

BÖLÜM 15

ORTODONTİDE KEMİK YAŞI TESPİTİ

Özge USLU AKÇAM¹

GİRİŞ

Büyüme-gelişim (matürasyon) ve kemik yaşı tayini; tıp ve diş hekimliğinin birçok alanında, gerek sağlık ve gerekse yasal konulara ışık tutması açısından önemlidir.

Ortodonti açısından kraniyofasiyal büyüme oldukça önemlidir. Olgunlaşma durumu, tanı, tedavi amaçları, tedavi planlaması ve ortodontik tedavinin sonucu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kraniyofasiyal büyümenin miktarının ve zamanının biliniyor olması ortodontik tedavi planı açısından kıymetlidir. Ayrıca pekiştirme tedavisinin nasıl ve ne kadar süre uygulanacağı gibi konuların belirlenmesinde de matürasyon ortodontik açıdan önem taşımaktadır (1).

YAŞ NEDİR?

Yaş, organizmanın doğumundan sonra hayatta kaldığı süre olarak tanımlanabilir. Yaş tayini, diş hekimliğinde özellikle ortodonti ve çocuk diş hekimliği uygulamaları açısından önemlidir. Tıpta ise özellikle pediatri ve endokrinoloji gibi alanlar açısından büyüme gelişim ve yaş önemlidir (2).

DİŞ HEKİMLİĞİ VE ORTODONTİ AÇISINDAN YAŞIN SINIFLAMASI:

- Kronolojik yaş
- Biyolojik yaş
- Kemik yaşı
- Diş yaşı

KRONOLOJİK YAŞ

İnsanın doğumundan günümüze kadar olan bütün dönemlerini içeren sürece 'kronolojik yaş' adı verilir. Doğum tarihinden günümüze kadarki süreç hesaplanır.

Bireyin zihinsel gelişimi, fiziksel yapısı, boyu ve kilosu, ağızda mevcut dişlerinin sayısı çoğunlukla kronolojik yaşa göre değerlendirilmektedir. Ancak aynı ırk,

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD., ozgeakcam@gmail.com

cinsiyet ve yaştaki bireyler arasında da bazen farklılıklar bulunmakta, kronolojik yaştan biyolojik yaş ile her zaman paralel olmadığı bilinmektedir. Bireyin biyolojik gelişimi kronolojik yaşına göre geride veya ileride olabilmektedir. Ergenliğe giriş yaşı da her bireyde farklı seyretmektedir. Bu nedenle kronolojik yaş ortodontide tek başına geçerli bir parametre olarak kabul edilmemektedir (3).

BİYOLOJİK YAŞ

Bireyin büyümesi ve gelişimi genetik faktörler, epigenetik aktörler, çevresel faktörler, beslenme ve hormonal faktörler tarafından etkilenmektedir. Bu nedenle kronolojik yaştan ziyade “biyolojik yaş” esas alınır (4,5). Çocuğun gelişim durumu saptanarak normalden sapmaların farkedilmesi, tedavi planı, tedavi başlama zamanlaması ve tedavi prognozunun belirlenmesi konularında biyolojik yaş esas alınmaktadır (6-8).

Biyolojik yaş, çocukta olgunlaşmanın tamamlanma süreci olarak tanımlanmaktadır. Biyolojik yaş kemik yaşı, sekonder cinsiyet belirtileri, diş yaşı ve boy/kilo gibi vücuttaki farklı dokuların olgunlaşma derecelerine dayanır. Bu mekanizma üzerinde genetik, sosyoekonomik, çevresel, beslenmeye yönelik ve cinsiyet gibi faktörler etkili olmaktadır (5,6).

KEMİK YAŞI

Kemik yaşı, kemiklerin boyut, şekil ve mineralizasyonun olgunlaşma derecesi olarak tanımlanabilir. Kemiklerde büyüme ve gelişim sürecindeki değişikliklerden bireylerin kemik yaşı tahmini yapılabilmektedir.

Ossifikasyon merkezleri, boyutu ve şekli; kıkırdak genişliği ve şekli ile diafiz ve epifizler arasındaki füzyonun derecesi radyografide değerlendirilen karakteristik yapılardır (9).

DİŞ YAŞI

Dişlerin sürme veya kalsifikasyon aşamaları ile çocuğun diş yaşı belirlenebilir (5). Dişlerin sürmesi ile ilgili sistemik hastalıklar, beslenme yetersizliği gibi faktörler yüzünden bu yöntemin güvenilirliği tartışmalıdır (10).

Dişlerin gelişiminin değerlendirilmesinde hastadan rutin olarak alınan panoramik radyografilerin kullanılması basit bir uygulamadır ve minimal radyasyon dozu verir.

Radyografide belirlenen diş yaşı ile el-bilek radyografileri ile belirlenen kemik yaşı karşılaştırıldığı çalışmalara göre (11,12); diş yaşı ve kemik yaşı bulgularının birbirleri ile uyumlu olduğunu, bulguların tek yumurta ikizlerinde paralellik gös-

terdiğini, ancak çift yumurta ikizlerinde uyumlu olmadığını belirtmişlerdir.

Kemik yaşı aynı olan Türk çocuklarında erkek çocukların diş gelişiminin kızlara göre daha ileri olduğu ve pubertal büyüme atılımının tespitinde alt çene kanin dişi ile 1. küçük azı dişlerinin kök formasyonunun tamamlanmasının olgunlaşma indikatörü olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir (13). Türk çocuklarında diş gelişiminin puberte döneminin indikatörü olarak kullanımının yetersiz olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (14).

KEMİK YAŞININ BELİRLENMESİ

Kemik yaşının belirlenmesinde kullanılacak yöntemin şu özellikleri içermesi istenir:

- Güvenilir olmalı,
- Kolay uygulanmalı,
- Hem kız, hem erkekler için geçerli olmalı,
- Radyasyon dozu düşük olmalı,
- Yüz kemiklerinin gelişimi ile paralel olmalıdır.

KEMİK YAŞININ DIŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILDIĞI ALANLAR

- Ortodontik teşhis ve tedavi planı
- İmplant uygulaması öncesi değerlendirme
- Ortognatik cerrahi öncesi değerlendirme
- Travma vakalarında değerlendirme

Ortodontik Değerlendirme: Kemik yaşı, ortodontide maloklüzyonların tedavi planlamalarında bireyin gelişim dönemini belirlemek amacı ile kullanılmaktadır. Aktif büyümesi devam eden bireylerde, iskeletsel bozuklukların ortodontik tedavisi mümkün olmaktadır. Ancak puberte döneminden sonra iskeletsel değişiklikler elde etmek için cerrahi uygulamalar gerekebilmektedir (15,16).

Büyümeden faydalanılarak yapılan tedaviler için en uygun dönem pubertal atılım dönemleridir. Pubertal atılım döneminden önce ve sonra iskeletsel büyüme ve gelişim miktarı daha az olmaktadır (17-19).

Fonksiyonel ortodontik apareyler pubertal büyüme atılımının hemen öncesinde uygulanmaya başladığında daha etkili olmaktadır. Sınıf II maloklüzyonun fonksiyonel apareylerle tedavisinde puberte döneminde daha etkili sonuç alındığı bildirilmiştir (20,21). Bu sebeple pubertal büyüme atılımı dönemi tespitinde ve büyümeden faydalanılarak yapılacak olan ortodontik tedavilerin zamanlamasında kemik yaşından faydalanılmaktadır (22). Tüm bu nedenlerle kemik yaşı tespiti ortodontide çok önemlidir.

İmplant Uygulaması Öncesi Değerlendirme: Gençlerde konjenital diş eksiklikleri veya travmaya bağlı diş eksiklikleri görülebilmektedir. Böyle durumlarda implant tedavi planlaması için ideal bir kronolojik yaş belirtilmemektedir. Bireylerin kemik gelişimleri farklı olabilmektedir. Bu nedenle bireylerden alınan radyografilerin çakıştırılması, boy artışı takibi veya kemik yaşı tayini kullanılabilir (23).

Ortognatik Cerrahi Öncesi Değerlendirme: Şiddetli iskeletsel malokluzyona sahip erişkin hastaların tedavisinde ortodonti-cerrahi işbirliği gerekli olabilmektedir. Böyle hastalarda ortognatik cerrahi uygulama öncesinde hastanın büyüme gelişim döneminin tespiti, hastanın kemik yaşının değerlendirilmesi gerekli olabilmektedir.

Travma Vakalarında Değerlendirme: Çocuklarda ve gençlerde dental travma oldukça sık gözlenmektedir. Dişlerin replantasyonu uygun vakalarda başarılı sonuçlar vermektedir. Replantasyon uygulaması hakkında bireyin gelişim dönemine göre farklı tedavi seçenekleri sunulmuştur (24).

KEMİK YAŞI TESPİTİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

- El-Bilek Radyografisi
- Servikal vertebral maturasyon
- Orta parmak medial falanks incelemesi

EL-BİLEK RADYOGRAFİSİ ANALİZİ

El bileği radyografisi, iskeletsel gelişim değerlendirmesinin en standart yöntemi olarak kabul edilir.

Karpal kemiklerin ortaya çıkma zamanına ve sırasına ve belirli kemikleşme olaylarına dayalı bir indeks olarak el bileği radyografisi kullanılarak iskelet olgunlaşmasının değerlendirilmesi birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. El-bilek radyografilerini kullanarak iskelet olgunluğunu değerlendirmek için bir dizi yöntem tarif edilmiştir (3,18,25, 26).

Kemik yaşı tayini için, vücuttaki farklı bölgelerden, kemikleşme yerlerinden faydalanmak mümkündür. Ancak radyografi alınan bölge seçilirken; radyografi alınan bölgenin kişinin doğumundan yetişkin hale gelinceye kadar sırasıyla kemikleşen yapıların bulunduğu bir alan olması, olabildiğince az miktarda radyasyon dozu ile amaca ulaşılabilmesi, kemiklerin radyografi üzerindeki görüntülerinin gerçek boyutlara yakın olması gibi belirli kriterlere dikkat edilmesi gerekir. Daha kolay olması sebebiyle diğer yapılarla kıyaslandığında el-bilek bölgesi en çok faydalanılan bölgedir.

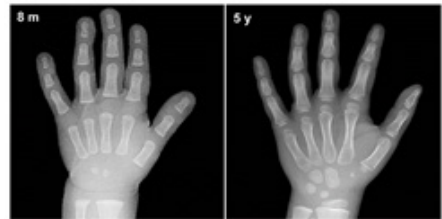
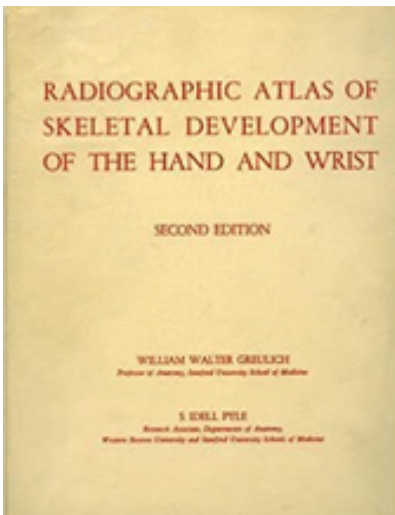
El-bilek radyograflarının kullanılma nedenleri şöyle sıralanmıştır (27):

- El ve bilek bölgesinin kısmen daha ufak ve iyi değerlendirilebilir bir alan olması,
- Bilek bölgesinde fazla miktarda kemiğin olması ve uzun zamanda kemikleşme gözlenmesi,
- Kemiklerin epifiz ve diafizlerinin farklı zamanlarda kaynaşması ve bu sırasının dikkat çeker önemde olması,
- Radyografda kemik görünümünün gerçek boyutlara yakın olması,
- Değerlendirmenin kolay uygulanabilir olması,

EL-BİLEK RADYOGRAFİ ANALİZ YÖNTEMLERİ

Greulich ve Pyle Yöntemi (28)

Greulich Pyle atlası, en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olup Todd ve arkadaşlarının başlattığı çalışmanın devamıdır. Todd, kız ve erkeklerin belirli yaş gruplarında kemik yaşı standartlarını hesaplamıştır. Vefatından sonra yardımcıları olan Greulich ve Pyle başlamış olan çalışmayı tamamlayarak yayınlamışlardır. Greulich Pyle atlası standart el bileği radyograflarının resimlerini içeren bir atlasdır (Şekil 1) (29). Farklı kronolojik yaş ve her cinsiyet için ideal el bileği radyografisi resimleri vardır. Atlastaki her fotoğraf belirli bir iskelet yaşını temsil eder. Hastanın el bilek radyografisi atlastaki aynı cinsiyetten, en yakın kronolojik yaştaki, daha genç yaştaki ve daha yaşı büyük el bilek grafisi fotoğraflarıyla eşleştirilir. En yakın olan seçilir.



Şekil 1. Greulich Pyle atlası ve El-bilek görüntü örnekleri.

Tanner ve Whitehouse Yöntemi

Tanner ve ark.nın (30) yönteminde de aynı Greulich-Pyle atlasında olduğu gibi el, el bileği kemikleri ile radius ve ulnanın distal uçları incelenir.

Tanner ve ark. tarafından kemik yaşı ve matürasyonun belirlenmesi konusunda geliştirilen bir metoddur. Bu metot daha sonra Tanner Whitehouse 2 (TW2) yöntemi olarak modifiye edilmiştir. TW2 yönteminde el-bilek radyografilerinin kemikleşme evrelendirilmeleri cinsiyete göre ayrı ayrı skorlanmıştır (31). TW2 yönteminin Greulich-Pyle yöntemine olan üstünlüğü otomatize edilmiş olması ve uzman gereksiniminin olmamasıdır.

TW2 metodu daha sonra farklı ülkelerden referans değerler alınarak geliştirilerek 2001 yılında Tanner Whitehouse 3 (TW3) metodu olarak tanıtılmıştır (32).

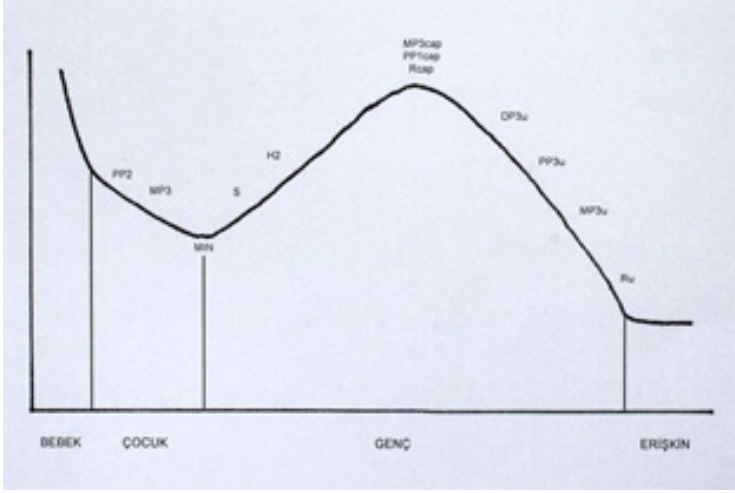
Björk Metodu

Björk, iskeletsel maturasyonu detaylıca değerlendirmiştir. Halen geçerli kabul edilen bu yöntem en sıklıkla uygulanan yöntemlerdendir.

Björk, iskeletsel olgunluk aşamalarını dokuz gelişim döneminde incelemiştir (33):

1. PP2, 2. parmak proksimal falanksının epifiz genişliği ve diafiz genişliği eşittir. Büyüme atılımı henüz başlamamıştır.
2. MP3, 3. parmak medial falanksın epifiz genişliği ile diafiz genişliği eşittir.
3. Pisi, H-1, R gelişim dönemi
4. S-H2 gelişim dönemi
5. MP3cap, 3. parmak orta falanksında epifizyal kepping gözlenir. Büyümenin oldukça hızlı olduğunu, büyüme atılımının tepe noktaya ulaştığını ifade eder.
6. DP3u, 3. parmak distal falanksın epifizi ile diafizi kaynaşmıştır (füzyon). Pubertal atılımın tepe noktasının aşıldığını ve büyümenin artık yavaşlama dönemine girdiğini gösteren dönemdir.
7. PP3u, 3. parmak proksimal falanks epifizi diafiziyle kaynaşır. Büyüme atılımı yavaş yavaş sona ermek üzeredir.
8. MP3u, Üçüncü parmak orta falanks epifizi diafiziyle kaynaşır. Büyüme atılımının tamamlanmak üzere olduğu görülür.
9. Ru, Radius epifizi diafiziyle kaynaşır. Artık birey erişkin döneme geçmek üzeredir. Gerçek büyüme artışı, bu safhadan sonra görülmez.

Björk'ün büyüme gelişim eğrisinde Şekil 2'de görüldüğü üzere S döneminden başlayarak büyüme hızı artmakta, Mp3cap gelişim döneminde en hızlı olmaktadır. Ru döneminde ise artık birey erişkin döneme geçmektedir.

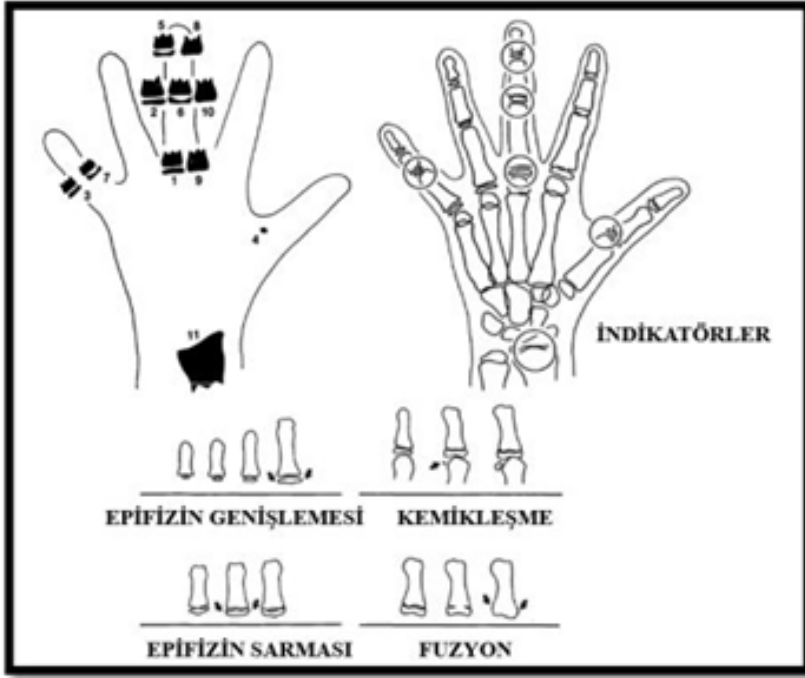


Şekil 2. Björk'ün büyüme gelişim eğrisi

Fishman'ın İskeletsel olgunlaşma indikatörleri (3)

Fishman, tüm puberte gelişim dönemlerini kapsayan 11 temel iskeletsel olgunlaşma indikatörü geliştirmiştir (Şekil 3) ve şöyledir:

- 1 Orta parmak proksimal falankında epifiz ve diafiz aynı genişliktedir.
- 2 Orta parmak medial falanksında epifiz ve diafiz aynı genişliktedir.
- 3 5. parmak medial falanksında epifiz ve diafiz aynı genişliktedir.
- 4 Baş parmakta sesamoid kemik ossifikasyonu.
- 5 Orta parmak distal falanksında epifizin kepping yapması.
- 6 Orta parmak medial falanksında epifizin kepping yapması.
- 7 5. parmak medial falanksında epifizin kepping yapması.
- 8 Orta parmak distal falanksında epifiz ile diafizin füzyonu.
- 9 Orta parmak proksimal falanksında epifiz ve diafizin füzyonu.
- 10 Orta parmak medial falanksında epifiz ile diafizin füzyonu.
- 11 Radiusun epifiz ile diafizinin füzyonu.



Şekil 3. Fishman Maturasyon Değerlendirmesi (3,34).

İskelet Olgunluğun Bir Göstergesi Olan Diş Mineralizasyonu

Diş gelişimi, diş sürme aşamasına veya diş oluşum aşamasına göre belirlenebilir. Diş oluşumu, diş gelişiminin belirlenmesi için daha güvenilir bir kriter olarak önerilmektedir.

Ortodonti ve diş hekimliği uygulamalarında periapikal veya panoramik radyografların mevcudiyeti ile birlikte diş gelişim aşamalarının tanınmasının kolaylığı, el bileği radyografilerine başvurmadan fizyolojik olgunluğu değerlendirmeye çalışmak için pratik nedenlerdir.

Çeşitli araştırmacılar, diş yaşı ve iskelet yaşı arasında ilişki kurmak için kapsamlı çalışmalar yürütmüştür. Diş yaşının belirlenmesi için çok sayıda yöntem tanıtılmıştır. Kök oluşumu ve mineralizasyon aşamalarının, bireyin iskelet olgunlaşması ile yakın bir ilişkisi olduğuna inanılmaktadır.

Diş yaşı belirleme yöntemlerinden en yaygın kullanılanları şöyledir:

Nolla Metodu (35): Nolla, çocuklara diş tedavisi uygulayan hekimler için, diş gelişimini detaylıca bilmesi gerektiği düşüncesiyle, 25 kız, 25 erkek çocuktan seri şeklinde aldığı radyografileri diş gelişiminin evrelerini araştırmak amacıyla değerlendirmiştir.

Hazırladığı metotta, Şekil 4'de görüldüğü gibi her bir daimi dişi gelişiminin başlangıcından apikal açıklığın kapanmasına kadar 10 evrede tanımlamış ve her birine 0 ila 10 arasında puan vermiştir.

Sonraki aşamada üst çenede ve alt çenede 7'şer diş için saptanan puanları toplayarak bireyin toplam diş gelişim puanını elde edilir.

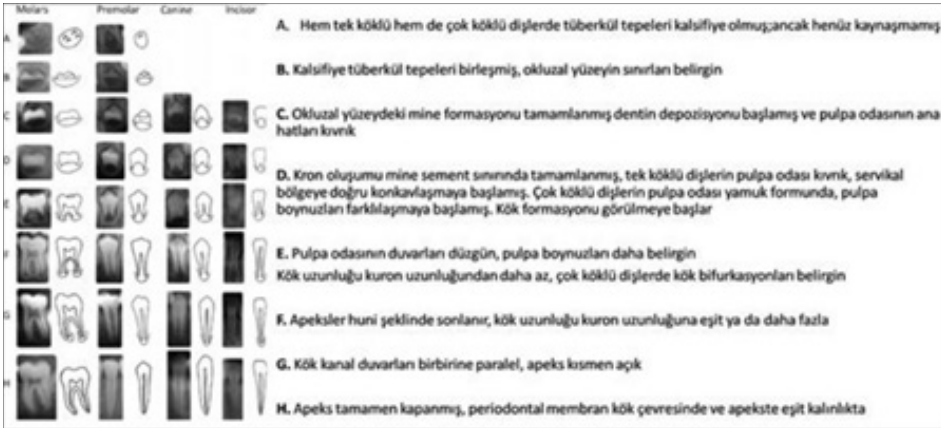
Hem kadın hem de erkek çocuklar için ayrı ayrı oluşturulan puan tablosunda elde edilen puanı eşleştirilerek vakanın diş yaşı belirlenir.



Şekil 4. Nolla Metodu evreleri (35)

Demirjian Metodu: 1973 yılında tanımlanmış bir metottur. Halen yaş tahmininde en sık kullanılan yöntemdir (36). 2-20 yaş arası Fransız kökenli Kanadalı 1446 erkek birey ve 1482 kadın bireye ait radyografiler incelenerek oluşturulmuştur. Başlangıçta alt çenedeki 3. molarlar hariç tüm dişler değerlendirilmeye alınmış fakat her 2 taraftaki dişlerden elde edilen sonuçlarda yüksek oranda korelasyon görülmesinden dolayı tek taraflı incelemenin de yeterli olacağı görülmüştür. Panoramik radyografide alt çenedeki 7 daimi diş değerlendirilmeye alınmıştır.

Demirjian dişleri gelişim evrelerine göre 8 safhaya (A-H) ayırmıştır (Şekil 5). Bu metoda göre, her diş için ayrı ayrı gelişim safhası belirlenir. Bu safhalara denk gelen skorlar Demirjian'ın kadın ve erkek bireyler için hazırladığı tablolarla eşleştirilir ve elde edilen sayısal değerler toplanarak bireyin olgunluk skoru elde edilir. Toplam skor (0-100), bireyin cinsiyetine ait olgunluk skoru tablosunda bulunup eşleşen yaş aralığına bakılarak bireyin tahmini diş yaşı belirlenmiş olur. Sağ ve sol mandibuler 7 diş arasında yüksek korelasyon saptandığından herhangi bir dişin değerlendirilmediği durumlarda o dişin sağ alt çenedeki simetriğinin de kullanılabileceğini bildirmişlerdir.



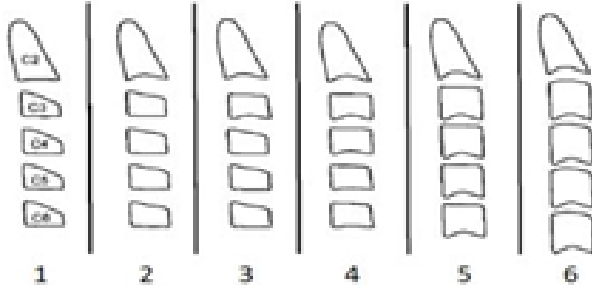
Şekil 5. Demirjian'ın Diş Kalsifikasyon Evreleri (34,36)

Ruel ve Bench (37), ilk olarak servikal vertebraların büyümesini incelemişler ve servikal vertebralardaki büyümenin sefalometrik radyograflar ile ölçülebileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar herhangi bir vertebra ile büyüme-gelişim tespiti yapmamışlardır.

SERVİKAL VERTEBRAL MATURASYON

El-bilek radyograflarının dışında sefalometrik radyograflardaki servikal vertebralardan kemik yaşı ve büyüme-gelişiminin tespit edilebileceği ilk olarak Lamparski (38), tarafından tanıtılmıştır. Lamparski (38), servikal vertebralarda yapılan büyüme-gelişim ve yaş tespitinin el-bilek radyografları 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 standart geliştirmiştir (Şekil 6).

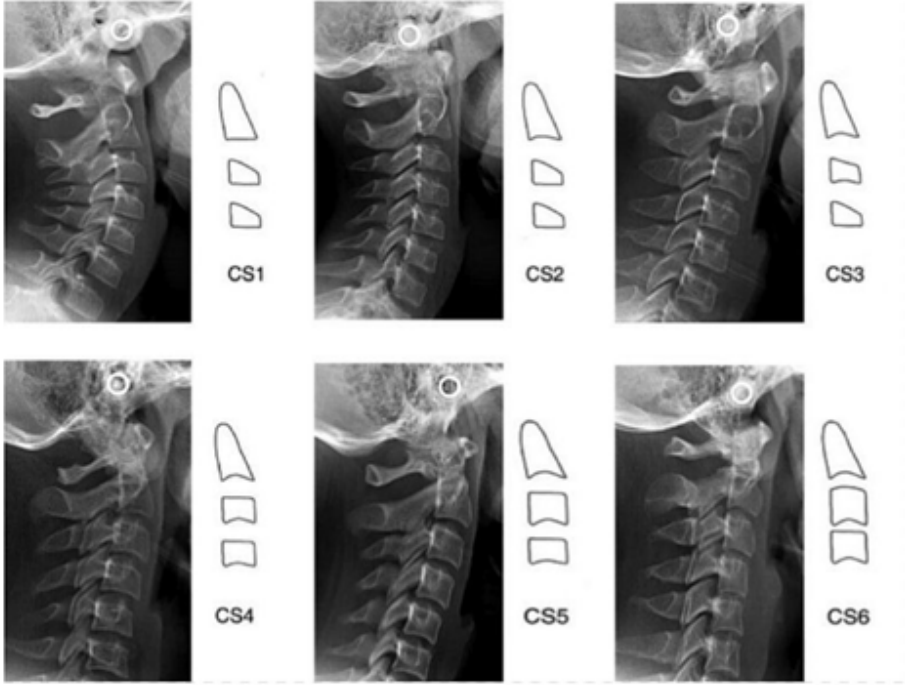
- Safha 1: Bütün vertebraların alt sınırları düzdür ve üst sınırları arkadan öne doğru belirgin şekilde eğimlidir. Vertebra şekilleri düzdür, herhangi bir girinti yoktur.
- Safha 2: İkinci vertebranın (C2) alt sınırında bir iç bükeylik oluşmaya başlamıştır. Vertebraanın ön dikey yüksekliğinde artış vardır.
- Safha 3: İkinci vertebraya (C2) benzer şekilde üçüncü vertebranında (C3) alt sınırında bir iç bükeylik oluşmaya başlamıştır. Diğer vertebra alt sınırları düzdür.
- Safha 4: Vertebralar bu safhada tamamen dikdörtgen formuna benzer. Üçüncü vertebradaki (C3) iç bükeylik artmış ve dördüncü vertebradaki (C4) alt sınırda ise belli bir iç bükeylik oluşmuştur. Beşinci (C5) ve altıncı (C6) vertebraların ise iç bükeyliği henüz başlangıç halinde bulunmaktadır.
- Safha 5: Vertebralar hemen hemen kare şeklini almışlardır. Vertebralar arasındaki uzaklıklar önemli şekilde azalmıştır, altıncı vertebradaki iç bükeylik oldukça sınırlıdır.
- Safha 6: Bütün vertebraların dikey yüksekliği artmıştır. Yükseklikleri genişliklerinden daha fazladır, bütün iç bükeylikler derinleşmiştir.



Şekil 6. Lamparski metodunun Servikal vertebral 6 dönemi (38)

Bu konu birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve konuyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Hassel ve Farman (39), 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.

Baccetti ve ark. (40), servikal vertebra gelişim dönemlerini (Cervical Vertebra Maturation Stage) CVMS olarak adlandırarak 5 dönem belirlemişlerdir. İlerleyen yıllarda Baccetti ve ark. (41), çalışmalarını modifiye ederek servikal vertebralara göre büyüme atılımını 6 evrede incelemişlerdir (Şekil 7).



Şekil 7. Baccetti ve ark. tarafından yenilenmiş olan servikal vertebra maturasyon aşamaları ve radyografik görünümü

Orta parmak medial falanks incelemesi: Hagg ve Taranger (18), 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.

KEMİK YAŞI TESPİT YÖNTEMLERİ HAKKINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Kronolojik yaş, diş yaşı, boy ve kilo ölçümleri ve iskelet yaşı büyüme zamanını belirlemek için kullanılan biyolojik göstergelerdir ve birçok araştırmanın konusu olmuşlardır.

Akkan (42), kemik yaşının saptanmasında en yaygın olarak kullanılan Greulich-Pyle ve Tanner-Whitehouse metodlarını 148 bireyin kemik olgunluğu yönünden her iki metoda göre değerlendirerek karşılaştırmış ve metodlar arasındaki farkın çok ileri derecede anlamlı olduğunu saptamıştır.

Kaplan ve Yılmaz (43) tarafından yapılan benzer çalışmada pediatrik dönemde tıbbi ve adli açıdan önemi nedeniyle kemik yaşı tayini için çekilen sol el bileği

grafisini değerlendirmede en çok kullanılan Greulich-Pyle atlası ve Tanner-Whitehouse yöntemlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Kronolojik yaşları 11-16 arasında değişen 150 kız olgu ve 11-18 arasında değişen 210 erkek olgu incelenmiştir. Toplamda 360 olgu yıllara ve cinsiyete göre 12 gruba ayrılmıştır. Tüm olguların sol el bilek grafileri retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Olguların kemik yaşı tespiti Greulich-Pyle atlası, TW2 ve TW3 yöntemlerine göre yapılmıştır. Çalışmaya dâhil edilen yaş gruplarında Greulich-Pyle atlasının daha kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Bir çalışmada Greulich Pyle 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 Greulich-Pyle atlasının dikkatli biçimde kullanılması gerektiği vurgulanmıştır (44). 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 yapılandırılınca kadar kemik yaşı tayininde TW3 atlasının Türk çocukları için kullanılabilirliği düşünülmektedir (45).

Güngör ve ark. (46), Türk popülasyonu için Greulich-Pyle yönteminin uygulanabilirliğini değerlendirdikleri çalışmalarında arşivden retrospektif olarak seçilen 535 hastanın el bilek grafilerini değerlendirmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Greulich-Pyle yönteminin kullanılması uygundur. Ancak araştırmacılar, daha iyi sonuçlar almak ve hataları en aza indirmek için bir revizyona ihtiyaç olduğunu düşünmektedir.

Gupta ve ark.nın (10), farklı ikiz türleri arasında kronolojik yaş, diş yaşı ve iskelet yaşları arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için yaptıkları çalışmalarında 8-16 yaş arası 60 birey-30 ikizin panoramik ve el-bilek grafileri değerlendirilmiştir. Diş yaşı Demirjian metodu ile, iskelet yaşı Greulich Pyle metodu ile tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre bireyin kronolojik yaşı, diş yaşı ve iskelet yaşı arasında bir ilişki bulunmuştur ve aynı yumurta ikiz çiftlerinde ve her çift arasında korelasyon bulunmuştur, ancak farklı yumurta ikizleri arasında bir ilişki bulunmamıştır.

Kamal ve ark.nın (47) servikal vertebra olgunlaşma evreleri ile daimi mandibular dişlerin kalsifikasyon evreleri arasındaki ilişkiyi ve bu evrelerin iskeletsel olgunluğu belirlemede gösterge olarak kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında 360 hastanın lateral sefalogramları ve panoramik radyografilerini kullanmışlardır. İskelet yaşı, Baccetti ve ark. yöntemiyle ve diş yaşı Nolla ve Demirjian yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Daimi mandibular dişlerin kalsifikasyonunun iskeletsel olgunluğun değerlendirildi-

rilmesindeki rolünü belirlemek amaçlanmıştır. Cinsiyetler arasında iskelet yaşı karşılaştırılması sonucunda kızların iskelet olgunluğuna erkeklerden ortalama bir yıl önce ulaştığı belirlenmiştir. Cinsiyetler arasında diş yaşı karşılaştırıldığında kızların erkeklere göre diş yaşı bakımından daha ileride olduğu belirlenmiştir. Mandibuler kanin diş, Demirjian indeksi ile en yüksek korelasyonu göstermiştir. Mandibuler 2.premolar ise Nolla'nın aşamaları ile en yüksek korelasyonu göstermiştir.

Haghnegahdar ve ark. (48), iskelet yaşı ile kemik boyutu ve eklem aralığı ölçümleri arasındaki ilişkiyi el radyografileri kullanarak değerlendirmek ve bu korelasyonu kemik yaşını belirlemede yardımcı olarak kullanmak amacıyla yaptıkları çalışmalarında 304 el radyografisi kullanılmıştır. 2.-5. metakarpal kemiklerin uzunluğu ve genişliği ve 2.-5. metakarpofalangeal eklemlerin genişliği ve uzunluğu Adobe Photoshop ile manuel olarak ölçülmüş ve deneklerin iskelet yaşı ile karşılaştırılmıştır. Pearson korelasyonuna göre sırasıyla metakarpofalangeal eklem uzunluğu, metakarpal kemik uzunluğu, metakarpofalangeal eklem genişliği ve metakarpal kemik genişliği kemik yaşı ile anlamlı ilişki göstermiştir. Araştırmacılara göre, bu ölçümler sol el radyografisi kullanılarak kemik yaşı değerlendirmesi için ek kriterler olarak kullanılabilir. Böylece gözlemciler arası okuma farklılıklarını azaltır.

Baccetti ve ark. (41), tek bir sefalogramda ikinci ila dördüncü servikal omurların analizine dayalı olarak, mandibular büyümedeki tepe noktasının saptanması için Servikal Vertebral Olgunlaşma (CVM) yönteminin daha da değiştirilmiş bir versiyonunu tanıtmışlardır. Yöntemin dentofasiyal ortopediye klinik uygulaması, hızlandırılmış mandibular büyüme periyodunun dahil edilmesinden yararlanan tedavi protokolleri için uygun hale gelir. Sınıf II iskelet uyumsuzluğunun fonksiyonel tedavisinin etkinliğinin, büyük ölçüde kondiler kırıkdağın biyolojik tepkisine bağlı olduğu ve bunun da mandibulanın büyüme hızıyla ilişkili olduğu gösterilmiştir. CVM yöntemi, mandibular büyümede zirvenin CS3 ve CS4 arasında meydana geldiği altı olgunlaşma evresinden (servikal evre 1 ila servikal evre 6, CS1-CS6) oluşur. Hem CS1 hem de CS2 elde edilmeden pubertal zirveye ulaşamamıştır. Özellikle CS2'nin tespiti, büyüme atağının yaklaştığını ve CS2'den yaklaşık 1 yıl sonra olan CS3'te başlayacağını gösterir. CS6 elde edildiğinde aktif büyüme neredeyse tamamlanır. Yöntem, iskelet olgunluğunun tek bir sefalogramda değerlendirilmesi gerektiğinde ve yalnızca ikinciden dördüncüye kadar olan servikal omurların görülebildiği durumlarda özellikle yararlıdır. CVM yöntemi, ortodontik tanı ve tedavi planlaması için rutin olarak kullanılan radyografik kayıt olan lateral sefalogram üzerinde değerlendirilmesi avantajına sahiptir.

Büken ve ark. nın (49) yapmış oldukları çalışmada Türk çocuklarında Greulich-Pyle yöntemiyle kemik yaşının değerlendirilmesinin güvenilirliği araştırılmıştır. 11-18 yaş arasında 492 kız, 11-19 yaş arasında 251 erkek çocuğun sol el bilek grafileri incelenmiştir. Ortalama kronolojik yaş, Greulich-Pyle atlasına göre ortalama iskelet yaşı ile karşılaştırılmıştır. Kızlarda 12, 15, erkeklerde ise 12, 15, 18 yaşlarında standart sapma 1 yıldan fazla bulunmuştur. Araştırmacılara göre, diğer kemik yaşı tayin yöntemlerinin bu yöntemden çok daha yararlı olup olmadığı kesin bilinmemektedir. Şu an için başka bir yöntemin daha yararlı olduğu kanıtlanmadıkça, adli yaş teşhisinde olası cezai sorumluluk davalarında bu yöntemin dikkatli kullanılması tavsiye edilmiştir.

Haiter-Neto ve ark. (7), 3 iskelet yaşı değerlendirme yönteminin uygulanabilirliğini değerlendirdikleri çalışmalarında Greulich ve Pyle, Tanner ve arkadaşlarının ve Eklöf ve Ringertz'in iskelet değerlendirme yöntemlerini, 360 Brezilyalı çocuk ve ergenin (180 erkek, 180 kız; yaşları) dorsopalmar el-bilek radyografilerinde analiz etmişlerdir. Her iki cinsiyet için de kronolojik ve iskelet yaşları arasında yüksek bir ilişki bulunmuştur. 3 standart yöntemle tahmin edilen kronolojik ve iskelet yaşları arasında önemli bir istatistiksel fark bulunmamıştır. Bu sonuçlar, standart yöntemlerin kuzeydoğu Brezilyadaki hastaların büyümesi ve olgunlaşması için uygun olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, her yöntem için uygulanabilirliği artıracabilecek düzeltme faktörleri (regresyon denklemleri) oluşturmuştur.

Rózyło-Kalinowska ve ark. (50), Demirjian metodu ile Servikal Vertebral Maturasyon yöntemini karşılaştırdıkları çalışmalarında 6-17 yaş arası 431 kız ve 287 erkek, toplam 718 çocuğun panoramik ve lateral sefalometrik radyografileri kullanılmıştır. İncelenen grupta, kızlarda her iskelet olgunlaşma evresinin tutarlı bir şekilde daha erken (yaklaşık 6 ay) meydana geldiği bulunmuştur. Demirjian'ın diş gelişim evreleri ile Servikal Vertebral Maturasyon evreleri arasında orta düzeyde fakat istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. Her diş için korelasyon düzeyi farklı bulunmuştur. Servikal Vertebral Maturasyon sınıflandırması ile en yüksek ilişkiyi gösteren dişler ikinci küçük azılar ve kaninlerdir. Santral kesici diş en düşük korelasyonu göstermiştir. Çalışmanın sonuçları, büyüyen bir çocuğun olgunluk aşamasının klinik uygulamayla ilgili olması durumunda hem diş olgunluğunun hem de iskelet olgunluğunun değerlendirilmesi gerektiğini doğrulamaktadır. Bulgular ayrıca, iskelet olgunluğunu belirlemek için basit birinci seviye tanı testleri olarak diş kalsifikasyon aşamalarının yararlılığını da göstermektedir.

Rohmetra ve ark. (51), kronolojik yaş, diş kalsifikasyon aşaması ve servikal vertebral maturasyon arasında yüksek korelasyon olduğunu belirlemişlerdir. Kanin diş kalsifikasyonu ile servikal vertebral maturasyon arasında yüksek korelasyon tespit edilmiştir. Araştırmacılar intraoral periapikal radyografilerin ve sefalometrik

rad-yograflerin iskeletsel maturasyonu değerlendirmede el-bilek radyografleri gibi kullanılabilceğini belirtmiştir.

Doğan ve Akgünlü (52), kronolojik yaş ile dental ve iskeletsel yaşın ilişkisini incelemek ve aralarında korelasyon olup olmadığını saptamayı amaçlamışlardır. 78 hastanın (10.42-16.5 yaşları arası) el-bilek grafleri ile panoramik radyografleri değerlenmiştir. Dental yaş tespitinde Williems yöntemi, iskeletsel yaş tespiti içinse Fishman yöntemi kullanılmıştır. Çalışma bulgularına göre kronolojik yaş ile hem dental hem de iskeletsel yapının değerlendirme yöntemleri arasında güçlü bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Araştırmacılara göre, dental ve iskeletsel yaşın tespiti kişinin olgunluk durumu ve büyüme gelişim paterninin incelenmesinde de önem taşımaktadır.

SONUÇ

Büyüme gelişim süreci diş hekimlerini ve ortodonti uzmanlarını yakından ilgilendirmektedir. Doğru tanı ve hastanın mevcut problemine uygun tedavi planının yapılabilmesi için büyüme gelişim süreçlerinin iyi bilinmesi, doğru değerlendirilmesi ve yorumlanması önemlidir.

Kronolojik yaştan daha önemli olan kemik yaşının tespitinde farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden El-bilek yöntemi halen sıklıkla kullanılan yöntemdir.

Son yıllarda tanıtılan Servikal Vertebral Maturasyon yönteminin ilave bir radyografi ihtiyacını ortadan kaldırması nedeni ile avantajlı olduğu belirtilmektedir.

Üçüncü parmak medial falanks gelişiminin değerlendirilmesi için ilgili bölgeden periapikal radyografi alınması, oldukça basit ve pratik bir tekniktir.

Diş gelişim dönemlerinin dikkate alınması da tavsiye edilmektedir.

Kemik yaşı tespitinde bireyler için mümkün olan en az radyasyon dozu göz önünde bulundurularak en uygun yöntemin seçilmesi önerilmektedir.

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;114:427-429.
2. Patel PS, Chaudhary AR, Dudhia BB, Bhatia PV, Soni NC, Jani YV. Accuracy of two dental and one skeletal age estimation methods in 6-16 year old Gujarati children. *J Forensic Dent Sci.* 2015;7(1):18.
3. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthod.* 1982;52:88-112.
4. Yadav V, Loomba A, Autar R. A comparative evaluation of dental calcification stages and skeletal maturity indicators in North-Indian children. *Natl J Maxillofac Surg.* 2017;8(1):26.

5. Krailassiri S, Anuwongnukroh N, Dechkunakorn S. Relationships between dental calcification stages and skeletal maturity indicators in Thai individuals. *Angle Orthod.* 2002;72(2):155-166.
6. 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;28:95-99.
7. Haiter-Neto F, Kurita LM, Menezes AV, Casanova MS. Skeletal age assessment: a comparison of 3 methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130:5-20.
8. 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;23:447-453.
9. Gilsanz V, Ratib O. Hand bone age: a digital atlas of skeletal maturity, eBook. New York: Springer Publishing Company; 2005.
10. 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.
11. 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;2:63-68.
12. 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;1:11-15.
13. Uysal T, Sari Z, Ramoglu SI, Basciftci FA. Relationships between dental and skeletal maturity in Turkish subjects. *Angle Orthod.* 2004;74:657-664.
14. Şahin Sağlam AM, Gazilerli U. The relationship between dental and skeletal maturity. *J Orofac Orthop.* 2002;63:454-462.
15. Basaran G, Ozer T, Hamamci N. Cervical vertebral and dental maturity in Turkish subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131:13-20.
16. 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;78:591-596.
17. 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.
18. Hägg U, Taranger J. Maturation indicators and pubertal growth spurt. *Am J Orthod.* 1982;82:299-309.
19. Ruf S, Pancherz H. When is the ideal period for Herbst therapy-early or late? *Semin Orthod.* 2003;9:47-56.
20. 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.
21. Franchi L, Pavoni C, Faltin K Jr, McNamara JA Jr, Cozza P. Longterm skeletal and dental effects and treatment timing for functional appliances in Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 2013;83:334-340.
22. 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;6:207-213.
23. 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;15:74-79.
24. Tsukiboshi M. Treatment procedures for delayed replantation. Bryn Grisham, ed. Treatment planning for traumatized teeth. Hanover Park, IL: Quintessence Publishing; 2012. p.178-185.

25. Brown T, Barrett MJ, Grave KC. Facial growth and skeletal maturation at adolescence. *Dan Dent J.* 1971;75:1121-1122.
26. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107:58-61.
27. Sulieman MA. An overview of tooth-bleaching techniques: Chemistry, safety and efficacy. *Periodontol 2000.* 2008;48:148-169.
28. Greulich WW. The rationale of assessing the developmental status of children from roentgenograms of the hand and wrist. *Child Dev.* 1950;21:33-44.
29. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic Atlas Of Skeletal Development Of the Hand And Wrist : Stanford University Press; 2 edition; 1959.
30. 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.
31. 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.
32. 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.
33. Björk A, S. Helm; Prediction of the Age of Maximum Puberal Growth in Body Height. *Angle Orthod.* 1967;37(2):134-143.
34. Kök H, İzgi MS. Kemik yaşı ve maturasyon tespiti. *Selcuk Dent J.* 2020;7:124-133.
35. Nolla CM. The development of the permanent teeth. *J Dent Child.* 1960;27:254-266.
36. Demirjian A, Goldstein H, Tanner J. A new system of dental age assessment. *Human Biology.* 1973;211-227.
37. 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.
38. Lamparski DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. *American Journal of Orthodontics.* 1975;67(4):458-459.
39. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107:58-66.
40. Baccetti T, Franchi L, Mc Namara Ja. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod.* 2002;72:316-323.
41. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod.* 2005;11(3):119-129.
42. Akkan N. Kemik yaşı saptanmasında kullanılan Greulich-Pyle ve Tanner-Whitehouse metodlarının karşılaştırılması. *İ.Ü.Diş Hekimliği Fakültesi Diş ve Çene Ortopedisi.* 1982;16(1):1-9.
43. Kaplan A, Yılmaz H. Kemik Yaşı Tayininde Kullanılan Greulich-Pyle ve Tanner-Whitehouse Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *The Bulletin of Legal Medicine.* 2020;25(1):7-16.
44. 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;43:662-665.
45. Büken B, Şafak A, Büken E, Yazıcı B, Erkol Z, Erzengin ÖU. Is the Tanner and Whitehouse (TW3) method sufficiently reliable for forensic age determination of Turkish children? *Turk J Med Sci.* 2010;40(5):797-805.
46. Güngör OE, Çelikoğlu M, Kale B, Güngör AY, Sarı Zafer. The reliability of the Greulich and Pyle atlas when applied to a Southern Turkish population. *Eur J Dent.* 2015;9(2):251-254.
47. Kamal AT, Shaikh A, Fida M. Assessment of skeletal maturity using the calcification stages of permanent mandibular teeth. *Dental Press J Orthod.* 2018;23(4):1-8.
48. Haghnegahdar A, Pakshir H, Ghanbari I. Correlation between Skeletal Age and Metacarpal Bones and Metacarpophalangeal Joints Dimensions. *J Dent Shiraz Univ Med Sci.* 2019;20(3):159-164.

49. 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;173:146-153.
50. Rozylo-Kalinowska I, Raczka AK, Kalinowski P. Relationship between dental age according to Demirjian and cervical vertebrae maturity in Polish children. *Eur J Orthod.* 2011;33(1):75-83.
51. Rohmetra A, Jaiswal A, Ishita, Gupta N, Kulsrestha R. Evaluation of relationship between chronological age cervical vertebrae maturation index method and canine calcification stages for the assessment of optimal treatment timing in orthodontic patients. *International Journal of Oral Health Dentistry.* 2018;4(4):214-221
52. Doğan FB, Akgünlü F. Kronolojik, Dental ve İskeletsel Yaş Arasındaki Korelasyonun Değerlendirilmesi. *Selçuk Dental J.* 2019;6(4):420-424.