

Kemik yaşı ve maturasyon tespiti

Hatice Kök(0000-0002-5874-9474)^α, Mehmet Said İzgi(0000-0003-3375-6288)^β

Selcuk Dent J, 2020; 7: 124-133 (Doi: 10.15311/selcukdentj.477836)

Başvuru Tarihi: 02 Kasım 2018
Yayına Kabul Tarihi: 14 Aralık 2018

ÖZ

Kemik yaşı ve maturasyon tespiti

Büyüme-gelişim, özellikle matürasyonu devam eden hastalarda tedavi planlaması ve prognoz açısından büyük önem taşımaktadır. Kronolojik yaş büyüme gelişimi devam eden bir bireyde tek başına matürasyonu belirlemede yeterli olmaması sebebiyle çeşitli büyüme-gelişim indikatörleri geliştirilmiştir. Büyüme-gelişim belirleme yöntemleri genel olarak morfolojik, histolojik ve radyolojik yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Ortodonti pratiğinde en çok radyolojik yöntemler tercih edilmektedir. Kemik yaşı tayininde çeşitli yaş aralıklarında vücuttaki yüzden fazla kemikleşme bölgesinden faydalanılabilmektedir. El-bilek bölgesinin 0-22 yaş aralığındaki bireyler için tercih edilebileceği bildirilmiştir. Birçok kemiğin bir arada değerlendirilebilmesi, kemikleşme dönemlerinin farklı olması, uygulama kolaylığı gibi sebepler ile el-bilek radyografileri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Günümüzde büyüme gelişim tespitinde el-bilek radyografileri altın standart olarak kabul edilmektedir. Araştırmacılar teknolojinin gelişimi ile birlikte el-bilek radyografilerinin yanı sıra daha farklı ve pratik olabilecek yöntemlerin tespitine yönelmişlerdir. Kemik yaşı ve matürasyon tespitinde, klinik olarak uygulanabilir olması ve mümkün olan en düşük radyasyon maruziyeti prensibine uyulması büyük önem taşımaktadır. Ortodontik vakaların teşhis, tedavi gidişatı ve tedavi sonrası durumlarının değerlendirilmesi için sefalometrik radyograflar rutin alınması gereken kayıtlardandır. Bu sebeple sefalometrik radyograflardan büyüme gelişim belirleme yöntemleri de geliştirilmeye ve bu konu üzerinde araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Çalışmamız ile büyüme-gelişim tespitinde kullanılan mevcut yöntemler ve güncel yaklaşımların derlemesinin sunulması ve biz klinisyenlere uygulanabilecek yöntemler hakkında fikir vermesi amaçlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

Büyüme gelişim, dental radyografi, kemik yaşı tespiti, puberte, servikal vertebra

ABSTRACT

Determination of bone age and maturation

Growth-development, especially in patients whose maturations continue, is of great importance in terms of treatment planning and prognosis. Various growth-development indicators have been developed due to the fact that chronological age isn't sufficient to determine maturation alone especially in individuals whose growth-development continue. Growth development methods can be classified as morphological, histological and radiological methods. In orthodontics, radiological methods are mostly preferred. More than one hundred ossification zones in various age ranges can be used for bone age determination. It's been reported that the hand-wrist region can be preferred for individuals aged 0-22 years. Many studies have been done on hand-wrist radiographs due to the fact that many bones can be evaluated together, the ossification periods are different and the ease of application. Today, hand-wrist radiographs are accepted as the gold standard for determination of growth development. In addition to hand-wrist radiographs, the investigators have focused on identifying methods that may be different and practical. In the detection of bone age and maturation, it is of great importance to be clinically viable and to comply with the lowest possible radiation exposure principle. Cephalometric radiographs should be routinely used to evaluate the diagnosis, treatment and post-treatment status of orthodontic cases. For this reason, growth detection methods from cephalometric radiographs have begun to be researched and developed. The aim of this study was to present a review of current methods and current approaches used in growth-development detection and to give an idea about the methods that can be applied to clinicians.

KEYWORDS

Growth and development, dental radiography, bone age measurement, puberty, cervical vertebrae

Büyüme-gelişim (matürasyon) ve kemik yaşı tespiti; antropoloji, pediatri, adli tıp, ortopedi endokrinoloji ve diş hekimliği gibi birçok bilim dalında, medikal ve yasal konulara ışık tutması açısından önemli bir yere sahiptir.¹ Diş hekimliğinde; özellikle cerrahi, pedodonti ve ortodonti bilim dallarında teşhis ve tedavi prognozu için zaman zaman büyüme-gelişimin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.²⁻⁴ Genç bireylerde, konjenital veya travmaya bağlı olan diş eksikliklerinde, yapılacak olan implant uygulaması için standart olarak belirlenmiş bir kronolojik yaş yoktur. Büyümenin devam ettiği vakalarda

uygulanan implantlarda bireyin büyüme miktarına paralel olarak, implantın göreceli intrüzyonu meydana gelebilmektedir.⁵ Ağız, diş ve çene cerrahisinde implantasyon için doğru zamanın belirlenmesi ancak büyüme-gelişim döneminin tespit edilmesiyle mümkün olabilmektedir.³ Çocuk ve genç erişkinlerde, dental travma olgularına daha sık rastlanmaktadır. Soketten tamamen çıkan dişlerin replantasyonu uygun ortamların sağlanmasıyla oldukça iyi sonuçlar verebilmektedir. Birçok durumda ise ideal şartları sağlamak ve dişi doğru

^α Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, Konya

^β Özel Muayenehane, İstanbul

zamanda reimplante etmek bir hayli zor olmaktadır. İdeal şartların sağlanamadığı replantasyon neticesinde ilgili bölgede ankiloz gelişimi görülmektedir. Ankilozla birlikte vücuttaki remodeling hızı, kökteki rezorpsiyon hızıyla bağlantılıdır. Ergenlik sonrasında ise hızı azalarak devam etmektedir. Pedodontide karşılaşılabilen bu gibi durumların öngörülebilmesi için büyüme-gelişim döneminin değerlendirilmesi gerekmektedir.⁴

Ortodontinin biyolojik temellerinden biri olan büyüme-gelişim bu bilim dalında önemli bir parametreyi oluşturmaktadır.^{2,6} Çocukluktan erişkinliğe geçiş dönemi olan pubertal atılım döneminde büyümenin yönlendirilmesi için farklı aşamalardan faydalanılabilmektedir. Büyüme modifikasyonu ile yapılacak tedavilerde, büyüme atılımı tespit edilerek optimum tedavi zamanına karar verilmelidir. Ruf ve Pancherz⁷ yapmış oldukları çalışma ile pubertal büyüme atılımının pik döneminin büyüme modifikasyonu için en uygun dönem olduğunu bildirmişlerdir. Sınıf 2 maloklüzyon tedavisinde kullanılan fonksiyonel apareylerden daha etkili sonuç alınabilmesi için, pubertal büyüme döneminde tedaviye başlanması gerektiğini gösteren araştırmalar mevcuttur.^{8,9} Sınıf 3 olgularda yapılan palatal ekspansiyon tedavisinde ise geç puberte döneminin tercih edilmesinin daha stabil ve etkili sonuçlar sağlayacağı bildirilmiştir.¹⁰ Puberte döneminden sonra belirgin iskeletsel değişiklikler gözlemlenemeyeceği için ortodontik tedavinin cerrahi tedaviler ile desteklenmesi gerekebilmektedir.¹¹⁻¹⁵ Bu sebepler ile; pubertal atılımın ne zaman başlayıp ne zaman tamamlanacağı, retansiyonun nasıl ve ne kadar yapılacağı gibi konuların belirlenmesinde matürasyon ortodontik açıdan önem taşımaktadır.¹⁶ Ortodontistin hastasının iskelet yaşını bilmesine gerek yoktur, asıl bilinmesi gereken tedavi periyodunda bireyin ne kadar büyüyeceği, büyüme-gelişimin seviyesinin hangi düzeyde olduğu veya tedavisi sırasında büyümenin yüzde kaçının gerçekleşeceği.^{17,18}

BÜYÜME GELİŞİMİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Morfolojik yöntemler

Morfolojik olarak büyüme-gelişim ve kemik yaşı belirlenmesinde boy uzaması, ağırlık artışı, kronolojik yaş ve cinsiyet belirteçleri (ses kalınlaşması, kıllanmada artış, bel genişlemesi, menarş yaşı) gibi kriterlerden yararlanılmaktadır.^{19,20} Takvim yaşı olarak tanımlanan kronolojik yaş, hastanın doğum tarihi ile o günün tarihinin farkıdır. Kronolojik yaş büyüme-gelişim dönemini tespit etmede kullanılan güvenilir bir metot olarak görülmemektedir.¹⁹⁻²¹ Kronolojik yaş ile kemik yaşı arasında, dönemlere göre bazı farklılıklar olabilmektedir; bunlar 0-2 yaş arasında ± 6 ay, 2-4 yaş arasında ± 1 yıl, 4 yaş ile puberte arasında ± 2 yıl olarak kaydedilmiştir.²²

Histolojik yöntemler

Yaş tayininde, histolojik olarak histomorfolojik ve histokimyasal yöntemler üzerinde yoğunlaşmış olup daha

çok postmortem olgularda kullanılmaktadır. Bu yöntemler ile kas fiber tipleri ve miyozin ağır zincirlerinden çeşitli kaslarla ve kemiklerle çalışmalar yapılmıştır.²³⁻²⁶ Seks hormonları, paratiroid hormon ve kalsitonin büyüme ve gelişimde rol oynamaktadır. Androjen ve östrojenin kemikleşme merkezlerinin ortaya çıkışını ve gelişim zamanlarını etkiledikleri gözlenmiştir.²³ Bu metotlara oranla daha az olmakla birlikte çeşitli yaş gruplarından alınan karın dokusu örneklerinde AgNOR yöntemi ile hücre proliferasyonundan da yaş tespiti yapılabildiği ortaya konulmuştur.^{26,27} Histolojik yöntemler daha çok otopsi olgularında tespit edilmekle birlikte; klinik uygulamada kullanılabilecek kadar pratik, kesin ve aynı zamanda standardizasyonlarının mümkün olmaması, dezavantajlarıdır.²⁸

Radyolojik yöntemler

Büyüme-gelişim belirlenmesinde kullanılan radyolojik yöntemler panoramik, sefalometrik ve el-bilek radyografileri olarak sınıflandırılmaktadır.²⁹⁻³⁴ Radyolojik yöntemlerle elde edilen görüntülerde dişler ve kemiklerin her döneme ait değişiklikleri kolaylıkla takip edilebildiği için bu yöntem diğer büyüme-gelişim ve yaş tayini tekniklerine göre daha çok tercih edilmektedir.³⁵

Panoramik radyografiler

Panoramik radyografi tek bir film üzerinde mandibular ve maksiller arkları ve onların desteklediği yapıların tümünü içine alabilen ve fasiyal bölgenin izlenebildiği bir görüntüleme yöntemi olarak tanımlanmaktadır.³⁶

Demirjian ve ark.³⁷ 1973 yılında panoramik radyograflar üzerinde yapmış oldukları çalışmayı modifiye ederek dental matürasyonu, dişlerin kök formasyonuna göre 8 farklı döneme gruplandırmışlar ve bu yöntem literatüre Demirjian metodu olarak geçmiştir (Resim1). Günümüzde dental matürasyon belirlenmesinde sıklıkla kullanılan metot olan Demirjian metodunun geçerliliği birçok farklı toplumlar için test edilmiştir. Türk toplumundaki geçerliliği ile ilgili yapılan bir çalışmada, Tunç ve Koyutürk³⁸ 4-12 yaş arasındaki bireylerden alınan panoramik radyografileri, Demirjian metoduyla değerlendirmiş ve diş gelişim dönemleri ile kronolojik yaş arasında yüksek derecede uyum olduğunu bildirmişlerdir. Ancak ülkelere göre sonuçların farklı olması, yöntemi uygulayanların deneyimi ve aynı ülkenin farklı bölgelerinde bile sonuçların değişkenliği büyüme-gelişim ve yaş tayininde Demirjian yönteminin kullanımını sınırlandırmaktadır.^{39,40}

Dental matürasyon yaşamın sadece ilk dönemlerini kapsamı dolayısıyla ortodontide tercih edilmemektedir.^{41,42,43} Büyüme atılım döneminin tespitinde alt çene köpek dişi ile birinci küçük azı dişlerinin kök formasyonunun tamamlanmasının olgunlaşma indikatörü olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir.⁴⁴ Bireyin daimî dişlerinin tamamlanma yaşı olan 12 yaştan sonraki dönemde, fizyolojik gelişimini belirleyecek ölçüleri bulmak zor olabilmektedir. Mandibular üçüncü molar dişlerin oluşumuyla iskeletsel gelişim arasındaki ilişki değerlendirilerek aralarında kuvvetli korelasyon bulunmuştur; ancak büyüme-gelişim tespitinde bunun yeterli olmadığı belirtilmiştir.⁴⁵ Büyüme-gelişim döneminin belirlenmesinde dental matürasyon hesaplamasının tercih edilmeme sebeplerinden biri de diş sürme zamanının sistemik hastalıklar, beslenme yetersizliği gibi birçok lokal faktörden etkilenmesidir.^{46,47}

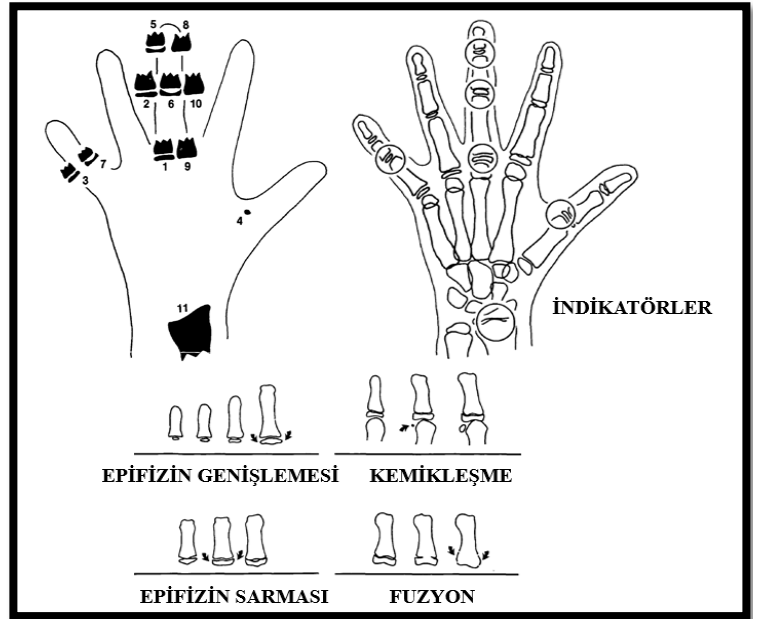
El-bilek radyografileri

X-ışınının bulunuşundan 4 ay sonra 1896 yılında ilk el-bilek radyografisi Sydney Rowland tarafından Londra'da çekilmiştir.⁴⁸ Ranke⁴⁹ el-bilek radyografilerinden iskelet gelişimini inceleyen ilk kişidir. W. Greulich-Pyle el-bilek radyografilerini inceleyerek bir atlas oluşturmuştur. Greulich-Pyle atlasında (GP), 1 yıllık aralıklarla alınmış el-bilek radyografiler bulunmaktadır. Herhangi bir bireyin kemik yaşını belirlemek için; bireyden alınan el-bilek radyografisi, atlasla mevcut cinsiyetine uygun radyografi görüntüleri ile karşılaştırılarak, bireyin radyografına en uygun olan radyografik görüntünün atlasdaki karşılığı olan kronolojik yaş, bireyin kemik yaşı kabul edilmektedir. Tanner ve ark. tarafından 1962 yılında kemik yaşı ve matürasyonun belirlenmesi konusunda yeni bir metot geliştirilmiştir. Bu metot daha sonra Tanner Whitehouse 2 (TW2) yöntemi olarak modifiye edilmiştir. TW2 yönteminde el-bilek radyografilerinin kemikleşme evrelendirilmeleri cinsiyete göre ayrı ayrı skorlanmıştır.³² TW2 yönteminin Greulich-Pyle yöntemine olan üstünlüğü otomatize edilmiş olması ve uzman gereksiniminin olmamasıdır.⁵⁰ Hesaplamanın kolay olmaması, araştırmanın tek ırk üzerinde yapılması ve zaman alması nedeniyle pek fazla tercih edilmemektedir (Avery 2002). TW2 metodu daha sonra geliştirilerek 2001 yılında Tanner Whitehouse 3 (TW3) metodu olarak tanıtılmıştır.³³ Radyografide kemiklerin her aşamasına bağlı derecelendirme TW2 ve TW3'te aynıdır. TW3'teki farklılık referans değerleri Avrupa, Arjantin, Japonya ve Amerika'dan alınan örneklerle dayanmaktadır.

Bu atlardan yola çıkarak büyüme-gelişim tespit yöntemleri geliştirilmiştir.

Fishman 1.- 3. ve 5. parmak ve radiusta yer alan 6 anatomik noktayı 4 farklı kemik gelişim sürecine göre sınıflandıran bir yöntem geliştirmiştir. Tüm adolesan gelişimini iskeletsel matürasyon indikatörü olarak 11 safhada değerlendirmiştir.^{51,52} Bu safhalar;

1. Üçüncü parmağın proksimal falanksında epifiz diafiz eşittir
2. Üçüncü parmağın orta falanksında epifiz diafiz eşittir.
3. Beşinci parmağın orta falanksında epifiz diafiz eşittir.
4. Adduktör sesamoid gözlenmeye başlamıştır.
5. Üçüncü parmağın distal falanksında epifiz diafizi sarar.
6. Üçüncü parmağın orta falanksında epifiz diafizi sarar.
7. Beşinci parmağın orta falanksında epifiz diafizi sarar.
8. Üçüncü parmağın distal falanksında epifiz diafiz kaynaşır.
9. Üçüncü parmağın proksimal falanksında epifiz diafiz kaynaşır.
10. Üçüncü parmağın orta falanksında epifiz diafizi kaynaşır.
11. Radiusta epifiz ve diafiz kaynaşması olmuştur (Şekil 1).

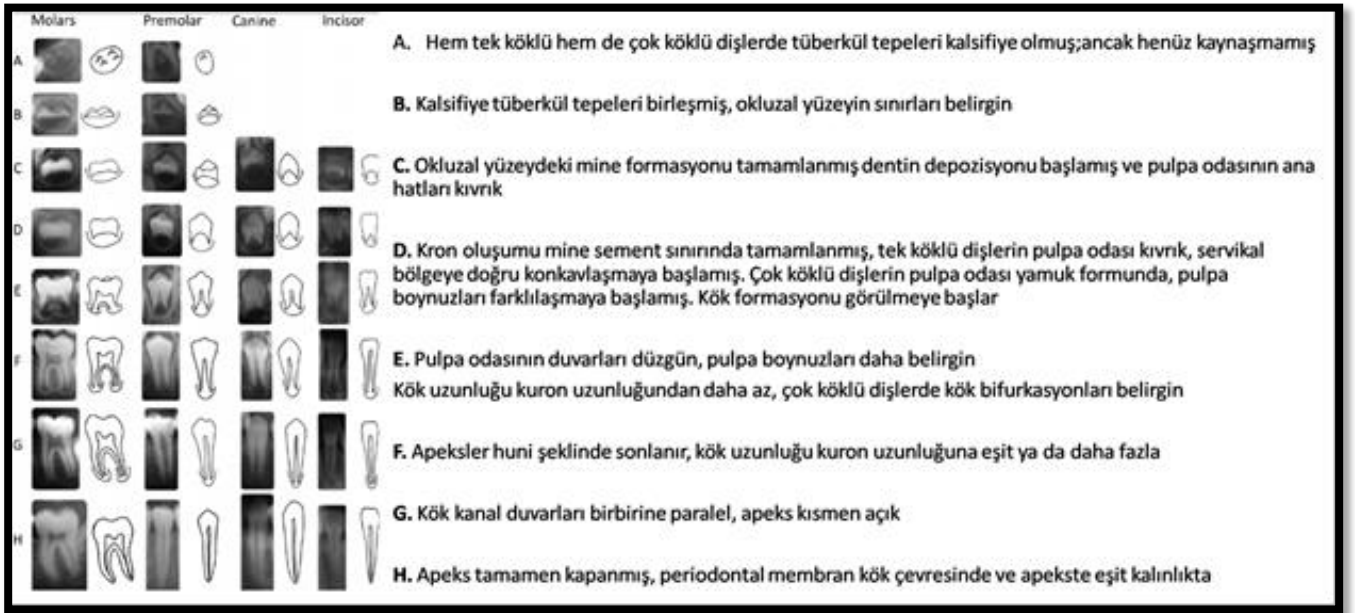


Şekil 1.

Fishman Maturasyon Değerlendirmesi⁵¹

Hagg ve Taranger, yaptıkları çalışmalarda el-bilek radyografilerini kullanarak orta parmak orta falanksının (MP3) olgunluk belirteçleriyle matürasyon safhalarını geliştirmeye çalışmışlardır.^{11,12} Yöntemde temel olarak orta parmaktaki epifiz diafiz bölgesinde olan gelişimsel değişiklikler 5 aşamada incelenmiştir.¹² Bu aşamalar;

1. **MP3-F:** Pubertal büyüme başlangıç seviyesindedir. Epifiz ve metafiz aynı genişlikte gözlenmektedir.
2. **MP3-FG:** Pubertal büyüme atağı hızlanmaktadır. Epifiz ile metafiz aynı genişlikte gözlenmekte, epifizin lateral ve/veya mesial kısmından ayrı, distalinde demarkasyon hattı bulunmaktadır.

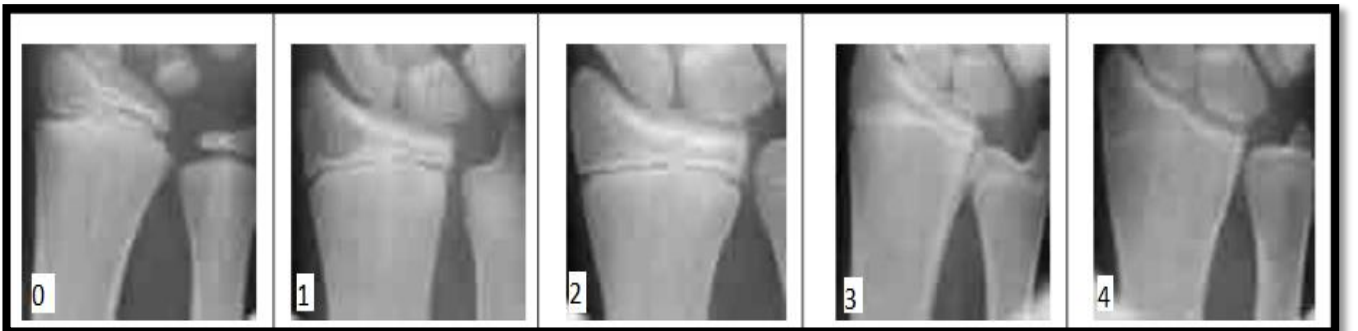


Resim 1.

Demirjian metodu



Resim 2.

Chapman Sesamoid olgunlaşma safhaları⁵⁶

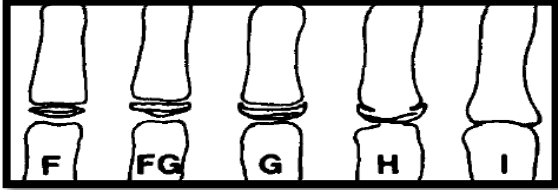
Resim 3.

Radius epifiz ve diafiz olgunlaşma aşamaları³

3. MP3-G: Pubertal büyüme atağı maksimuma ulaşmıştır. Epifizin köşeleri kalınlaşmıştır ve bir köşesinde veya her iki köşesinde birden distale doğru keskin çıkıntılar yaparak metafize doğru capping yapmaktadır.

4. MP3-H: Pubertal büyümenin hızı azalmaktadır. Epifiz ve metafiz füzyonu gerçekleşmeye başlamıştır.

5. MP3-I: Pubertal büyüme bitmektedir. Epifiz ve metafiz füzyonu tamamlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2.

Hagg ve Taranger 5 aşamalı maturasyon değerlendirilmesi¹²

Björk ve Helm⁵³ çalışmalarında 9-17 yaşlarında el-bilek kemiğinin gelişimini belirleyen göstergeler tanımlamışlardır. Sesamoid kemiğin görülmesini el-bilek filmlerinde maksimum pubertal atılımın gerçekleştiği zaman ile ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Birçok çalışmada, addüktör sesamoidin radyografide gözlenmesinden takriben bir yıl sonra, büyüme atılımının maksimum seviyede gerçekleştiği bildirilmiştir.^{31, 53-55}

Chapman⁵⁶ el-bilek kemiklerinden alınan periapikal radyografilerde gözlenen addüktör sesamoid (AS) kemiğin ossifikasyon düzeyine göre aşağıdaki sınıflandırılmayı yapmıştır (Resim 2).

1. AS0: Radyografide henüz sesamoidin ossifikasyonu görülmemektedir.

2. AS1: Radyografide sesamoid ossifikasyonu ilk bu aşamada görülmektedir. Boyutu iğne ucu kadar çapı yaklaşık olarak 1 mm genişliğindedir. Bu dönem 3 aylık bir süreyi kapsamaktadır.

3. AS2: Ossifikasyon birinci aşamaya göre ilerlemiştir ancak sınırları belirsiz olarak görülmektedir. Bu dönem ise 6 aylık bir süreyi kapsamaktadır.

4. AS3: Bu safhada sesamoid tohum şeklinde, sınırları belirgin olarak görülmektedir.

Mendes ve ark.³ implant uygulamasından önce iskeletsel olgunlaşmanın sonuna geldiğini göstermesi amacıyla radius kemiğini kullandıkları bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemde, alveol kemiğinin ve kafa yüz gelişiminin değerlendirilebilmesi için; bilek

bölgesinin altına yerleştirilen oklüzal radyografileri kullanmışlardır. Avuç içi aşağı bakacak şekilde alınan radyografilerde, radiusun epifiz ve diafizinin maturasyon derecesi ve füzyonunun görüntülenmesi amaçlanmıştır. Bu aşamalar;

0: Radius kemiğindeki epifiz diafizden daha küçük veya aynı genişlikte görülmektedir.

1: Epifiz ve diafiz eşit genişlikte görülmektedir.

2: Epifiz ve diafiz birleşmeye başlamaktadır.

3: Hafif bir radyolüsent çizgi görülmekle beraber epifiz ve diafiz birleşmiştir.

4: Epifiz ve diafiz arasında füzyon tamamlanmıştır (Resim 3).

Sefalometrik radyografiler

Ruel ve Bench⁵⁷ ilk olarak servikal vertebraların büyümesini incelemişler ve servikal vertebralardaki büyümenin sefalometrik radyograflar ile ölçülebileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca yaklaşık 2 yaş civarında 1., 2., ve 3. servikal vertebralardaki morfolojilerin şekillendiği, daha sonra ise atlas ve aksis hariç tüm vertebraların kendilerinden bir üsttekine göre daha fazla büyüdüğünü belirtmişlerdir. Araştırmacılar herhangi bir vertebra ile büyüme-gelişim tespiti yapmamışlardır.⁵⁷

El-bilek radyografilerinin yanı sıra, sefalometrik radyograflardaki servikal vertebralardan kemik yaşı ve büyüme-gelişiminin tespit edilebileceği ilk olarak Lamparski³⁰ tarafından ortaya konulmuştur. Lamparski³⁰ servikal vertebralarla yapılan büyüme-gelişim ve yaş tespitinin el-bilek radyografileri kadar güvenilir ve etkili olduğunu öne sürmektedir. Çalışmasında lateral sefalometrik 2. vertebradan (C2) 6. vertebraya (C6) kadar servikal vertebraların gelişim dönemleri ile ilgili olarak hem kız hem de erkek bireyler için bir seri standart geliştirmiştir. Bu standartlara göre;

Safha 1: Bütün vertebraların alt sınırları düz, üst sınırları arkadan öne doğru belirgin şekilde eğimlidir. Vertebra şekilleri düzdür herhangi bir girinti yoktur.

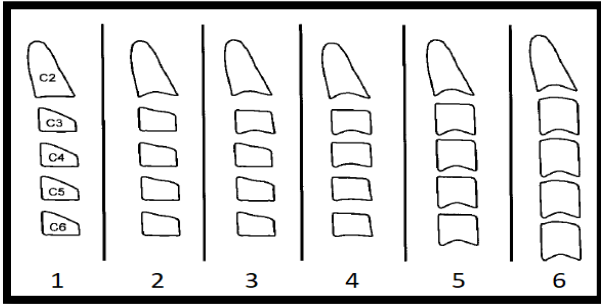
Safha 2: İkinci vertebranın (C2) alt sınırında bir iç büküklük oluşmaya başlamıştır. Vertebranın ön dikey yüksekliğinde artış vardır.

Safha 3: İkinci vertebraya (C2) benzer şekilde üçüncü vertebrasında (C3) alt sınırında bir iç büküklük oluşmaya başlamıştır. Diğer vertebra alt sınırları düzdür.

Safha 4: Vertebralar bu safhada tamamen dikdörtgen formuna benzer. Üçüncü vertebradaki (C3) iç büküklük artmış ve dördüncü vertebradaki (C4) alt sınırdaki ise belli bir iç büküklük oluşmuştur. Beşinci (C5) ve altıncı (C6) vertebraların ise iç büküklüğü henüz başlangıç halinde bulunmaktadır.

Safha 5: Vertebralar hemen hemen kare şeklini almışlardır. Vertebralar arasındaki uzaklıklar önemli şekilde azalmıştır, altıncı vertebradaki iç büküklük oldukça sınırlıdır.

Safha 6: Bütün vertebraların dikey yüksekliği artmıştır. Yükseklikleri genişliklerinden daha fazladır, bütün iç bükeylikler derinleşmiştir (Şekil 3).



Şekil 3.

Lamparski metodunun 6 safhada sınıflandırılması³⁰

Lamparski yöntemi, daha sonra birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve bu konuda araştırma yapmışlar, iskeletsel olgunluk gelişimi esnasında vertebra gövdelerinde meydana gelen değişikliklerin büyüme-gelişim kemik yaşı tayininde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.^{17,58-64}

Hassel ve Farman³¹ tarafından geliştirilen bir diğer metotta 8-18 yaşları arasında 220 bireyin ikinci, üçüncü ve dördüncü servikal vertebralarının gövdelerinde meydana gelen değişikliklere göre, iskeletsel büyüme-gelişimi tanımlayan 6 safha oluşturmuşlardır.

1. Safha: Başlangıç evresidir. Adolesan büyüme yeni başlar. %80 -100 oranına varan adolesan büyüme beklenir. C2, C3 ve C4 takoz şeklinde olup, üst sınırları arkadan öne doğru eğimlidir.

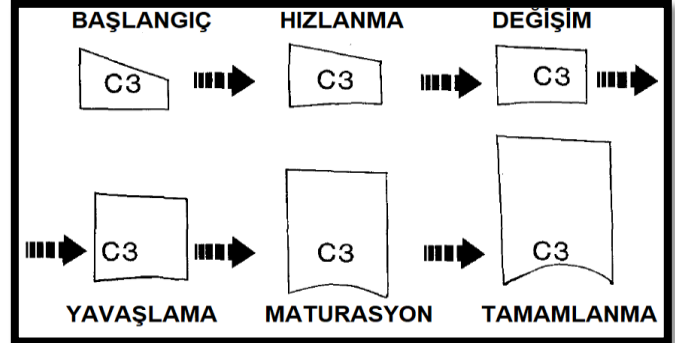
2. Safha: Hızlanma evresidir. Adolesan büyüme hızlanır. %65-85 oranında büyüme beklenir. C2 ve C3'ün alt sınırında iç bükeylik başlar. C4'ün alt sınırı düzdür. C3 ve C4 ise dikdörtgene benzemeye başlar.

3. Safha: Değişim evresidir. Adolesan büyüme, tepe noktaya doğru hızla artar. % 25-65 oranında adolesan büyüme beklenir. C2 ve C3 alt sınırlarında iç bükeylikler belirginleşir. C4 alt sınırında iç bükeylikler başlar. C3 ve C4 ise dikdörtgen şeklini alır.

4. Safha: Yavaşlama evresidir. Adolesan büyüme iyice yavaşlar. %10-25 oranında büyüme beklenir. C2, C3 ve C4'ün alt sınırlarında iç bükeylikler belirginleşir. C3 ve C4 ise kareye benzemeye başlar.

5. Safha: Olgunluk evresidir. Adolesan büyüme fazla önemli değildir. %5-10 oranında büyüme beklenir. C2,C3 ve C4 alt sınırlarındaki iç bükeylikler daha fazla belirginleşir. C3 ve C4 kare şeklini alır.

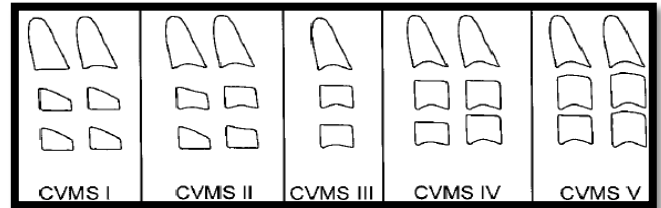
6. Safha: Tamamlanma evresidir. Adolesan büyüme tamamlanmıştır, büyüme beklenmez. C2,C3 ve C4 alt sınırlarındaki iç bükeylikler iyice derinleşmiştir. C3 ve C4 kare şeklindedir ya da dikey boyutları yatay boyuttan daha fazladır (Şekil 4).



Şekil 4.

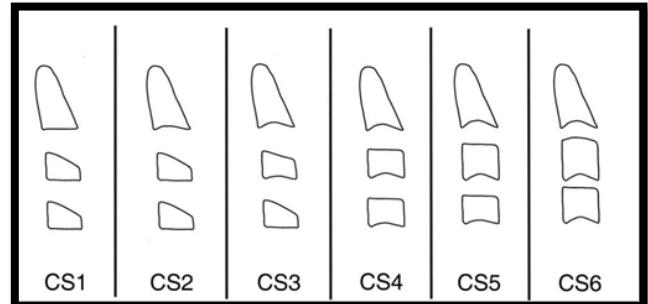
Hassel ve Farman'a göre C3 vertebraındaki değişim³¹

Baccetti ve ark.⁶⁵ servikal vertebra gelişim dönemlerini "Servikal Vertebra Gelişim Safhaları-Cervical Vertebra Maturation Stage (CVMS)" olarak adlandırarak 5 evre belirlemişlerdir. Bu evreleme sisteminde C2, C3 ve C4'ün değerlendirildiği lateral sefalometrik radyograflar kullanılabilir. Safhalarda 1. ve 2. büyüme-gelişim aşamasının ayırt edilmesinin zor olduğu ve bu seviyelerin birleştirilerek tek bir safha olarak değerlendirilebileceğini belirtmiştir (Şekil 5). Fakat ilerleyen yıllarda Baccetti ve ark.⁶⁶ kendi çalışmalarını modifiye ederek, C2, C3 ve C4'ün net olarak gözlemlendiği lateral sefalogramları değerlendirmede kullanmışlar ve servikal vertebralara göre büyüme atılımını 6 evrede incelemişlerdir (Şekil 6).



Şekil 5.

Baccetti Büyüme Gelişim Seviyeleri⁶⁵



Şekil 6.

Baccetti büyüme gelişim seviyeleri⁶⁶

Bilgisayar destekli sistemler ile büyüme gelişimin belirlenmesi

Büyüme-gelişim kemik yaşı tespitinde GP metodunun subjektif, TW metodunun karmaşık olması sebebiyle daha hızlı, kesin ve objektif analizlerinin yapılmasına olanak sağlayacak bilgisayar yazılımları geliştirilmek istenmiştir. Araştırmacılar bilgisayar yazılımları ile dijital görüntülerin avantajlarından faydalanarak daha objektif sonuçlar elde edebilmeyi hedeflemiştir.^{67,68}

Zhang ve ark.⁶⁹, 0-7 yaş arası 205 bireyde kemik yaşı tespiti için karpal kemikler üzerinde bulanık mantık ile çalışmışlardır. Araştırma sonuçları el-bilek radyografileri üzerinde geliştirilen yöntem ile bu yaş grubundaki çocuklarda kemik yaşının değerlendirilmesinde karpal kemiklerin uygun olduğunu göstermiştir.

Jantan ve ark.⁷⁰ radius ve radiusun distali ile ilgili özellikleri çıkararak bulanık mantık tabanlı bir kemik yaşı değerlendirme sistemi sunmuşlardır. Sonuç olarak 14 yaş altı çocuklarda bu kemiklerin kemik gelişimini belirlemede önemli nitelikler olduğu kanısına varmışlardır.

Hasaltın ve Beşdok⁷¹ ise yapay sinir ağları kullanarak Türk bireylere ait kemik yaşı tayini için yarı otomatik bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem ile 2-9 yaş arası 307 çocuğun karpal kemiklerini incelemişlerdir.

El bilek radyografilerin üzerinde yapılan bu çalışmaların yanı sıra son yıllarda özellikle puberte döneminde sefalometrik radyograflar ile görüntülenen boyun omurlarından yapılan büyüme-gelişim tayininin el-bilek radyografileri kadar etkin olduğu, bu yöntemin hastalara ek bir radyasyon dozu verilmemesi açısından el-bilek radyografisine göre belirgin avantaj taşıdığını, büyüme-gelişimin tespitinde ek bir radyografinin elimine edilmesi gerekliliğini bildirmişlerdir.^{6,14,15,18,61,64,72-74}

Vertebralara yaş tayini yapılırken regresyon analiziyle yarı otomatik sistemler geliştirilmiştir. Mito ve ark.⁶³ çalışmasında yaşları 7,0-14,9 arasında değişen ve her birinde 22 kız bireyin lateral sefalometrik grafilерinin incelendiği 8 adet yaş grubu oluşturmuşlardır. Toplamda 176 kız bireyden regresyon analizi yöntemiyle kemik yaşı tayini yapmışlardır. Çalışmaları sonucunda sefalometrik grafilерden yapılan kemik yaşı tayininin Tanner Whitehouse 2 metoduyla yapılan el-bilek kemik yaşı tayini kadar güvenilir olduğunu ve bu yöntemle yapılan kemik yaşı tayininin daha objektif olduğunu bildirmişlerdir

Beit ve ark.⁷⁵ her bir cinsiyet için ayrı olarak tedavi edilmemiş deneklerin (352 erkek, 378 kız; yaş aralığı, 6-18 yıl) 730 radyografisini (sefalometri ve el bilek) incelemişlerdir. Çalışmanın amacı, el bileği radyografilerine dayalı iskeletsel yaş değerlendirmesinin, servikal vertebra değerlendirmesi ile incelenmesidir. Greulich ve Pyle yöntemine göre el bileği radyografilerinde iskelet yaşı tespit edilmiş ve C2 ile C4 arasındaki vertebralarda morfolometrik olarak ölçülmüş ve GP yöntemi ile korelasyonu test edilmiştir.

SONUÇ

Büyüme gelişim süreci ve tespiti, doğru tanı ve tedavi şeklinin belirlenmesinde önemli olması sebebiyle, tıp ve diş hekimlerinin ilgisini hep üzerinde taşıyacaktır. Mevcut yöntemler ülkemizde çok merkezli çalışılarak popülasyonumuzun büyüme-gelişim haritası çıkarılabilir ayrıca teknolojinin yardımıyla daha kolay uygulanabilir hale dönüştürülebilirken farklı yöntemlerin tespiti için multidisipliner çalışmalara da ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Yarımoğlu HB. Yaş tayini uygulamalarında epifiz plağı kapanma derecelerinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Adli Tıp Anabilim Dalı. [Uzmanlık Tezi]. 2005.
2. Arat M, Köklü A, Özdiler E, Rübendüz M, Erdogan B. Kraniofasial ve dentoalveoler yapılarıdaki gelişimin iskelet olgunluk kriterleri dikkate alınarak incelenmesi. Turk J Orthod. 1997; 10: 1-10.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Ruf S, Pancherz H. When is the ideal period for Herbst therapy-early or late? Semin Orthod 2003; 9: 47-56.
8. 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.
9. 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.
10. Kluemper GT, Spalding PM. Realities of craniofacial growth modification. Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am 2001; 9: 23-51.
11. 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
12. Hägg U, Taranger J. Maturation indicators and pubertal growth spurt. Am J Orthod 1982; 82: 299-309.
13. Basaran G, Ozer T, Hamamci N. Cervical vertebral and dental maturity in Turkish subjects. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007; 131: 447. e13-20.
14. 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.
15. Durka-Zajac M, Marcinkowska A, Mitus-Kenig M. Bone age assessment using cephalometric photographs. Pol J Radiol 2013; 78: 19-25.
16. Magnusson TE. Skeletal maturation of the hand in Iceland. Acta Odontol Scand 1979; 37: 21-8.
17. Garcia-Fernandez P, Torre H, Flore L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. J Clin Orthod 1998; 33(4): 221-5.
18. Ozer T, Kama JD, Ozer SY. A practical method for determining pubertal growth spurt. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006; 6: 130-1
19. Günay N. 6-18 yaşlar arasındaki kız ve erkek çocuklarda kronolojik yaş kemik yaşı ilişkileri. Atatürk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi. 1973; 1(1): 3-16
20. Gülyurt M. Ortodonti Yönünden Büyüme ve Gelişim, Atatürk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Yayınları, Erzurum. 1989.
21. Roche AF, Roberts J, Hamill PV. Skeletal maturity of youths 12-17 years, United States. Vital and Health Statistics. Series. 1976; 11: 1-90.
22. Darendeliler F, Bundak R. Boy kısalığına yaklaşım. The journal of current pediatrics. 2005; 3: 49-52.
23. Ganong FW. Review of Medical Physiology, 15. Edition. Beirut: Tyropress, 1991.
24. Stout SD. The use of histomorphology to estimate age. J Forensic Sci 1998; 33(1): 121-5.
25. Kirkeby S, Garbarsch C. Histochemical studies of the masseter, the temporal and small zygomaticomandibular, and the temporomandibular masticatory muscles from aged male and female humans. Fiber types and myosin isoforms. Cranio 2001; 19(3): 174-82.
26. Dulger HE, Baransel A, Ucak R. Age estimation using agnor and immunohistochemical indicators of abdomen skins. Anadolu Tıp Dergisi 2005; 7(1): 25-30.
27. Baransel Isır A, Bakır K, Uçak R. AgNOR Yöntemi ile İnsan Epidermisinden Yaş Tespiti. Fırat Tıp Dergisi 2004; 9(3): 75-8.
28. Baransel Isır A, Dülger HE. 1998-2005 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi Adli Tıp Anabilim Dalında raporlandırılan yaş tayini olgularının irdelenmesi. Türkiye Klinikleri Adli Tıp Dergisi 2007; 4(1): 1-6.
29. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic Atlas of Skeletal Development of hand and Wrist. Stanford University Press, 2nd Edition. 1966.
30. Lamparski DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. American Journal of Orthodontics. 1975; 67(4): 458-9.
31. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1995; 107(6): 58-66.

32. Tanner J, Oshman D, Bahhage F, Healy M. Tanner-Whitehouse bone age reference values for North American children. *The Journal of Pediatrics*. 1997; 131(5): 34–40.
33. Tanner JM, Healy MJR, Goldstein NH, Cameron N. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 Method). 3rd ed. London: W.B. Saunders, 2001
34. White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology: Principles and Interpretation*. 7th Ed., St. Louis Elsevier Health Sciences. 2014; 166-84
35. Akkoyun M. Adli Tıp Açısından Yaş Tayini İstenen Olguların Değerlendirilmesi. Akdeniz Üniversitesi, Adli Tıp Anabilim Dalı [Uzmanlık Tezi] Antalya, 2013.
36. Lurie AG. Panoramic Imaging. In: *Oral Radiology Principles and Interpretation*, Eds: White SC, Pharaoh MJ, 6th ed. China: Mosby Elsevier. 2009: 175-90.
37. Demirjian A, Goldstein H. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Annals of Human Biology*. 1976; 3(5): 411–21.
38. Tunc ES, Koyuturk AE. Dental age assessment using Demirjian's method on northern Turkish children. *Forensic Science International*. 2008; 175(1): 23–6.
39. Nur B, Kuşgöz A, Bayram M, Celikoglu M, Nur M, Kayipmaz S. Validity of Demirjian and Nolla methods for dental age estimation for Northeastern Turkish children aged 5-16 years old. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2012; 17(5): 871-7.
40. Jayaraman J, Wong HM, King NM, Roberts GJ. The FrenchCanadian data set of Demirjian for dental age estimation: A systematic review and meta-analysis. *J Forensic Leg Med* 2013; 20: 373-81
41. Sierra AM. Assessment of dental and skeletal maturity: A new approach. *The Angle Orthodontist*. 1987 57(3): 194–208.
42. Erverdi N. Diş yaşı, kemik yaşı ve kronolojik yaş arası ilişkinin araştırılması. *Turkish Journal of Orthodontics*. 1988; 1(1): 30–41.
43. Ülgen M. *Ortodonti Anomaliler, Sefalometri, Etioloji, Büyüme ve Gelişim, Tanı*. Ankara. 2010.
44. Uysal T, Ramoğlu SI, Başçiftçi FA, Sâri Z. Chronologic age and skeletal maturation of the cervical vertebrae and hand-wrist: is there a relationship? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2006; 130(5): 622–8.
45. Devecioğlu J, Arslan SG, Dar O, Özer T. Erkek bireylerde servikal vertebra kemik yaşının kronolojik ve iskelet yaş ile karşılaştırılması. *Dicle Tıp Dergisi*. 2006; 33(1): 1–6.
46. Cardoso HF. Accuracy of developing tooth length as an estimate of age in human skeletal remains: the deciduous dentition. *Forensic Sci Int*. 2007; 2; 172(1): 17-22.
47. 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.
48. Singer J. Physiologic Timing of Orthodontic Treatment *Angle Orthod*. 1980; 50(4): 322-32.
49. Ranke J. Über die ossifikation. *München Med. Wschr*. 1896; 43: 686.
50. Bica C, Mariana P. Relations between cervical vertebral maturation and chronological age. *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*. 2010; 2(1): 4-7.
51. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation: A clinically oriented method based on hand-wrist films. *The Angle Orthodontist*. 1982; 52(2): 88–112.
52. Fishman LS. Maturational patterns and prediction during adolescence. *The Angle Orthodontist*. 1987; 57(3): 178–93.
53. Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. *Angle Orthod*. 1967; 37: 134-43.
54. Garn SM, Rohmann CG. The number of hand-wrist centers. *American Journal of Physical Anthropology*. 1960; 18: 293–9.
55. Grave KC. Timing of facial growth: a study of relations with stature and ossification in the hand around puberty. *Australian Orthodontic Journal*. 1973; 3(4): 117–22.
56. Chapman SM. Ossification of the adductor sesamoid and the adolescent growth spurt. *Angle Orthod J* 1972; 42: 236-44.
57. Ruel W, Bench RS. Growth of the cervical vertebrae as related to tongue, face, and denture behavior, *American Journal of Orthodontics*. 1963; 49(3): 183–214.
58. O'Reilly TM, Reilly TM, Yanniello GJ. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae. *The Angle Orthodontist*. 1988; 5(8): 179-84.
59. Helling E. (1991). Cervical vertebral dimensions in 8-, 11-, and 15-year-old children. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1991; 49(4): 207–13.
60. Küçükkeleş N, Acar A, Biren S, Arun T. Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 1999; 24(1): 47–52.
61. 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.
62. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2000; 118(3): 335–40.
63. Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002; 122: 380–5.

64. San-Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod* 2002; 24: 303-11.
65. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*. 2002; 72: 316-23.
66. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semi Orthod*. 2005; 11(3): 119–129.
67. 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.
68. 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.
69. Zhang A, Gertych A, Liu BJ. Automatic bone age assessment for young children from newborn to 7 year old using carpal bones, *Computerized Medical Imaging and Graphics* 2007: 31; 299-310.
70. Jantan, S, Hussain A, Mustafa MM. Distal radius bone age estimation based on fuzzy model, *Conference on Biomedical Engineering & Sciences*, 2010; 427-32.
71. Hasaltın E, Beşdok E. El-bilek röntgen görüntülerinden radyolojik kemik yaşı tespitinde yapay sinir ağları kullanımı, *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa; Türkiye, 2004; 8-12.
72. Gandini P, Mancini M, Andreani FA. Comparison of hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. *Angle Orthod* 2006; 76: 984-9.
73. 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.
74. Sachan K, Sharma VP, Tandon P. A correlative study of dental age and skeletal maturation. *Indian J Dent Res* 2011; 22: 882.
75. Beit P, Peltomaki T, Schatzle M, Signorelli L, Patcas R. Evaluating the agreement of skeletal age assessment based on hand-wrist and cervical vertebrae radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013; 144: 838–47.

Yazışma Adresi:

Dr. Öğr. Üyesi Hatice KÖK
Selçuk Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti AD, Konya
Tel : +90 332 223 11 70
E-mail : dt_kok@hotmail.com