

## Kemik Yaşı Tayininde Kullanılan Greulich-Pyle ve Tanner-Whitehouse Yöntemlerinin Karşılaştırılması

### Comparison of the Greulich-Pyle and Tanner-Whitehouse Methods for the Detection of Bone Age

Atilla Kaplan\*, Hakan Yılmaz

**Öz:** Amaç: 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. **Gereç ve Yöntem:** Bu çalışmada 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 GP atlası, TW2 ve TW3 yöntemlerine göre yapılmıştır. TW yönteminde en çok kabul gören RUS skorları kullanılmıştır. Yöntemler ile kronolojik yaş arasında ilişki, fark ve kullanılabilirlik araştırılmıştır. **Bulgular:** Genelde TW2 yöntemi olguların yaşını daha büyük, TW3 yöntemi ise küçük göstermektedir. Kronolojik yaş ile kemik yaşı arasındaki farklar GP yönteminde anlamlı bulunmamış, TW3 yönteminde anlamlı bulunmuştur. **Sonuç:** Çalışmaya dâhil edilen yaş gruplarında GP atlasının daha kullanılabilir olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kronolojik yaş, kemik yaşı, el bilek radyografisi, Greulich-Pyle atlası, Tanner-Whitehouse metodu

**Abstract:** **Aim:** The aim of this study is to compare the most commonly used Greulich-Pyle atlas and Tanner-Whitehouse methods in the evaluation of left wrist radiography for bone age determination due to its medical and forensic importance in pediatric period. **Materials and Methods:** For this study, 150 girls between 11-16 years of age and 210 boys between 11-18 years of age are chosen. A total of 360 cases are separated into 12 groups according to their sex and age. The left wrist radiographs of the cases are evaluated retrospectively. The bone age in these cases are determined with the GP atlas, the TW2 and TW3 methods. RUS scores that are mostly applied in TW methods are used. The relation between methods and chronological age, difference and usability are researched. **Results:** In general, TW2 overestimated and TW3 underestimated the ages. In GP method, the differences between chronological age and bone age are not significant whereas in TW3 method the differences are significant. **Conclusion:** According to the results, the GP atlas was the more applicable method for the age groups included in this study.

**Keywords:** Chronological Age, bone age, hand and wrist radiograph, Greulich-Pyle atlas, Tanner-Whitehouse method

DOI: 10.17986/blm.2020.v25i1.1339

Atilla Kaplan: Uzm. Dr. Yalova Devlet Hastanesi Radyoloji Birimi, Yalova  
Eposta: dr.kaplan@hotmail.com  
ORCIDiD: <https://orcid.org/0000-0003-3275-6446>

Hakan Yılmaz: Uzm. Dr. Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyoloji Birimi, Uşak  
E-posta: dr\_hyilmaz@hotmail.com  
ORCIDiD: <https://orcid.org/0000-0002-4710-7927>

#### Bildirimler

\* Sorumlu Yazar

Bu çalışma birinci yazarın İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesinde 2014 yılında yapılan uzmanlık tezinden derlenmiştir.

#### Finansal Destek

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir mali destek kullanımı bildirmemişlerdir.

#### Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

#### Etik Beyan

Etik kurul onayı İstanbul Tıp Fakültesinden alınmıştır (Dosya no:2014/1474, sayı:1570, onay tarihi 26.09.2014).

Geliş: 21.09.2019

Düzeltilme: 02.12.2019

Kabul: 09.01.2020

p-ISSN: 1300-865X

e-ISSN: 2149-4533

[www.adlitipbulteni.com](http://www.adlitipbulteni.com)

## 1. Giriş

Olgunlaşma herediter, bireysel, cinsel ve sosyoekonomik duruma göre değişiklik gösterir. Kemik yaşı kemiğinin olgunlaşmasını gösterir. Kemik yaşı değerlendirmesi bazı endokrin hastalıkların tanı ve takibinde gereklidir. Yaş tayini adli açıdan önemli olup ülkemizde suça ehil olma, yaş düzeltilmesi gibi birçok hukuki durumda kemik yaşı saptanması istenir (1). Yaş tayininde histolojik, morfolojik ve radyolojik yöntemler kullanılmaktadır. Kemiklerin radyolojik olarak incelenmesi ve mevcut atlaslara uyarlanması, yaş tayininde klinikte çok kullanılan ve gerçeğe en yakın değerlerin elde edildiği metot olarak önemini korumaktadır (2). Kemik yaşı ölçümünde temel yöntem kişinin kronolojik yaşına uygun bölgelerin radyografileri çekilerek ossifikasyon merkezlerinin görülmesi ve kaynaşması gibi olgunlaşma ölçütlerinin araştırılmasıdır (1). El ve el bileği, büyüme süreci içerisinde iskeletsel olgunlaşma dönemlerinin saptanmasında kullanılan radyografik incelemelerin verimli olabilmesi için gerekli şartlara sahip uygun bölgedir. El ve el bileği radyografisinde en çok tercih edilen kemik yaşı tespit yöntemleri Greulich-Pyle atlası (GP) ve Tanner-Whitehouse (TW) metodudur (3,4). Fakat GP ve TW yöntemleri eşdeğer kemik yaşı tahminleri vermemektedir (3). Bu nedenle çalışmamızda kronolojik yaş ile GP ve TW yöntemlerini karşılaştırarak hangi yöntemin daha kullanılabilir olduğunu saptamak amaçlanmıştır.

## 2. Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada kronolojik yaşları 11 ile 18 yaşları arasında değişen 210 (%58.4) erkek ve 11 ile 16 yaş arasında değişen 150 (%41.6) kız olgunun sol el bilek radyografileri retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Toplamda 360 birey çalışmaya alınmıştır (Tablo 1). İstanbul Tıp Fakültesi Pediatrik Radyoloji bölümünde bilgisayar ortamında arşivlenen vakalar arasından çalışmamız için uygun olgular seçilmiştir. Vakaların doğum tarihleri nüfus

**Tablo 1. Olguların kronolojik yaş ve cinsiyete göre dağılımı**

Kronolojik yaş	Erkek	Kız	Toplam
11 (132-143 ay)	30	30	60
12 (144-145 ay)	30	30	60
13(156-167 ay)	30	30	60
14 (168-179 ay)	30	30	60
15(180-191 ay)	30	30	60
16(192-203 ay)	30		60
17(204-215 ay)	30		60
Toplam	210	150	360

cüzdanı ve ailelerinden alınan bilgiler dâhilinde tespit edilerek ve klinik dosyaları incelenerek bilgisayar ortamında kayıt edilmiştir. Çalışmamıza bilgileri eksik ve şüpheli olanlar alınmamıştır. Çalışmaya normal büyüme ve gelişme gösteren mental ve fiziksel yönden iyi sağlık hali olan olgular dâhil edilmiştir. Kemik gelişimini etkileyecek endokrin ve metabolik hastalık öyküsü, iskelet displazileri olan olgular alınmamıştır. El-el bileği bölgesinde radyografik değerlendirmeyi zorlaştıran patolojileri içeren görüntülemeler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Teknik açıdan uygunsuz olan çekimler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Sol el bilek grafileri mevcut PACS (Picture Archiving and Communication Systems- Görüntü Saklama ve İletişim Sistemleri)'tan dijital ortamda incelenmiştir. Kız guruplarında çalışmaya alınan olgularda gebelik ve doğum hikâyesi bulunmamaktadır. Kız ve erkeklerde 11 yaşını doldurmuş 12 yaşından gün almış ilk guruplar oluşturulmuştur. Kızlarda 15 yaşını doldurmuş ve 16 yaşından gün almış gruba kadar toplamda beş adet grup oluşturulmuştur (11, 12, 13, 14 ve 15 yaş gurupları). Erkeklerde ise 17 yaşını doldurmuş 18 yaşından gün almış gruba kadar toplamda 7 adet grup oluşturulmuştur (11, 12, 13, 14, 15, 16 ve 17 yaş gurupları). TW sistemi 16 yaşından büyük kız çocuklar için bilgi vermediğinden 16 ve 17 yaş gurupları sadece erkekler için oluşturulmuştur. Guruplar olabildiğince kendi yaş gurubunu temsil edecek düzeyde dağılım gösteren aylardan seçilmiştir. Doğum tarihi ile radyografi çekim tarihleri arasındaki farktan her olgunun kronolojik yaşı (CA: Chronological Age) hesaplanmıştır. Tüm olgular için çalışmamızda kullanılacak olan TW2 ve TW3 kemik yaşı değerleri hesaplanmıştır. Bu yöntemde en çok kabul gören RUS (Radius, Ulna, Short bone) skorları kullanılmıştır. Ayrıca her olgunun röntgen filmi cinsiyetine göre GP atlasındaki uygun fotoğraflar ile eşleştirilmiş olup bu yöntemle göre kemik yaşları bulunmuştur. TW yönteminde sonuçlar ondalık olarak bulunduğundan GP yöntemi sonucunda bulunan kemik yaşı değerlerinin virgülden sonraki kısımları uyumluluk açısından basit matematiksel hesaplama ile ondalık değerlere çevrilmiştir. Benzer olarak kronolojik yaşın hesaplanmasında da bu yol izlenmiştir.

Tüm veriler bilgisayar ortamına aktarılmış ve istatistiksel değerlendirme SPSS 21.0(Statistical Package for the Social Sciences) programı ile yapılmıştır. Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile normal dağılım gösteren ve göstermeyen değerler analiz edilmiştir. Çalışmamızda 12 yaş erkek ve 14 yaş erkek grubu normal dağılım göstermekte iken diğer guruplar göstermemektedir. Yöntemler ve kronolojik yaş arasındaki ilişkiyi belirlemek için; normal dağılım gösteren bu iki gruba parametrik Pearson testi uygulanıp, diğer guruplara

**Tablo 2. Kronolojik yaş ve kemik yaşı ortalama değerleri ve standart sapma**

	CA		GP		TW2		TW3	
	O	SS	O	SS	O	SS	O	SS
Total	13.95	1.82	13.90	1.99	14.2	2.0	13.1	2.1
E	14.35	1.96	14.26	2.10	14.7	2.1	13.5	2.2
K	13.39	1.45	13.40	1.70	13.5	1.6	12.5	1.6
11E	11.45	0.28	11.16	0.83	11.2	1,0	10.4	0.7
11K	11.36	0.30	11.48	1.06	11.8	1.0	10.8	1.0
12E	12.46	0.29	12.58	0.79	12.9	0.8	11.6	0.6
12K	12.48	0.30	12.28	1.04	12.2	0.9	11.2	0.9
13E	13.33	0.26	13.39	0.90	13.9	0.7	12.2	2.2
13K	13.31	0.32	13.42	1.10	13.6	1.0	12.6	1.0
14E	14.39	0.24	14.39	0.87	15.1	0.4	13.9	0.5
14K	14.39	0.26	14.62	0.94	14.7	0.6	13.8	0.7
15E	15.25	0.24	14.98	1.05	15.6	0.7	14.5	0.8
15K	15.40	0.26	15.18	0.82	15.2	0.5	14.4	0.5
16E	16.24	0.22	16.49	0.72	16.7	0.4	15.8	0.4
17E	17.32	0.26	16.81	1.15	17.3	0.6	16.2	0.6

O: ortalama, SS: Standart Sapma, CA: Chronological age (Kronolojik yaş), GP: Greulich-Pyle, TW: Tanner-Whitehouse, E: erkek, K: kız

nonparametrik test olan Spearman's rho testi uygulanmıştır. 0.05 altındaki p-değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir. Kronolojik yaşa göre yöntemler arasındaki kullanılabilirlik veya güvenilirlik açısından sınıf içi korelasyon analizi yapılarak korelasyon katsayıları (ICC: Intraclass Correlation Coefficient) hesaplanmıştır. Kronolojik yaş ile üç yöntem arasındaki farkın anlamını değerlendirmek için Wilcoxon Signed Ranks testi uygulanmıştır. Buna ek olarak standart sapma ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Kronolojik yaş ile yöntemler sonucu çıkan kemik yaşı değerleri arasındaki fark Excel programı formülleri ile hesaplanmıştır. Ayrıca istatistiksel değerlendirme sonucu bulunan ortalama değerler arasındaki farklar yaş grupları ve cinsiyete göre değerlendirilerek sıralama yapılmıştır. Farklardan basit matematiksel hesaplamalar sonucu karışık gelen ay değerleri bulunmuştur.

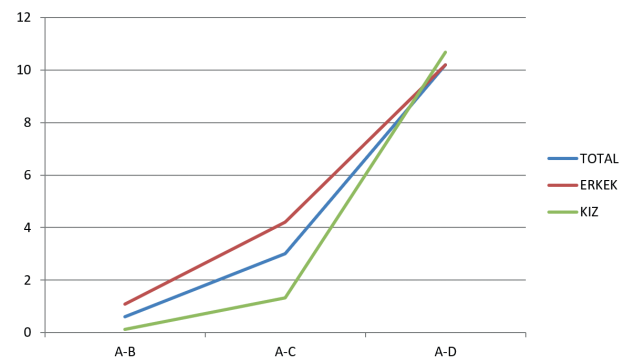
### Etik Beyan

Bu çalışma birinci yazarın İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesinde 2014 yılında yapılan uzmanlık tezinden derlenmiştir. Etik kurul onayı İstanbul Tıp Fakültesinden alınmıştır (Dosya no:2014/1474, sayı:1570, onay tarihi 26.09.2014).

### 3. Bulgular

Tüm olgular birlikte değerlendirildiğinde ortalama CA 13.95±1.82, GP kemik yaşı 13.90±1.99, TW2 kemik yaşı 14.2±2.0 ve TW3 kemik yaşı 13.1±2.1 yıl olarak

hesaplanmıştır. Cinsiyet ayrımı yapıldığında erkek ve kız toplamında TW2 kemik yaşı en büyük ortalama değer olmuştur (Tablo 2). Bu değerler erkeklerde 14.7±2.1, kızlarda 13.5±1.6 olarak izlenmiştir. Totalde GP atlasına göre çıkan değerler ortalaması kronolojik yaştan küçük olup aradaki fark yaklaşık 0.6 ay ölçüldü ve diğer yöntemlere göre daha az fark izlendi. TW2 ortalama değerleri kronolojik yaştan büyük olmakla beraber aradaki fark 3 ay olarak hesaplandı. Tüm olgularda en büyük fark 10.2 ay değeriyle TW3 ile kronolojik yaş arasında bulundu. TW3 ortalaması kronolojik yaştan daha düşük olarak izlendi. Cinsiyete göre toplam değerler göz önüne alındığında; en az fark kronolojik yaş ile GP atlası arasında olup erkeklerde 1.08 ay ve kızlarda 0.12 ay olarak ölçüldü (Tablo 3, Şekil 1).



**Şekil 1.** Kronolojik yaş ile kemik yaşı değerlerinin ortalamasının farkları gösterilmiştir. Y ekseninde rakamlar ay olarak farkları temsil etmektedir. A=CA, B=GP, C=TW2 ve D=TW3

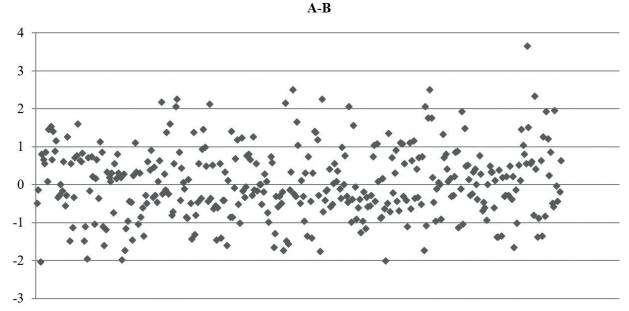
**Tablo 3. Ortalama değerlerde kronolojik yaş ve kemik yaşı arasındaki farklar. Değerler ay olarak hesaplanmıştır.**

Gruplar	CA-GP	CA-TW2	CA-TW3
Total	0.6	3	10.2
Erkek	1.08	4.2	10.2
Kız	0.12	1.32	10.68
11 E	3.48	3	12.6
11 K	1.44	5.28	6.72
12 E	1.44	5.28	10.32
12 K	2.4	3.36	15.36
13 E	0.72	6.84	13.56
13 K	1.32	3.48	8.52
14 E	0	8.52	5.88
14 K	2.76	3.72	7.08
15 E	3.24	4.2	9
15 K	2.64	2.4	12
16 E	3	5.52	5.28
17 E	6.12	0.24	13.44

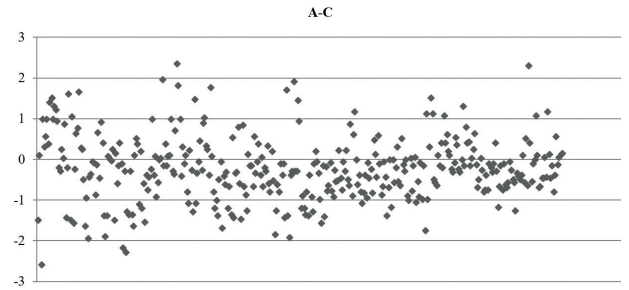
CA: Chronological age (Kronolojik yaş), GP: Greulich-Pyle, TW: Tanner-Whitehouse, E: erkek, K: kız

GP atlasına göre olgular daha gelişmiş izlenmekte olup, cinsiyet ve yaş ayrımında bu durum değişmektedir. 11,14,15,17 erkek yaş gruplarında GP ile kronolojik yaş arasındaki ilişki benzer izlenmektedir. Diğer yaş gruplarında GP atlasına göre kronolojik yaş geri izlenmekte olup genellikle bu durum kız yaş gruplarında olmaktadır (Şekil 2). TW2 yönteminde kemik yaşı kronolojik yaşa göre ileri izlenmektedir. Cinsiyet ve yaş ayrımında bu durum 11 erkek, 12 kız, 15 kız ve 17 erkek grubu hariç benzer izlenmektedir (Şekil 3). TW3 yönteminde tüm olgular ve cinsiyet bazlı alt gruplar incelendiğinde kemik yaşı kronolojik yaştan geri izlenmektedir (Şekil 4). TW3 ile kronolojik yaş arasındaki fark toplamda ortalama değerler üzerinden 10.2 ay olarak ölçülmektedir. En fazla fark ise 15.36 ay olarak 12 yaş kız grubunda izlenmektedir.

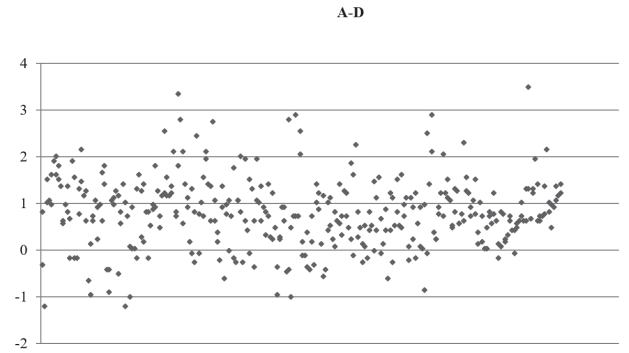
Kronolojik yaş ile kemik yaşı tahmini yöntemleri arasındaki istatistiksel ilişki incelendiğinde ve cinsiyet ayrımı yapmadan tüm gruplar birlikte değerlendirildiğinde; CA ile üç yöntem (GP, TW2 ve TW3) arasında anlamlı korelasyon izlendi ( $p<0.001$ ). Yöntemler arasında ise anlamlı korelasyon bulunmakta olup özellikle TW2 ve TW3 arasında daha yüksek korelasyon izlendi. Cinsiyet ayrımı yapıldığında ve cinsiyete göre toplam veriler göz önüne alındığında ise toplama benzer sonuç izlendi (Tablo 4). Cinsiyet ve grup ayrımı yapıldığında ise 11 yaş kız ve 16 yaş erkek grubunda anlamlı korelasyon



**Şekil 2.** Tüm olgularda kronolojik yaş ile GP kemik yaşı değerlerinin sayısal farkı gösterilmektedir. Y ekseninde değerlerin sayısal farkı gösterilmektedir. X eksenini 11-12 yaş grubu erkeklerden başlayıp erkek- kız sırasıyla 17-18 yaş erkek gruba kadar yerleşimi göstermektedir. A=CA, B=GP



**Şekil 3.** Tüm olgularda kronolojik yaş ile TW2 kemik yaşı değerlerinin sayısal farkı gösterilmektedir. Y ekseninde değerlerin sayısal farkı gösterilmektedir. X eksenini 11-12 yaş grubu erkeklerden başlayıp ve erkek- kız sırasıyla 17-18 yaş erkek gruba kadar yerleşimi göstermektedir. A=CA, C=TW2



**Şekil 4.** Tüm olgularda kronolojik yaş ile TW3 kemik yaşı değerlerinin sayısal farkı gösterilmektedir. Y ekseninde değerlerin sayısal farkı gösterilmektedir. X eksenini 11-12 yaş grubu erkeklerden başlayıp ve erkek- kız sırasıyla 17-18 yaş erkek gruba kadar yerleşimi göstermektedir. A=CA, D=TW3

izlendi. 13 yaş erkek ve kız grubunda ise zayıf korelasyon izlendi. Anlamlı korelasyonun izlendiği 11 yaş kız grubunda CA ile yöntemler arasında en yüksek korelasyonu TW2 yöntemi gösterdi. 16 yaş erkek grubunda ise GP en yüksek korelasyonu gösterdi. Zayıf korelasyon gösteren 13 yaş grubunda ise CA ile en yüksek korelasyonu GP yöntemi gösterdi. Diğer gruplarda ise anlamlı korelasyon izlenmedi (Tablo 5).

Tablo 4. Kronolojik yaş ve kemik yaşları arasındaki korelasyon

	Sayı	CA-GP		CA-TW2		CA-TW3	
		r	p	r	p	r	p
Erkek	210	0,904	0,0001	0,945	0,0001	0,940	0,0001
Kız	150	0,843	0,0001	0,873	0,0001	0,875	0,0001
Total	360	0,891	0,0001	0,925	0,0001	0,923	0,0001

CA: Chronological age (Kronolojik yaş), GP: Greulich-Pyle, TW: Tanner-Whitehouse

Tablo 5. Yaş gruplarında ve cinsiyet ayrımında kronolojik yaş ile kemik yaşları arasındaki korelasyon

Yaş grubu	Cinsiyet	Korelasyon					
		CA-GP		CA-TW2		CA-TW3	
		r	p	r	p	r	p
11	Erkek	-0,097	0,609	-0,044	0,819	-0,045	0,814
	Kız	0,625	0,001	0,682	0,001	0,675	0,001
12	Erkek	-0,114	0,547	-0,155	0,415	-0,167	0,377
	Kız	0,189	0,317	0,290	0,120	0,292	0,117
13	Erkek	0,339	0,067	0,338	0,068	0,253	0,177
	Kız	0,357	0,053	0,342	0,064	0,336	0,070
14	Erkek	0,072	0,704	-0,053	0,780	-0,069	0,717
	Kız	0,310	0,096	0,270	0,150	0,282	0,131
15	Erkek	0,126	0,506	0,139	0,463	0,149	0,431
	Kız	0,302	0,105	0,216	0,252	0,207	0,271
16	Erkek	0,525	0,003	0,474	0,008	0,435	0,016
17	Erkek	0,189	0,316	0,040	0,833	-0,064	0,735

CA: Chronological age (Kronolojik yaş), GP: Greulich-Pyle, TW: Tanner-Whitehouse

Sınıf içi yapılan korelasyon analizinde toplamda her üç yöntemde güvenilir bulundu. Yaş ve cinsiyet ayrımı yapıldığında GP yönteminde 11 yaş kız grubunda, TW2 ve TW3 yönteminde ise 11 yaş kız ve 16 yaş erkek grubunda güvenilirlik anlamlı bulundu (Tablo 6).

Kronolojik yaş ile yöntemler arasındaki istatistiksel farklılığa bakıldığında (Tablo 7); toplamda CA ile TW2 ve TW3 yöntemleri arasında anlamlı fark izlenirken, GP yöntemi arasında anlamlı fark izlenmemektedir. Sadece

cinsiyet ayrımı yapıldığında erkeklerde benzer sonuçlar izlenmektedir. Kızlar genelinde sadece TW3 ile anlamlı fark izlenmektedir. Cinsiyet ve yaş ayrımı yapıldığında sadece TW3 ile CA arasındaki farkın anlamlı olduğu gruplar 11 yaş erkek-kız, 12 yaş erkek-kız, 13 yaş kız, 14 yaş kız, 15 yaş erkek-kız ve 17 yaş erkek gruplarıdır. Diğer gruplardaki sonuçlar genele benzer olarak izlenmektedir.

Tablo 6. Sınıf içi korelasyon

Metot	GP		TW2		TW3	
	ICC	C.I.95%	ICC	C.I.95%	ICC	C.I.95%
Total	0,937	(0,922-0,949)	0,952	(0,935-0,964)	0,917	(0,454-0,970)
Erkek	0,945	(0,927-0,958)	0,957	(0,932-0,972)	0,935	(0,497-0,978)
Kız	0,905	(0,869-0,931)	0,923	(0,894-0,944)	0,855	(0,282-0,945)
11E	0,097	(1,137-0,457)	0,088	(1,213-0,474)	0,047	(0,308-0,262)
11 K	0,501	(0,53-0,763)	0,496	(0,01-0,754)	0,464	(0,70-0,739)
12 E	0,162	(1,495-0,452)	0,185	(0,359-0,259)	0,109	(0,452-0,265)
12 K	0,163	(0,744-0,600)	0,274	(0,474-0,648)	0,116	(0,172-0,419)
13 E	0,339	(0,416-0,688)	0,257	(0,244-0,597)	0,249	(0,226-0,588)
13 K	0,333	(0,424-0,685)	0,322	(0,370-0,671)	0,230	(0,274-0,580)
14 E	0,073	(1,019-0,566)	0,033	(0,289-0,270)	0,065	(0,570-0,364)
14 K	0,312	(0,399-0,668)	0,356	(0,212-0,675)	0,254	(0,233-0,593)
15 E	0,203	(0,616-0,614)	0,242	(0,395-0,613)	0,152	(0,272-0,502)
15 K	0,299	(0,417-0,660)	0,385	(0,221-0,699)	0,119	(0,129-0,408)
16 E	0,394	(0,184-0,701)	0,298	(0,213-0,638)	0,275	(0,209-0,619)
17 E	0,127	(0,599-0,554)	0,133	(0,881-0,593)	0,024	(0,120-0,232)

GP: Greulich-Pyle, TW: Tanner-Whitehouse E: erkek, K: kız

Tablo 7. Yöntemlere göre kemik yaşı ve kronolojik yaş arasındaki farkın anlamı(p-değerleri)

Yaş grupları	Cinsiyet	Wilcoxon Signed Ranks Test		
		GP	TW2	TW3
11	Erkek	0,037	0,086	0,000
	Kız	0,845	0,009	0,001
12	Erkek	0,382	0,012	0,000
	Kız	0,365	0,323	0,000
13	Erkek	0,658	0,001	0,000
	Kız	0,344	0,041	0,001
14	Erkek	0,773	0,000	0,001
	Kız	0,090	0,014	0,000
15	Erkek	0,136	0,011	0,000
	Kız	0,198	0,123	0,000
16	Erkek	0,088	0,000	0,000
	-	-	-	-
17	Erkek	0,028	0,294	0,000
	-	-	-	-
Total	Erkek	0,232	0,000	0,000
	Kız	0,613	0,023	0,000

GP: Greulich-Pyle TW: Tanner-Whitehouse



#### 4. Tartışma

Kemik yaşı değerlendirmesi klinik pratikte kemik olgunluğunun kronolojik yaşla uyumlu bir oranda meydana gelip gelmediğinin araştırılmasında önemli bir rol oynar. Bu bağlamda kemik yaşı değerlendirmesi iskelet displazileri ve endokrin bozuklukları olan çocukların tanı ve takibinin yanı sıra ortopedik prosedürlerin planlanmasında yararlıdır (5). Ayrıca adli bilimlerin önemli konularından biri yaş tayinidir (6). Çöloğlu çalışmasında (7) adli tıpta röntgen filmlerinden standart metotlar ile yapılan yaş tayini sonuçlarının çeşitli metabolik ve hormonal bozukluklardan, vitamin mineral eksikliklerinden etkilenebileceğini belirtmiştir. Hatalardan kaçınmak için bireyin klinik muayenesine de dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu çalışmada kemik yaşı etkileyen faktörlerin cinsiyet, ırk, endokrin bozukluklar, beslenme bozuklukları, sendromlar (Turner ve Marfan sendromu gibi) olduğu belirtilmiştir. Baransel ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada (8) ise hipogonadotropik hipogonadizm hastalığının kemik yaşı tayini olgularında dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca yüksek sosyoekonomik statüde olmak sağlık hizmetlerine kolay ulaşım, yeterli gıda alımı ve egzersiz daha fazla büyüme potansiyeline erişimi sağlamaktadır (9).

Dünyanın birçok bölgesinde nüfus kayıtlarının yeterli olmaması, göçler, kanun dışı birden çok kimliğe sahip olma gibi nedenler yanında, pek çok hukuki ve sosyal sorunun çözümü amacı ile adli makamlar, adli tıp uzmanlarından sıklıkla yaş tayini yapmalarını istemektedirler. Yaş tayini istemleri yasalarda ceza sorumluluğu ve hukuki açıdan önem taşıyan 12,15,18,21,25 gibi yaşlar civarında daha çok olmaktadır (10,11). El-el bileği radyografilerinde en çok tercih edilen kemik yaşı tespit yöntemleri GP atlası ve TW yöntemleridir (3,4). Bu yöntemler dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır (12). Greulich-Pyle (13) yönteminde 18 yaşına kadar kız ve erkeklerde ayrı ayrı atlasla bulunan ve standartları belirtilmiş görüntüler ile el ve bilek radyografisi karşılaştırılarak değerlendirme yapılır. Tanner-Whitehouse yöntemi (14,15) sol el ve el bileği grafisine dayanmaktadır. Sağ elin yaralanmasının sol elden daha fazla olması nedeni ile sol el bileği kullanımı ile daha emin ölçüler elde edilir (16). TW yönteminde el ve el bileğinde bulunan 20 kemikte epifizlerin maturasyonuna bakılarak puanlama yapılır. Değerlendirilen her kemik için maturasyon evresine göre aldığı puanlardan toplam puan bulunur. Cinsiyet ayrımı da göz önünde bulundurularak toplam puana göre yöntemin mevcut tablolarında yaş tespiti yapılır.

Çalışmamızda GP atlası, TW2 ve TW3 yöntemleri ele alınmıştır. TW yönteminin son ve bir önceki baskısı da

ayrı ayrı birer yöntem olarak değerlendirilip RUS skorlarına göre kemik yaşı hesaplanmıştır. Kronolojik yaş ile toplamda üç yöntemin istatistiksel karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmamızda elde edilen veriler üç yöntemin de olgularda yaş tespitinde uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Fakat kronolojik yaşa göre olgunlaşmayı TW3 daha geri TW2 daha ileri göstermektedir. GP atlasında olgunlaşma alt gruplara inildikçe değişmekle beraber genelde kronolojik yaşa göre geri kalmaktadır. Güvenilirlik genelde anlamlı iken alt gruplara inildikçe birkaç grup haricinde azalmaktadır. Çalışmamızda incelenen yaş gruplarında GP atlasının kullanılması daha uygun gözükmektedir. TW2 yöntemi olguların kemik yaşını daha büyük göstermiştir. GP yöntemi de TW2 ye göre daha az fark ile de olsa bazı gruplarda yaşı büyük gösterme eğilimindedir. Özellikle bu durum adli olgularda hatalara yol açabilir. TW3 yöntemi olgunlaşmayı geri göstermiştir. Bazı yaş gruplarında bir yıldan fazla fark izlenmesi bu farkın da istatistiksel olarak anlamlı bulunması nedeniyle TW3 kullanımının uygun olmadığını düşünüyoruz. GP, TW2 ve TW3 yöntemlerinin aynı olgularda birlikte karşılaştırıldığı çalışmalar az sayıdadır. Ancak Türkiye'nin değişik bölgelerinde ve diğer ülkelerde GP, TW ve diğer yöntemlerinin kemik yaşı tespitinde kullanılabilirliğini araştıran birçok çalışma yapılmıştır.

Türkiye'de yaş tayini adli tıp bölümlerinde yaygın olarak "Gök Atlası" olmak üzere değerlendirmeler GP, TW2 ve batı toplumlarının standartlarına göre hazırlanmış atlaslar ile yapılmaktadır (10). Gök Atlası, GP ve TW3 yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada (17) 333 sağlıklı çocuğun (164 kadın, 169 erkek) sol el ve el bileklerinin, dirseklerinin, omuzlarının ve pelvislerinin röntgenogramları değerlendirilmiştir. TW3 (kızlar için) ve GP (erkekler için) yöntemlerinin kemik yaşını tahmin etmede GÖK atlasından daha uygun olduğunu gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Adli yaş tahmininde GP yönteminin Türk çocukları için yeterliliğini değerlendiren bir çalışmada (18) 11 ile 18 yaş arası 241 kız ve 11 ile 19 yaş arası 251 erkek olgunun sol el bilek grafileri değerlendirilmiştir. Yöntemin klinisyenler tarafından teknik olarak kullanılabilirliğini fakat bazı yaş guruplarında (kızlarda 12,15 ve erkeklerde 12,15,18) standart sapmanın bir yıldan fazla olması etik olarak kabul edilemez olduğu ve cezai sorumluluk içeren durumlarda bu yöntemin dikkatli kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Farklı bir çalışmada (19) 757 olgunun sol el bileği grafisinden kemik yaşları GP atlasına göre incelenmiş olup kemik yaşı ile kronolojik yaş arasındaki ortalama farklılıkların, pratik öneme sahip olmayacak kadar düşük olduğunu belirtilmiştir. Akdeniz bölgesinde yapılan bir çalışmada (20) 535 hastanın sol el bilek grafileri

incelenmiş GP atlası kullanılmıştır. Bu çalışmada güney Türkiye örneği için kemik yaşı ile kronolojik yaş arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Kemik yaşı 10-15 yaşları arası erkeklerde daha küçük ve 10-18 yaşları arası kadınlarda daha büyük izlenmiştir. Güney Türk çocuklarında GP yönteminin kullanılması uygundur denilmiştir. Fakat daha iyi sonuçlar almak ve hataları en aza indirmek için revizyona ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

Ülkemizde yapılan diğer bir çalışmada (21) 7 ile 17 yaş arasındaki 225 sağlıklı olgunun sol el bilek grafileri GP atlasına göre incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda Türk erkek çocuklarının ergenlik döneminde, GP standartlarının türetildiği Amerikalı çocuklardan farklı bir iskelet olgunlaşma temposuna sahip olabileceğini belirtmiştir. Bu nedenle, GP Atlas Türk erkekleri için tamamen uygulanabilir değildir, ancak bazı değişikliklerle kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Başka bir çalışmada (22) 324 çocuğun el ve bilek radyografileri değerlendirilmiş olup ortalama kronolojik yaş ile kemik yaşı arasında yüksek korelasyon olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada ülke çapında yapılacak çalışmaların sonuçlarına göre yapılandırılacak yeni bir atlas yayınlanana kadar TW3 atlasının adli yaş tayininde Türk çocukları için kullanılabilirliği düşünülmektedir. Fakat kendi çalışmamızda TW3 yönteminin uygun olmadığını gözlemledik. Farklı bir çalışmada (23) ise GP ve TW yöntemlerinin Türk toplumu ile uyuşmadığı bildirilmiştir. İç ve Doğu Anadolu bölgelerinde yapılan bir çalışmada (24) 9 ile 17 yaşlar arasında 849 (375 erkek, 574 kız) olgunu sol el bilek grafileri GP yöntemine göre incelenmiş olup Malatya'da yaşayan ergenlerde kemik gelişiminin Sivas'takilerle karşılaştırıldığında daha erken olduğu belirtilmiştir.

İngiltere'de her iki metodu karşılaştıran bir çalışma yapılmıştır (3). Bu çalışmada, 2 ile 18 yaş arasındaki hastaların kemik yaşı GP ve TW2 yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Klinik uygulamada kemik yaşı değerlendirmesinde kullanılan iki yöntemin eşdeğer kemik yaşı tahminleri vermediği ve hasta üzerinde seri ölçümlerini yaparken sadece bir yöntem kullanılması gerektiğini ve GP atlasına göre TW2 yönteminin daha tekrarlanabilir olduğu belirtilmiştir. İtalya da yapılan bir çalışmada (25) adli amaçlı yapılan çalışmalarda TW2 yönteminin güvenilir olmadığı kanaatine varılmıştır. TW2 yönteminin gerçek yaşı büyük ölçüde abartma eğiliminde olduğu belirtilmektedir. GP ve TW3 yöntemlerinin erkeklerde güvenilir olduğu kanıtlanmıştır. Kadınlar için en iyi yöntemin TW3 olduğu belirtilmekte olup 14 yaş çevresinde adli yaş tahmini yapılırken GP ve TW3 yöntemlerini birbirleri ile ilişkilendirerek kullanımı önerilmektedir. Bizim çalışmamızda da genel olarak TW2 yönteminin gerçek yaşı abartma eğiliminde olduğu izlenmektedir. GP

yöntemi uygun bulunmuştur. Fakat TW3 yöntemi yaşı olduğundan daha küçük gösterme eğilimindedir. 1 ile 18 yaş arası 1390 sağlıklı olgunun sol el bilek radyografisinin GP yöntemi ile ırksal farklılığa göre değerlendirildiği bir çalışmada (26); genetik farklılıklar, diyet ve beslenmenin kemik büyüme düzenindeki farklılıkları etkileyebileceği belirtilmiştir. Bu, Greulich-Pyle atlasının farklı ırklardan çocuklar için referans olarak uygulanabilirliğini sorgulamaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre kemik yaşı değerlendirmesinin etnik popülasyon dikkate alınarak iyileştirilebileceğini vurgulanmıştır. Yaygın olarak kullanılan iki kemik yaşı (GP ve TW3) değerlendirme yönteminin İngiltere'deki yirmi birinci yüzyılın çocuklarına uygulanabilirliği hakkındaki bir çalışmada (27) travma olgusu 392 hasta değerlendirilmiştir. Çalışmanın yapıldığı popülasyonda GP atlası kullanıldığında kemik yaşı ve kronolojik yaş arasında anlamlı fark olmadığı izlenmiştir. Düşük ve orta sosyoekonomik düzeydeki kızlarda TW3 kemik yaşı kronolojik yaşa göre istatistiksel olarak anlamlı düşük izlenmiştir. Seküler değişimin çalışmanın yapıldığı popülasyonda iskelet olgunlaşması açısından önemli bir ilerlemeye yol açmadığı belirtilmiştir.

Bir çalışmada (28) literatürden GP yöntemi kullanılarak yapılan 36 çalışma örneklenip ekonomik ve demografik veriler ile karşılaştırılmıştır. Yüksek ekonomik ilerleme ve modernizasyon düzeyinin ileri olgunlaşmayla, düşük düzeylerin ise kemik gelişiminin gecikmesi ile ilişkili olduğu görülmüştür. GP atlası ile kronolojik yaş arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların değerlendirildiği bir makalede (29) yaş gurubu ve cinsiyete göre ortalama farkların nadiren bir yılı aştığı belirtilmiştir. Modern popülasyonlarda GP iskelet yaşı ile ortalama kronolojik yaş arasında hala iyi bir ilişki olduğu söylenmiştir. Bununla birlikte, bir popülasyon içindeki gelişimin bireysel değişimi ve çalışmalar arasındaki heterojenlikler oldukça önemli olduğu belirtilmiştir.

İtalya'da 10-20 yaşları arasında 300 olgunun incelendiği bir çalışmada (30) GP atlasın kronolojik yaş ile iyi bir eşleşme sağladığını ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermediğini belirtilmiştir. GP atlasının Brezilya popülasyonu için uygulanabilirliğini araştıran 5 ile 18 yaş arasında 150 olguyu içeren çalışmada (31) kronolojik yaş ile kemik yaşını karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda kemik yaşının sıklıkla kız yaş grubunda kronolojik yaştan büyük olduğu fakat gelişim evrelemesinde bu yöntemin güvenilir olduğu belirtilmiştir. Tayland'da yapılan bir çalışmada (32) 8 ile 20 yaş arasında 365 olgunun sol bilek grafileri retrospektif olarak değerlendirilmiş ve kemik yaşları GP, TW3 ve Fishman yöntemlerine göre hesaplanmıştır. Diğer yöntemlere göre TW3 ile kronolojik yaş arasında anlamlı fark olmadığı belirtilmiştir. Güney



Afrika popülasyonu için yapılan bir çalışmada (33) 102 olgu retrospektif olarak dijital ortamda GP yöntemine göre değerlendirilmiş bu yöntemin her iki cinsiyet için kemik yaşını küçük gösterdiği ve ek yöntemlerin kullanılması gerektiği önerilmiştir.

İskelet olgunluğunun değerlendirilmesi için kullanılan GP ve TW yöntemlerinin standartları, beyaz Amerikalılar ile Kuzey ve Orta Avrupalılar için geçerlidir. Bu standartların referans nüfustan farklı etnik grup üyelerine uygulanabilirliği tartışılmalara konu olmuştur (34). Sol el bilek grafisinde kullanılan ve yukarıda anlatılan kemik yaş tespiti yöntemleri ile ilgili çalışmalar benzer sonuçlar vermemektedir. Çalışmamız ile örtüşen sonuçlar olduğu gibi anlamlı farklılıkların izlendiği sonuçlarda mevcuttur. Ülkemiz ve diğer ülkelerde yapılan çalışmalarda insanımız ile referans alınan toplumların arasında anlamlı farklılıklar olabileceği gösterilmiştir. Ayrıca kemik yaşı tespit yöntemleri ile ilgili çalışmalarda ülkemizde bölgeler arasında da farklı sonuçların olduğu izlenmiştir.

## 5. Sonuç

Çalışmanın sonucunda kronolojik yaşları 132-191 ay arasında değişen kız ve 132-215 ay arasında değişen erkeklerde olgunlaşmayı genelde TW3 yöntemi daha geri, TW2 yöntemi ise daha ileri göstermektedir. Toplamda GP yöntemindeki sonuçlar kronolojik yaş ile istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmamıştır. Çalışmamızda ele alınan yaş gruplarında, çalışmaya dâhil edilen yöntemlerden GP atlasının kullanılması daha uygun gözükmektedir. TW3 yönteminin kullanımı uygun görülmemiştir. Yöntemlerde TW2 kullanımının bazı yaş gruplarında TW3'e göre daha uygun olduğu düşünülmektedir. TW2 yönteminin ve bazı yaş gruplarında GP yönteminin olguları büyük gösterme, TW3 yönteminin de olguları küçük gösterme eğilimi özellikle adli olgularda hatalara yol açabilir.

## Kaynaklar

1. Tuncel E, Klinik Radyoloji, Nobel Tıp Kitabevleri, Genişletilmiş 2.baskı, İstanbul,2012
2. Gök Ş. Erölçer N. Özen C. Adli tıpta yaş tayini. 2. baskı, Adli Tıp Kurumu Yayınları, İstanbul; 1985
3. Bull R.K. Edwards P.D. Kemp P.M. Fly S. Hughes I.A. Bone age assessment: a large scale comparison of the Greulich and Pyle, and Tanner and Whitehouse (TW2) methods. *Achieves of Disease in Childhood*. 1999, 81(2): 172-3. <https://doi.org/10.1136/adc.81.2.172>
4. Groell R, Lindbichler F, Riepl T, Gherra L, Roposch A, Fotter R. The reliability of bone age determination in Central European children using the Greulich and Pyle method. *Br J Radiol* 1999; 72: 461-4. <https://doi.org/10.1259/bjr.72.857.10505010>
5. Martin DD, Wit JM, Hochberg Z et al (2011) The use of bone age in clinical practice-part1. *Horm Res Paediatr* 76:1-9. <https://doi.org/10.1159/000329372>
6. 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)16.
7. Çöloğlu AS. Kemik ve diş gelişimini etkileyen faktörler yaş tayini çalışmalarındaki önemi. *Adli Tıp Dergisi* 1987; 3 (1-4): 117-122
8. Baransel A, Dülger HE, Seçkin B. Yaş Tashihi Tespitinde Hipogonadotropik Hipogonadizm Hastalığı Teşhisinin Önemi (Olgu Sunumu). *Anadolu Tıp Dergisi* 2004; 6(1): 31-34.
9. Cameron N, Assessment of maturation. In: Cameron N, Bogin B (Eds) *Human growth and development*, 2nd edition. Academic Press, Amsterdam, London (2012) <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383882-7.00020-9>
10. Korkut M, Tüzün B, Korkut S ve ark. Ülkemizde adli tıp uygulamalarında karşılaşılan güçlükler ve çözüm önerileri. *Klinik Adli Tıp* 2001; 1(1): 9-21.
11. Bilgin N, Çekin N, Gülmen MK ve ark. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı'na başvuran yaş tayini olgularının retrospektif değerlendirilmesi. *Mersin Üniv. Tıp Fak. Dergisi* 2003;2: 140-144.
12. Ashizawa K, Kumakura C, Zhou X, Jin F, Cao J. RUS skeletal maturity of children in Beijing. *Ann Hum Biol*.2005;32316-25. <https://doi.org/10.1080/03014460500087725>
13. Greulich WW, Pyle SI, *Radiographic atlas of Skeletal Development of the hand-wrist*. 2nd edition. California. Stanford University Press, 1959. <https://doi.org/10.1097/0000441-195909000-00030>
14. Tanner J. et all. *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of the Adult Height (TW2 Method)*. London/ New York, Academic Press, 1983
15. 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
16. Roche A.F.A study of skeletal maturation in a group of Melbourn children. *Aust. Paediatr. J.* 1967; 3: 123-7. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1754.1967.tb01695.x>
17. Büken B, Erzengin OU, Büken E, Şafak AA, Yazıcı B, Erkol Z, Comparison of the three age estimation methods: which is more reliable for Turkish children? *Forensic Sci. Int.* 183 (2009) 103, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.10.012>
18. B Büken B, A Şafak AA, Yazıcı B, Büken 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.* 173 (2007) 146-153, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.02.023>
19. Cantekin K, Celikoglu M, Miloglu O, Dane A, Erdem A. Bone age assessment: The applicability of the Greulich-Pyle method in eastern Turkish

- children. *J Forensic Sci.* 2012;57:679-82. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.02035.x>
20. Gungor OE, Celikoglu M, Kale B, Gungor AY, Sari Z, The reliability of the Greulich and Pyle atlas when applied to a Southern Turkish population *Eur J Dent.* 2015 Apr-Jun; 9(2): 251-254. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.156846>
  21. 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. <https://doi.org/10.1046/j.1442-200X.2001.01470.x>
  22. Büken B, Alper A et al. Is the Tanner-Whitehouse (TW3) method sufficiently reliable for forensic age determination of Turkish children?, *Turk J Med Sci* 2010; 40 (5): 797-805. <https://doi:10.3906/sag-0808-6>
  23. Yılmaz Ö. Adli Tıp Kurumu'nda yaş tayininde kullanılan yöntemin verimlilik açısından değerlendirilmesi. *Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2006*
  24. Öztürk F, Karataş OH, Mutaf HI & Babacan H (2015). Bone age assessment: comparison of children from two different regions with the Greulich-Pyle method In Turkey. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 48(6), 694-703. <https://doi.org/10.1080/00450618.2015.1119311>
  25. Pinchi V, De Luca F, Ricciardi F, Focardi M, Piredda V, Mazzeo E, Norelli GA. Norelli, Skeletal age estimation for forensic purposes: A comparison of GP, TW2 and TW3 methods on an Italian sample, *Forensic Science International* 238(2014)83-90. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.02.030>
  26. Zhang A, Sayre JW, Vachon L, Liu BJ, Huang HK (2009) Racial differences in growth patterns of children assessed on the basis of bone age. *Radiology* 250:228-235. <https://doi.org/10.1148/radiol.2493080468>
  27. Alshamrani K, Offiah AC, Applicability of two commonly used bone age assessment methods to twenty-first century UK children. *Eur Radiol.* 2019 Aug 1. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06300-x>
  28. Schmeling A, Schulz R, Danner B, Rösing FW (2006) The impact of economic progress and modernization in medicine on the ossification of hand and wrist. *IntJ Legal Med*120:121-126. <https://doi.org/10.1007/s00414-005-0007-4>
  29. Dahlbergö PS, Mosdøl A, Ding Yetal (2019) A systematic review of the agreement between chronological age and skeletal age based on the Greulich and Pyle atlas. *Eur Radiol* 29:2936-2948. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5718-2>
  30. De Donno A, Santoro V, Lubelli S, Marrone M, Lozito P, Introna F. Age assessment using the Greulich and Pyle method on a heterogeneous sample of 300 Italian healthy and pathologic subjects. *Forensic Sci Int.* 2013;229:157e1-6. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.03.002>
  31. I. de Sousa Dantas, A. dos Anjos Pontual, M.S.C. Almeida, M.I.H.M. de Lucena, R. T. Beltrão, F.M. de Moraes Ramos-Perez, et al., Evaluation of the Greulich and Pyle method in the determination of bone age and chronological age in a Brazilian population, *Derecho Cambio Soc.* 12 (2015) 1-14
  32. Benjavongkulchai, S., Pittayapat, P. (2018). Age estimation methods using hand and wrist radiographs in a group of contemporary Thais. *Forensic Science International*, 287, 218.e1-218.e8. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.03.045>
  33. Dashnee Govender, Matthew Goodier, Bone of contention: The applicability of the Greulich- Pyle method for skeletal age assessment in South Africa *SA Journal of Radiology*, Vol 22, No 1 (2018) <https://doi.org/10.4102/sajr.v22i1.1348>
  34. Schmeling A, Reisinger W, Loreck D et al. Effects of ethnicity on skeletal maturation: Consequences for forensic age estimations. *Int J Legal Medicine* 2000; 113: 253-258 <https://doi.org/10.1007/s004149900102>