılımlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Dijital görüntülerin avantajlarından faydalanarak daha objektif sonuçlar elde edebilmek için araştırmacılar bilgisayar yazılımları^{41,59} ve dijital atlaslar geliştirmişlerdir. Programlarda genel olarak kronolojik yaşa uygun iskeletsel gelişime ait karakteristik bölgeler seçilmiştir. El-bilek kemiklerinin olgunlaşma bilgilerine göre eşleştirme yapıldığında program kemik yaşını hesaplamaktadır.⁹ Bu amaçla farklı görüntü analizi yöntemleri de geliştirilmiştir.

Konu ile ilgili yapılmış güncel çalışmalar

Araştırmacılar puberte döneminde lateral sefalometrik radyografiler üzerinden görüntülenen boyun omurları ile yapılan yaş tayininin el-bilek radyografileri kadar etkin olduğunu, bu yöntemin hastalara ek bir radyasyon dozu verilmemesi açısından el-bilek radyografisine göre belirgin avantaj taşıdığını, kemik yaşının belirlenmesinde ek bir radyografi alınmasının elimine edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.^{5,8,19,28,29,49,51,55,60,61}

Yapılan çalışmaların sonuçlarına göre periapikal radyografi ile alınan MP3 aşamaları boyun omuru aşamaları ile karşılaştırıldığında MP3'ün iskeletsel olgunlaşmanın saptanmasında tek başına yeterli olabileceği belirtilmiştir.^{4,53-55,62,63} Her iki cinsiyet için de kemik yaşı tayininde MP3'ün el-bilek radyografileri ile yüksek

Tablo 5. Çocuklarda implant uygulamalarından önce iskeletsel olgunlaşma aşamalarının, değerlendirilebilmesi amacı alınan radius görüntüsü üzerinden geliştirilen modifiye radyografik yöntemin aşamaları³⁰

0	Radius kemiğinin epifiz ve diafizi küçük veya aynı genişliktedir.
1	Epifiz diafizden geniştir.
2	Epifiz ile diafiz birleşmeye başlamıştır.
3	Hafif bir radyolüsent çizgi ile epifiz ve diafiz birleşmiştir.
4	Epifiz ile diafiz arasında belirgin bir sınır bulunmadan füzyon tamamlanmıştır.

oranda uyumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır.² Çalışmalarının sonucunda iskeletsel olgunlaşmanın değerlendirilmesinde dijital periapikal radyografilerin kullanılarak MP3 bölgesinin görüntülenmesinin basit, güvenilir, ekonomik ve zaman kazancı sağlayan bir yöntem olduğu da bildirilmiştir.^{4,52,63}

Literatürde el-bilek, boyun omurları ve MP3 kemiklerinin olgunlaşmasını dişlerin kalsifikasyonu ile karşılaştıran çeşitli çalışmalar mevcuttur. Dişlerin kalsifikasyonlarının boyun omurlarının olgunlaşma aşamaları ile ilişkisini pozitif olarak saptayan çalışmalar bulunmaktadır.^{12,64} Flores-Mir ve ark.⁶⁴ her iki cinsiyet için MP3 aşamaları ile alt çene köpek dişinin kalsifikasyonu arasında paralellik saptamışlardır. Chen ve ark.¹² özellikle kızlarda alt çene ikinci büyük azı, erkeklerde alt çene köpek dişlerinin kalsifikasyonunun boyun omurlarının olgunlaşması ile ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Sachan ve ark.¹⁹ her iki cinsiyet için de köpek dişlerinin kalsifikasyonu ile boyun omurları ve el-bilek gelişiminin ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Köpek dişlerinin kalsifikasyonları ile SMI aşamalarının uyumlu olduğunu bildiren yayınlar da bulunmaktadır.¹⁴ Ancak araştırmacılar alt çene köpek dişi, birinci ve ikinci küçük azı ve ikinci büyük azı dişlerinin kalsifikasyonu ile iskeletsel olgunlaşma arasında paralellik saptamamışlardır.^{18,65} Perinetti ve ark.¹⁸ diş yaşı değerlendirmelerinin sadece puberte öncesi dönemde kullanılabilir olduğunu, yöntemin büyüme atılımının başlangıcı hakkında kesin bilgi veremediğini, Surendran ve ark.⁶⁵ ise puberte öncesi ve puberte sonrası büyüme fazlarında kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Diğer yazarlar da iskeletsel olgunlaşma ile dişlerin kalsifikasyonu arasında ilişki saptamadığını bildirmişlerdir.^{2,53} Farklı ikiz tiplerinde diş yaşı ve kemik yaşı ilişkisinin değerlendirildiği bir çalışmada ise

diş yaşı ve kemik yaşının tek yumurta ikizlerinde uyumlu olduğu çift yumurta ikizlerinde anlamlı bir ilişki bulunmadığı saptanmıştır.¹¹

Literatürde sadece radius kemiğinin incelendiği tek bir araştırma bulunmaktadır; yapılan çalışmada oklüzal radyografi kullanılarak bilek bölgesi görüntülenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre yazarlar bu yöntemin bireyin kemik yaşının belirlenmesinde etkili, pratik, hızlı ve ulaşılması kolay, implant tedavisi ve ortodontik tedavi planlamasında faydalı olduğunu bildirmişlerdir.³⁰

SONUÇ

Çocuklardaki dinamik büyüme gelişim süreci diş hekimlerini çocuk ve genç erişkinlerin tedavi süreci boyunca yakından ilgilendirmektedir. Doğru tanı ve uygun tedavi planının yapılabilmesi için büyüme gelişimin iyi bilinip değerlendirilmesi önem taşımaktadır. El-bilek yöntemi halen altın standart niteliğini taşımaktadır. Son yıllarda yaygın olarak kullanılan boyun omurları yönteminin ek radyografi ihtiyacını ortadan kaldırması nedeni ile avantajlı olduğu belirtilse de efektif radyasyon dozu açısından güvenilirliği halen tartışmalıdır. Üçüncü parmak medial falanks gelişiminin değerlendirilmesi ise tek bir periapikal radyografi gerektirmesi, oldukça basit ve pratik bir teknik olması tercih edilmesini sağlamaktadır. Bu dönemdeki bireyler için mümkün olan en az doz prensibi göz önünde bulundurularak en uygun yöntemin seçilmesi önerilmektedir.

Çıkar çatışması: Yazarlar bu çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışmalarının bulunmadığını bildirmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Abdel-Kader HM. The reliability of dental x-ray film in assessment of MP3 stages of the pubertal growth spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:427-9.
2. Bala M, Pathak A, Jain RL. Assessment of skeletal age using MP3 and hand-wrist radiographs and its correlation with dental and chronological ages in children. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2010;28:95-9.
3. Haiter-Neto F, Kurita LM, Menezes AV, Casanova MS. Skeletal age assessment: a comparison of 3 methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:435.e15-20.
4. Hegde DY, Baliga S, Yeluri R, Munshi AK. Digital radiograph of the middle phalanx of the third finger (MP3) region as a tool for skeletal maturity assessment. *Indian J Dent Res* 2012;23:447-53.
5. Alkhal HA, Wong RW, Rabie AB. Correlation between chronological age, cervical vertebral maturation and Fishman's skeletal maturity indicators in Southern Chinese. *Angle Orthod* 2008;78:591-6.
6. Krailassiri S, Anuwongnukroh N, Dechkunakorn S. Relationships between dental calcification stages and skeletal maturity indicators in Thai individuals. *Angle Orthod* 2002;72:155-66.
7. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthod* 1982;52:88-112.
8. Durka-Zajac M, Marcinkowska A, Mituś-Kenig M. Bone age assessment using cephalometric photographs. *Pol J Radiol* 2013;78:19-25.
9. Gilsanz V, Ratib O. Hand bone age: a digital atlas of skeletal maturity, eBook. New York: Springer Publishing Company; 2005.
10. Cardoso HF. Environmental effects on skeletal versus dental development: using a documented subadult skeletal sample to test a basic

assumption in human osteological research. *Am J Phys Anthropol* 2007;132:223-33.

11. Gupta M, Divyashree R, Abhilash P, A Bijle MN, Murali K. Correlation between chronological age, dental age and skeletal age among monozygotic and dizygotic twins. *J Int Oral Health* 2013;5:16-22.
12. Chen J, Hu H, Guo J, Liu Z, Liu R, Li F, *et al.* Correlation between dental maturity and cervical vertebral maturity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110:777-83.
13. Shilpa PH, Sunil RS, Sapna K, Kumar NC. Estimation and comparison of dental, skeletal and chronologic age in Bangalore south school going children. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2013;2:63-8.
14. Kiran S, Sharma VP, Tandon P, Tikku T, Verma S, Srivastava K. To establish the validity of dental age assessment using Nolla's method on comparing with skeletal age assessed by hand-wrist radiographs. *J Orthod Res* 2013;1:11-5.
15. Kumar V, Hegde KS, Bhat SS. The relationship between dental age, bone age and chronological age in children with short stature. *IJCD* 2011;2:6-11.
16. Uysal T, Sari Z, Ramoglu SI, Basciftci FA. Relationships between dental and skeletal maturity in Turkish subjects. *Angle Orthod* 2004;74:657-64.
17. Şahin Sağlam AM, Gazilerli U. The relationship between dental and skeletal maturity. *J Orofac Orthop* 2002;63:454-62.
18. Perinetti G, Contardo L, Gabrieli P, Baccetti T, Di Lenarda R. Diagnostic performance of dental maturity for identification of skeletal maturation phase. *Eur J Orthod* 2012;34:487-92.
19. Sachan K, Sharma VP, Tandon P. A correlative study of dental age and skeletal maturation. *Indian J Dent Res* 2011;22:882.
20. Basaran G, Ozer T, Hamamci N. Cervical vertebral and dental maturity in Turkish subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:447.e13-20.
21. Ruf S, Pancherz H. When is the ideal period for Herbst therapy-early or late? *Semin Orthod* 2003;9:47-56.
22. Hägg U, Taranger J. Maturation indicators and pubertal growth spurt. *Am J Orthod* 1982;82:299-309.
23. Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand* 1980;38:187-200.
24. Heasman P. Master dentistry Volume 2: Restorative dentistry, paediatric dentistry and orthodontics, 2nd edn. Churchill Livingstone: Elsevier Publishing; 2008.
25. Baccetti T, Franchi L, Giuntini V, Masucci C, Vangelisti A, Defraia E. Early vs late orthodontic treatment of deepbite: a prospective clinical trial in growing subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142:75-82.
26. Franchi L, Pavoni C, Faltin K Jr, McNamara JA Jr, Cozza P. Long-term skeletal and dental effects and treatment timing for functional appliances in Class II malocclusion. *Angle Orthod* 2013;83:334-40.
27. Klumper GT, Spalding PM. Realities of craniofacial growth modification. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2001;9:23-51.
28. Bajaj I, Barmani R, Dab S, Kadam S, Naoum D, Patel N, *et al.* What is the best diagnostic tool for the assessment of skeletal maturity; cervical vertebral assessment on lateral cephalogram or hand wrist radiograph? 2011. http://www.dentistry.utoronto.ca/system/files/ebreport_groupa.pdf. Erişim tarihi: 10.02.2014.
29. Joshi VV, Iyengar AR, Nagesh KS, Gupta J. Comparative study between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal age. *Rev Clin Pesq Odontol* 2010;6:207-13.
30. Mendes YB, Bergmann JR, Pellissari MF, Hilgenberg SP, Coelho U. Analysis of skeletal maturation in patients aged 13 to 20 years by means of hand wrist radiographs. *Dental Press J Orthod* 2010;15:74-9.
31. Calasans-Maia JA, Neto AS, Batista MM, Alves AT, Granjeiro JM, Calasans-Maia MD. Management of ankylosed young permanent incisors after trauma and prior to implant rehabilitation. *Oral Surgery* 2014;7:45-51.
32. Tsukiboshi M. Treatment procedures for delayed replantation. Bryn Grisham, ed. Treatment planning for traumatized teeth. Hanover Park, IL: Quintessence Publishing; 2012. p.178-85.
33. Cohen BL. Catalogue of risks extended and updated. *Health Phys* 1991;61:317-35.

34. Greulich WW. The rationale of assessing the developmental status of children from roentgenograms of the hand and wrist. *Child Dev* 1950;21:33-44.
35. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. *Am J Med Sci* 1959;238:261-396.
36. Schmidt S, Nitz I, Schulz R, Schmeling A. Applicability of the skeletal age determination method of Tanner and Whitehouse for forensic age diagnostics. *Int J Legal Med* 2008;122:309-14.
37. Tanner JM, Whitehouse RH, Healy MJR. A new system for estimating skeletal maturity from the hand and wrist with standards derived from a study of 2600 healthy British children. Part II. The scoring system. Paris, France: International Child Centre; 1962.
38. Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method), 2nd edn. London: Academic Press; 1983.
39. Tanner G, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3) method. London: Saunders; 2011.
40. Gök Ş, Erölçer N, Özen C. Adli tipta yaş tayini, 2. Baskı. İstanbul: T.C. Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu Yayınları; 1985.
41. Buken B, Safak AA, Yazici B, Buken E, Mayda AS. Is the assessment of bone age by the Greulich-Pyle method reliable at forensic age estimation for Turkish children? *Forensic Sci Int* 2007;173:146-53.
42. Koc A, Karaoglanoglu M, Erdogan M, Kosecik M, Cesur Y. Assessment of bone ages: Is the Greulich-Pyle method sufficient for Turkish boys? *Pediatr Int* 2001;43:662-5.
43. Buken B, Safak AA, Buken E, Yazici B, Erkol Z, Erzenin OU. Is the Tanner-Whitehouse (TW3) method sufficiently reliable for forensic age determination of Turkish children? *Turk J Med Sci* 2010;40:797-805.
44. Patcas R, Signorelli L, Peltomäki T, Schätzle M. Is the use of the cervical vertebrae maturation method justified to determine skeletal age? A comparison of radiation dose of two strategies for skeletal age estimation. *Eur J Orthod* 2013;35:604-9.
45. Soegiharto BM, Cunningham SJ, Moles DR. Skeletal maturation in Indonesian and white children assessed with hand-wrist and cervical vertebrae methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:217-26.
46. Lamparski D. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae [thesis]. Pennsylvania: University of Pittsburgh; 1972.
47. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:58-66.
48. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod* 2002;72:316-23.
49. Gandini P, Mancini M, Andreani F. A comparison of hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. *Angle Orthod* 2006;76:984-9.
50. Joshi V, Yamaguchi T, Matsuda Y, Kaneko N, Maki K, Okano T. Skeletal maturity assessment with the use of cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012;113:841-9.
51. Wong RW, Alkhal HA, Rabie AB. Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:484.e1-6.
52. Rajagopal R, Kansal S. A comparison of modified MP3 stages and the cervical vertebrae as growth indicators. *J Clin Orthod* 2002;36:398-406.
53. Tikku T, Khanna R, Sachan K, Agrawal S. Correlation of improved version of cervical vertebral maturation indicator with other growth maturity indicators. *J Ind Orthod Soc* 2013;47:28-32.
54. Negi KS. Reliability of MP3 (middle phalanx of 3rd finger) stages in assessment of skeletal maturation – a correlative study. *The Orthodontic CYBERjournal* 2009. <http://orthocj.com/2009/10/reliability-of-middle-phalanx-of-3rd-finger/>. Erişim tarihi: 10.02.2014.

55. Ozer T, Kama JD, Ozer SY. A practical method for determining pubertal growth spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:131.e1-6.
56. Abdel-Kader HM. The potential of digital dental radiography in recording the adductor sesamoid and the MP3 stages. *Br J Orthod* 1999;26:291-4.
57. Chapman SM. Ossification of the adductor sesamoid and the adolescent growth spurt. *Angle Orthod J* 1972;42:236-44.
58. Ertürk N. [Teleroentgen studies on the development of the frontal sinus]. *Fortschr Kieferorthop* 1968;29:245-8.
59. Aja-Fernández S, de Luis-García R, Martín-Fernández MA, Alberola-López C. A computational TW3 classifier for skeletal maturity assessment. A Computing with Words approach. *J Biomed Inform* 2004;37:99-107.
60. Chatzigianni A, Halazonetis DJ. Geometric morphometric evaluation of cervical vertebrae shape and its relationship to skeletal maturation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:481.e1-9.
61. San-Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod* 2002;24:303-11.
62. Madhu S, Hegde AM, Munshi AK. The developmental stages of the middle phalanx of the third finger (MP3): Sole indicator in assessing the skeletal maturity? *J Clin Pediatr Dent* 2003;27:149-56.
63. Pasciuti E, Franchi L, Baccetti T, Milani S, Farronato G. Comparison of three methods to assess individual skeletal maturity. *J Orofac Orthop* 2013;74:397-408.
64. Flores-Mir C, Mauricio FR, Orellana MF, Major PW. Association between growth stunting with dental development and skeletal maturation stage. *Angle Orthod* 2005;75:935-40.
65. Surendran S, Thomas E. Tooth mineralization stages as a diagnostic tool for assessment of skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:7-14.

Bone age assessment methods in dentistry

ABSTRACT

The assessment of facial growth and development is important to determine the optimal timing for different treatment procedures in the growing patient. Many skeletal maturity indicators have been proposed over the previous years because chronologic age is not sufficient alone for assessing the stage of development of a growing child. Maturation status has been traditionally evaluated by hand-wrist radiographs, which are considered the gold standard. Different radiographic methods have been evaluated for their correlation with the skeletal maturity, and simple and practical alternatives to the hand-wrist radiograph have been presented. In accordance with the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle, if evaluation of skeletal age is indicated, it is important to take radiographs with the lowest dose. The objective of this review was to evaluate different methods for assessing skeletal maturity in dentistry.

KEYWORDS: Children; growth and development; puberty; skeletal age measurement; x-ray diagnosis