

KEMİKLEŞME MERKEZLERİ ARACILIĞIYLA FETUSLARDA YAŞ TAHMİNİ YAPILMASI

Özlem MEHDER*

Gönderim/Received: 11 Mayıs/May 2017

Kabul/Accepted: 02 Haziran/June 2017

Öz

Adli antropoloji, iskelet kalıntıları aracılığıyla yaş ve cinsiyet gibi ölçütleri değerlendirerek kimliklendirme yapılmasını sağlayan disiplinlerarası bir bilim dalıdır. Adli antropolojik çalışmalarda yaş tahmini yapılırken farklı yaş gruplarında farklı yöntemler kullanılmaktadır. Kemikleşme merkezleri, fetal hayattan yetişkinliğe dek yaş tahmininde kullanılabilen göstergeler içermektedir. Her bir kemiğin farklı bölgelerinde oluşan kemikleşme merkezleri, yaşamın farklı dönemlerinde ortaya çıkıp gelişmektedir. Bu nedenle de radyolojik, ultrasonografik ve morfolojik - morфометrik araçlar yardımıyla bu merkezler incelenerek yaş tahmininde değerlendirilmektedir. Dolayısıyla kemikleşme merkezleri, adli antropolojik çalışmalar doğrultusunda adli bilimlerin kimliklendirme uygulamalarına katkıda bulunabilir.

Anahtar Kelimeler: Adli Antropoloji, Kimliklendirme, Kemikleşme Merkezleri, Yaş Tahmini, Fetal Osteoloji

Age Estimation through Ossification Centers in Fetuses

Abstract

Forensic anthropology is an interdisciplinary science field that enables identification by evaluating criteria such as age and sex through skeletal remains. In forensic anthropological studies, different methods are used in predicting age in different age groups. Ossification centers contain observable indicators from fetal life to adulthood. Ossification centers formed in different segments of each bone

* Yüksek Lisans Öğrencisi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Adli Antropoloji Yüksek Lisans Programı | ozlemmehder@gmail.com

appear and develop in different periods of life. For this reason, radiological, ultrasonographic and morphological - morphometric tools are used to evaluate these centers for age estimation. Thus, ossification centers can contribute to the identification of forensic sciences in the direction of forensic anthropological studies.

Key Words: *Forensic Anthropology, Identification, Ossification Centers, Age Estimation, Fetal Osteology*

Giriş

Bireylerin yaş ve cinsiyet gibi özelliklerinin belirlenmesi, adli bilimlerin kimliklendirme çalışmaları için önem taşımaktadır. Adli antropoloji de iskelet kalıntıları aracılığıyla biyolojik profil oluşturarak kimliklendirme yapmayı amaçlar.

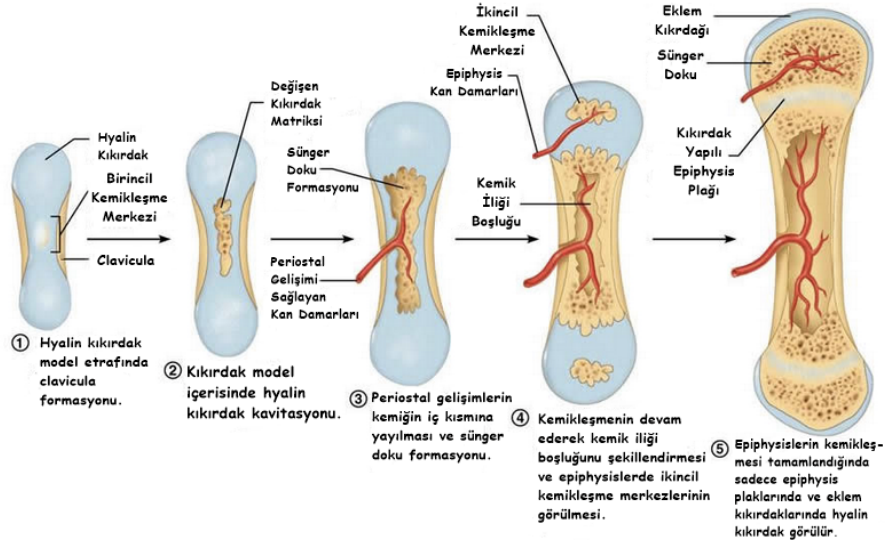
İskelet kalıntıları değerlendirilirken her yaş grubu için aynı yöntemler kullanılmamaktadır. Örneğin bebek ve çocuklarda dental gelişim evrelerinin incelenmesi güvenilir sonuçlar verirken yetişkinler için tercih edilmemektedir (White vd., 2012).

Kemikleşme merkezleri de fetal hayattan yetişkinliğe dek gözlenebilen bulgular içerir ve her kemikteki kemikleşme durumu farklı dönemlerde değişiklik gösterir. Bu nedenle kemikleşme merkezlerinin fetuslarda gestasyonel haftalar süresince ortaya çıkış ve gelişim evreleri yaş tahmininde kullanılabilir ve biyolojik profil oluşturmaya katkı sağlar. Bununla birlikte annenin düşük yapma durumu gibi olguları da inceleyerek adli bilimlere katkıda bulunabilir (Sanders, 2009).

Fetustalarda Osteogenesis: İntramembranöz Kemikleşme

Kemiklerin şekil alma süreci osteogenesis olarak adlandırılmaktadır. Osteogenesis (kemikleşme) sürecinde iki tür kemikleşme merkezi görülür: İntramembranöz (birincil) kemikleşme ve endochondral (ikincil kemikleşme) (Resim 1, 2). Tüm yeni doğanlarda birincil kemikleşme merkezleri mevcuttur (Scheuer ve Black, 2004).

İntramembranöz kemikleşme, kafa iskeleti kemikleri ve diğer yassı kemiklerin oluşumunda karakteristik bir evredir (Gilbert, 2000). Aynı zamanda bu kemikleşme türü, kısa kemiklerin gelişmesinde ve uzun kemiklerin enine büyümesinde rol almaktadır. Mezenşim hücreleri yoğunlaşarak membran görünümü sergiledikleri için bu oluşum, intramembranöz kemikleşme adını almıştır (Ross vd., 2003).

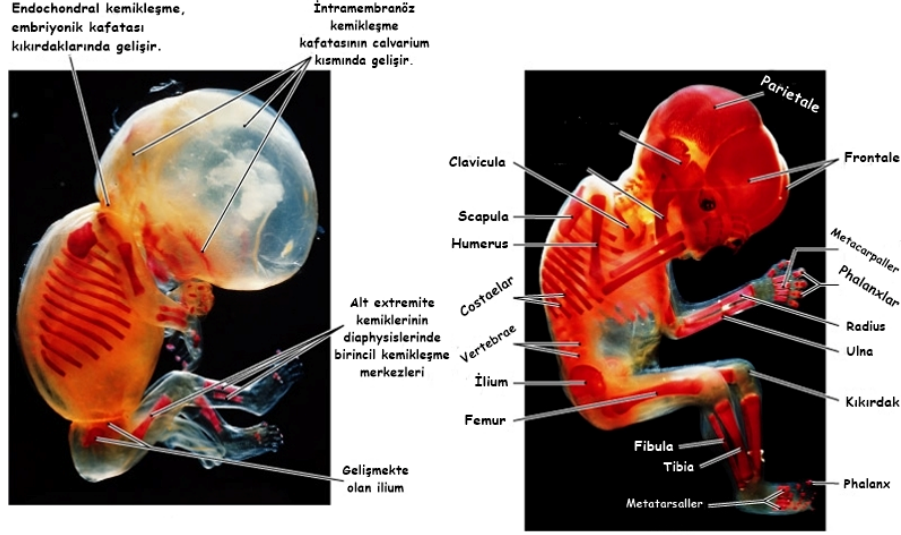


Resim 1. Birincil ve İkincil Kemikleşme Merkezleri
(<http://www.naturalheightgrowth.com>'dan uyarlanmıştır.)

İntramembranöz kemikleşmede mezenşimal doku doğrudan kemiğe dönüşürken endochondral kemikleşmede ise öncelikle kemik hücreleri tarafından bir kıkırdak matrisi oluşup kemikleşme gerçekleşmektedir (Gilbert, 2000). Bununla birlikte kemikleşme, tek merkezde veya birden fazla merkezde görülebilmektedir (Schaefer vd., 2009).

İntramembranöz kemikleşme, vasküler bağ dokusu membranının doğrudan mineralizasyonu olarak tanımlanmaktadır. Dermal ve perichondral yollarla oluşan bu kemikleşme türünde osteoblast destekli vasküler alanların duvarlarında Havers kanallarının yerleşmesi için boşluklar açılır. Böylece birincil osteon sistemleri gelişir. Kan damarları periost yüzeyindeki tabakalı yapıya eklenerek birincil osteonları oluşturur (Scheuer ve Black, 2004).

Kısa ömürlü birincil osteonlar ikincil osteonlara dönüştürülür. Osteoblastlar ve osteoklastlar yardımıyla yeni kemik lamelleri meydana gelir. Bu lameller gelişerek spongiosa kemik dokusunu oluşturur. Oluşan spongiosa dokunun çevresinde osteoprogenitor hücrelerin yardımıyla periosteum katmanları yerleşerek compact kemik dokusu ortaya çıkar (Aktaş, 2007).



Resim 2. İntramembranöz Kemikleşme (<http://droualb.faculty.mjc.edu>'dan uyarlanmıştır.)

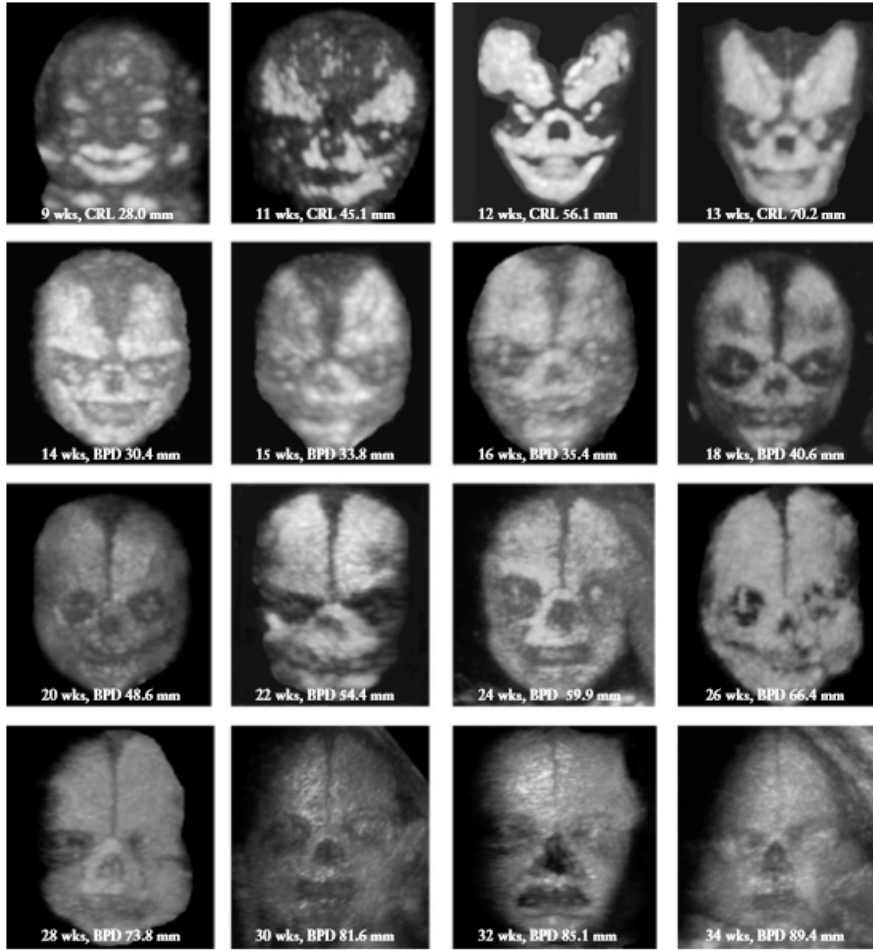
Kemikleşme Merkezleri ve Yaş İlişkisi

Kemikleşme merkezlerinin analizi morfolojik - morfometrik, radyolojik ve ultrasonografik araçlarla yapılmaktadır. Özellikle diz bölgesindeki kemikleşme merkezleri, buna karşılık gelen uzun kemiklerin ölçümünün yapıldığı aynı düzleme denk gelmesi nedeniyle daha kolay tespit edilmektedir. Bu nedenle kemikleşme merkezleri, femur ve tibia epiphysislerinde calcaneal ve talar kemikleşme merkezleri düzeyinde daha kolay görüntülenir. Bu kemikleşme merkezleri ultrasonografik araçlarla yumurta biçimli alanlar olarak gözlenir. Medyan longitudinal tarama, bu kemikleşme merkezlerinin görüntülenmesinde en iyi yöntemdir. Ancak ultrasonografik görüntülerin gerçek kemik boyutlarına uyarlanması için doğru bir biyometrik değerlendirme yapılması gerekir (Gentili vd., 1964). Bununla birlikte 3. trimesterdeki bulguların yaş tahmininde daha güvenilir olduğu kanısına varılmıştır (Kumari vd., 2015).

Ultrasonografik araçlar yardımıyla vücudun çeşitli bölümlerinin farklı gestasyonel haftalarda gözlenmesi mümkündür. Yüz kemiklerinin gelişim evreleri de bu şekilde izlenebilir (Resim 3).

Tek bir kemik türünün gelişimi izlenerek elde edilen bulgular, gestasyonel yaş tahmini yapılmasında değerlendirilebilir. Örneğin clavicula formasyonu, fetal gelişimin izlenmesinde kullanılabilir (Resim 4). Bu tür

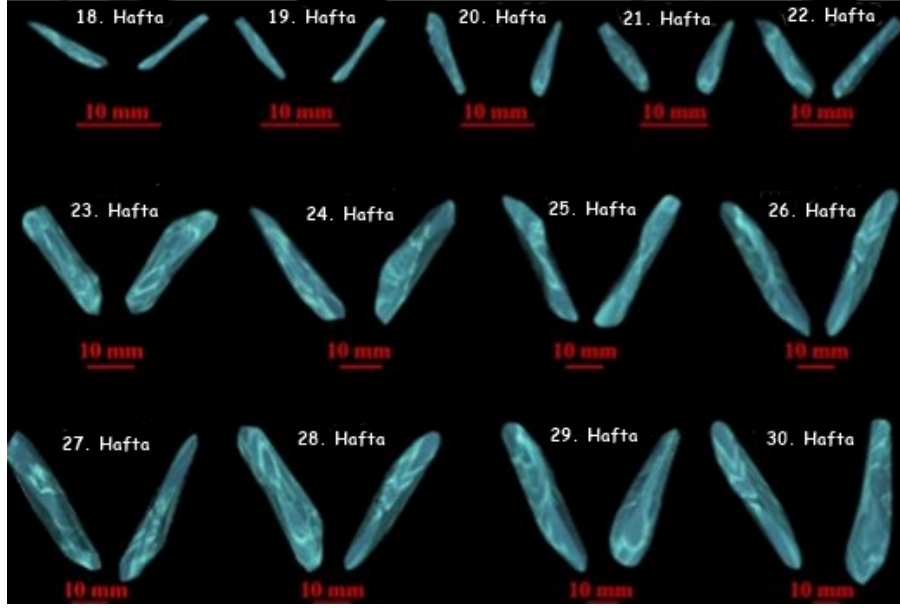
çalışmalarda yalnızca birincil kemikleşme merkezlerinin gelişim durumu takip edilebilir. Çünkü ikincil kemikleşme merkezleri doğumdan sonra görülmektedir.



Resim 3. Yüz Kemiklerinin 9. ve 34. Gestasyonel Haftalar Arası Gelişimi (Faro vd., 2005)

Fetal kemikleşme merkezlerinin ultrasonografik araçlarla gözlenip en büyük çaplarının belirlenmesi için birden fazla tarama yapılması gerekir. Bu tür ölçümler ile ilgili bazı teknik zorluklar vardır. Örneğin hamileliğin ilk haftalarında kemikleşme merkezlerinin sadece varlık veya yokluk durumları belirtilebilir. Milimetre cinsinden değer belirtmek içinse kemikleşme merkezlerinin en az 3 mm olması beklenmektedir (Gentili vd., 1964).

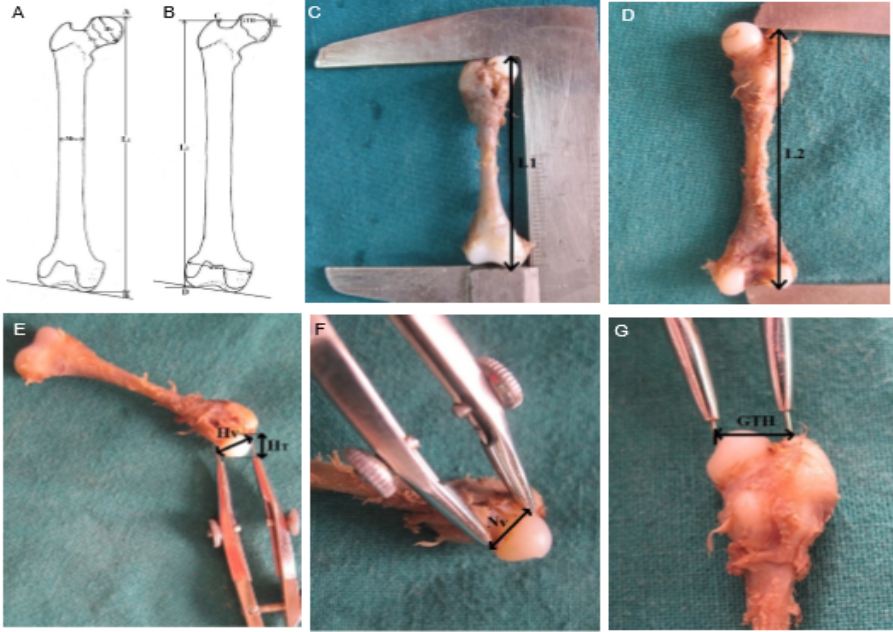
Kemiklerden doğrudan ölçüler alınırken çoğunlukla milimetrik değerler kullanılır. Kemiklerin farklı bölümlerinden genişlik, çap ve uzunluk gibi ölçüler elde edilir (Resim 5).



Resim 4. 18-30. Hafta Arası Claviculadaki Birincil Kemikleşme Merkezlerinin Kaynaşması (Baumgart vd., 2016)

Radyolojik çalışmalarda ise kemikleşme merkezlerinin çapları ölçülürken radyografideki görüntünün gerçek boyuta uyarlanması için çeşitli formüller oluşturulması gerekir. Bazı radyolojik çalışmalarda farklı kemik türleri değerlendirilmiştir. Cinsiyetler arası farklı gelişim evreleri gözlenen kemiklerde kadın ve erkeklere özgü değerler elde edilmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2).

İmmatür iskelet kalıntıları, büyüme ve gelişme süreçleri incelenir. Bu iskelet kalıntılarında elde edilen verilerde dental gelişim, epiphysis kaynaşmaları, vertebrealar ve pelvisteki belirli bölümlerdeki birincil kemikleşme merkezlerinin gelişimi gözlenir (Buikstra ve Ubelaker, 1994).



Resim 5a. Fetal Evreye Ait Femur'dan Alınan Ölçümler (Dhawan vd., 2014)



Resim 5b. Fetal Evreye Ait Femur'dan Alınan Ölçümler (Dhawan vd., 2014)

Tablo 1. Humerus'taki Kemikleşme Merkezlerine Dair Radyolojik Bir Çalışma (Garn vd., 1967)

| Kemikleşme Merkezi | Erkekler (Yüzdelerik Değer) | | | Kadınlar (Yüzdelerik Değer) | | |
|---------------------------|------------------------------------|------------|------------|------------------------------------|------------|------------|
| | %5 | %50 | %95 | %5 | %50 | %95 |
| Caput | 37g | 2h | 4a | 37g | 2h | 3a3h |
| Capitulum | 3h | 4a | 1y1a | 3h | 3a | 9a1h |
| Büyük Tüberkül | 3a | 10a | 2y4a | 2a2h | 6a1h | 1y2a |
| Medial Epicondyl | 4y3a | 6y3a | 8y5a | 2y1a | 3y5a | 5y1a |
| Lateral Epicondyl | 9y3a | 11y3a | 13y8a | 7y2a | 9y3a | 11y3a |

g: gestasyonel hafta

h: postnatal hafta

a: ay

y: yıl

Tablo 2. Femur'daki Kemikleşme Merkezlerine Dair Radyolojik Bir Çalışma (Elgenmark, 1946)

| Kemikleşme Merkezi | Erkekler (Ay) | | | | Kadınlar (Ay) | | | |
|---------------------------|----------------------|------------|------------|-------------|----------------------|------------|------------|-------------|
| | %25 | %50 | %75 | %100 | %25 | %50 | %75 | %100 |
| Caput | 3.9 | 5.6 | 6.7 | 10.0 | 3.6 | 4.9 | 6.2 | 8.0 |
| Büyük Trochanter | 43.2 | 46.1 | 51.5 | - | 27.2 | 30.2 | 34.0 | 51.5 |
| Distal | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 3.0 | 0.3 | 0.6 | 0.9 | 5.0 |

Tartışma

Kemikleşme merkezleri fetal hayattan yetişkinliğe dek farklı yaş gruplarında ortaya çıkıp gözlenebildiği için yaş tahmininde kullanılabilen bir göstergedir. Örneğin el iskeletinde bulunan capitatum ve hamatum, doğumdan sonraki yaklaşık 3. ayda belirginleşir. Bu süreçten sonra 6 ay içinde herhangi bir kemikleşme merkezi gelişimi net olarak gözlenmez (Alsharif vd., 2014).

Kemikleşme merkezleri ve yaş arasındaki ilişki birçok araştırmacı tarafından morfolojik - morfometrik, radyolojik ve ultrasonografik açıdan değerlendirilmiştir (Butt ve Lim, 2014; Demirci vd., 1994; Elgenmark, 1946;

Garn, 1967). Bazı çalışmalarda birden fazla kemik türü incelenirken bazı çalışmalarda ise tek bir tür kemik analiz edilmiştir (Dhawan vd., 2014; Kumari vd., 2015). Örneğin clavícula'nın birleşmiş birincil kemikleşme merkezlerinin gelişiminde cinsiyet farklılığı olmadığı ortaya konulmuş ve bu kemikleşme merkezlerinin çapraz kesitsel alanda hem sagittal hem transversal çaplarda logaritmik olarak büyüdüğü tespit edilmiştir (Baumgart vd., 2016). Aynı araştırmacılar tarafından clavícula'nın fetal büyümenin izlenmesinde, kalıtsal oluşumların gözlenmesinde ve clavícula anomalilerinin erken teşhisinde önemi olduğu vurgulanmıştır.

Kadınların erkeklere oranla daha erken iskelet olgunluğuna ulaştığı bilinmektedir. Bu nedenle kemikleşme merkezleri ile yaş tahmini yapılırken cinsiyetler arası farklılıklar oluşturacak göstergeler de değerlendirilmelidir. İncelenen iskeletlerin cinsiyetleri bilinmiyorsa her iki cinsiyete göre yaş aralığı belirlenmelidir (Ubelaker, 2005).

Kemikleşme merkezleri; biyolojik çeşitlilik, cinsiyet ve konjenital malformasyonlardan etkilenebilir. Bununla birlikte, çoklu doğumlarda kemikleşme merkezlerinin daha geç geliştiği tespit edilmiş ve hipertansiyon hastası anneye sahip bireylerin kemikleşme merkezlerinin bu durumdan etkilenmediği belirtilmiştir (Pryse-Davies vd., 1974).

Büyüme ve gelişme evrelerinin değerlendirildiği yaş tahmini yöntemlerinde kemik olgunluğunun değerlendirilmesi daha çok postnatal dönemde kullanılmaktadır. Prenatal ve perinatal döneme yönelik çalışmaların yapılması adli fetal osteoloji konusunun da geliştirilmesini sağlayacaktır.

Sonuç

Kemikleşme merkezleri, farklı yaş gruplarında farklı dönemlerde ortaya çıktığından yaş tahmininde kullanılabilir. Ancak bu tür çalışmalarda populasyona özgü verilerin değerlendirilmesi daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. Bununla birlikte annenin beslenme ve sağlık durumunun kemikleşme merkezlerinde gelişim bozukluğuna neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca kullanılan radyolojik ve ultrasonografik araçlardan elde edilen görsellerin gerçek kemik boyutuna uyarlanmasını sağlayan formüller kullanılmalıdır. Kemik üzerinden bire bir ölçümler yapılmasını sağlayan morfolojik – morfometrik yöntemlerde dönüştürme formüllerine ihtiyaç duyulmamaktadır.

Fetal osteoloji konusunda birçok öncül çalışma vardır: Örneğin antropolojik açıdan fetal yaş tahmini yapılması için belirli ölçekler

geliştirilmiştir (Fazekas ve Kósa, 1978). Uterus içerisindeki fetuslardan ultrasonografik araçlar yardımıyla yaş tahmini üzerine çalışmalar yapılmıştır (Chervenak vd., 1998). Fetüslerin radyolojik verileri analiz edilmiştir (Sherwood ve ark., 2000). Fetal gelişim evrelerinin spontan düşüklere etkisi çalışılmıştır (Jonas vd., 1986).

Fetal osteoloji uygulamaları, adli fetal osteoloji çalışmalarında da değerlendirilecek biçimde geliştirilmelidir. Böylece kemikleşme merkezleri sadece postnatal dönemde değil fetal dönemde de değerlendirilerek adli bilimlerin kimliklendirmeye ilgili alanlarına katkıda bulunulabilir. Adli antropolojik çalışmalarda kullanılan iskelet verilerinin analizi için güvenilir sonuçlar veren yeni yöntemler tanımlanabilir.

Kemikleşme merkezlerinin tespiti, hem klinik uygulamalarda gelişim bozukluğu gibi olguların takibinde ve tedavisinde hem de adli antropolojik çalışmalarda yaş tahmininde kullanılabilmesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Aktaş, S. (2007). *İkincil Kemikleşme Merkezinin Oluşumunda Etkili Faktörlerin İmmunohistokimyasal Yöntemle İncelenmesi*, Uzmanlık Tezi, Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi: 10-25.
- Alsharif, M.H.K., Ali, A.H.A., Elsayed, A.E.A., Elamin, A.Y., Mohamed, D.E.A. (2014). Radiological Estimation of Age from Hand Bone in Sudanese Infants and Toddlers, *Open Journal of Internal Medicine* 4:13-21.
- Baumgart, M., Wisniewski, M., Grzonkowska, M., Badura, M., Dombek, M., Malkowski, B., Szpinda, M. (2016). Morphometric Study of The Two Fused Primary Ossification Centers of The Clavicle In The Human Fetus, *Surgical and Radiologic Anatomy* 38: 937–945.
- Buikstra, J.E., Ubelaker, D.H., (1994), Standards for data collection from human skeletal remains, *Fayetteville: Arkansas Archeological Survey Research Series No. 44*.
- Butt, K., Lim, K. (2014). Determination of Gestational Age by Ultrasound, *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada* 36(2): 171-181.
- Chervenak, F.A., Skupski, D.W., Romero, R., Myers, M.K., Smith-Levitin, M., Rosenwaks, Z., Thaler, H., (1998), How accurate is fetal biometry in the assessment of fetal age?, *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, 178:678-687.

- Dhawan, V., Kapoor, K., Sharma, M., Singh, B., Sehgal, A. (2014). Morhometry of Fetal Femora as an Indication of Gestational Age, *European Journal of Anatomy* 18 (2): 85-92.
- Elgenmark, O. (1946). The normal development of the ossific centres during infancy and childhood. *Acta Paediatrica Scandinavica* 33: suppl. I.
- Faro, C., Benoit, B., Wegrzyn, P., Chaoui, R., Nicolaides, K.H. (2005). Three-Dimensional Sonographic Description of the Fetal Frontal Bones and Metopic Suture, *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology* 26: 618–621.
- Fazekas, I.G., Kósa, F., (1978), *Forensic Fetal Osteology*, Akadémiai Kiadó.
- Garn, S.M., Rohmann, C.G., and Silverman, F.N. (1967). Radiographic standards for postnatal ossification and tooth calcification, *Medical Radiography and Photography* 43: 45–66.
- Gentili, P., Trasimeni, A., Giorlandino, C. (1964). Fetal Ossification Centers as Predictors of Gestational Age in Normal and Abnormal Pregnancies, *Journal of Ultrasound in Medicine* 3:193- 197.
- Gilbert, S.F. (2000). *Developmental Biology*, 6th Edition, Sinauer Associates.
- Jones, P.R., Peters, J., Bagnall, K.M., (1986), *Anthropometric Measures of Fetal Growth, Human Growth: A Comprehensive Treatise*, 2nd Edition. New York: Plenum Press, 255-274.
- Kumari, R., Yadav, A.K., Bhandari, K., Nimmagadda, H.K., Singh, R. (2015). Ossification Centers of Distal Femur, Proximal Tibia and Proximal Humerus as a Tool for Estimating Gestational Age of Fetuses in Third Trimester of Pregnancy in West Indian Population: An Ultrasonographic Study, *International Journal of Basic and Applied Medical Sciences* 5(2): 316-321.
- Pryse-Davies, J., Smitham, J., Napier, K.A. (1974) Factors Influencing Development of Secondary Ossification Centres in the Fetus and Newborn: A Postmortem Radiological Study, *Archives of Disease in Childhood*, 49(6): 425-431.
- Ross, M.H., Gordon, I.K., Pawlina, W. (2003). *Histology: A Text and Atlas, 4th Ed.* Lippincott Williams & Wilkins: 180-213.
- Sanders, J.E., (2009), *Age Estimation of Fetal Skeletal Remains from the Forensic Context*, Montana Üniversitesi, Lisans Tezi.
- Schaefer, M., Black, S., Scheuer, L. (2009). *Juvenile Osteology: A Laboratory and Field Manual*, Elsevier Inc.
- Scheuer, L., Black, S. (2004). *The Juvenile Skeleton*, Elsevier Inc.
- Sherwood, R., Meindl, R.S., Robinson, H.B., May, R.L., (2000), Fetal age: Methods of estimation and effects of pathology, *American Journal of Physical Anthropology*, 113:305-315.

Ubelaker, D.H. (2005). Estimating Age at Death, içinde: *Forensic Medicine of the Lower Extremity: Human Identification and Trauma Analysis of the Thigh, Leg, and Foot*, J. Rich, D.E. Dean, R.H. Powers (eds.) Humana Press: 99-112.

White, T. D., Black, M. T., Folkens, P. A., (2012), *Human Osteology*, Third Edition, Elsevier Academic Press

<http://www.naturalheightgrowth.com> Erişim Tarihi: 19/05/2017

<http://droualb.faculty.mjc.edu> Erişim Tarihi: 19/05/2017

Önerilen Okumalar

Clarke, B. (2008). Normal Bone Anatomy and Physiology, *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* 3: 131–139.

Demirci, F., Ali, M.K., Eren, S., Uludoğan, M., Arı, B., Uçarer , M., Kolonkaya, A. (1994). Uzun Kemik Epifiziel Ossifikasyon Merkezlerinin Sonografik Degerlendirilmesinin Fetal Gelişim Takibindeki Yeri, *Kartal Eğitim ve Araştırma Klinikleri* 5: 1-4.

Florencio-Silva, R., Sasso, G.R.S., Sasso-Cerri, E., Simões, M.J., Cerri, P.S. (2015). Biology of Bone Tissue: Structure, Function, and Factors That Influence Bone Cells, *BioMed Research International* Vol. 2015, Article ID: 421746: 1-17.

Hoemann, C.D., Lafantaisie-Favreau, C.H., Lascau-Coman, V., Chen, G., Guzmán-Morales, J., (2012). The Cartilage-Bone Interface, *Journal of Knee Surgery* 25(2): 85-97.

Lewis, A.B, Garn, S.M. (1960). The Relationship between Tooth Formation and Other Maturational Factors, *The Angle Orthodontist* 30:70–77.

Matsumura, G., England, M.A., Uchiumi, T., Kodama, G. (1994). The Fusion of Ossification Centres in the Cartilaginous and Membranous Parts of the Occipital Squama in Human Fetuses, *Journal of Anatomy* 185: 295-300.

McKern, T.W., Stewart, T.D. (1957). *Skeletal Age Changes in Young American Males*, Headquarters, Quartermaster Research and Development Command Technical Report EP-45, Natick, MA:

Noback, C.R., Robertson G.G. (1951). Sequences of Appearance of Ossification Centers in the Human Skeleton During the First Five Prenatal Months, *The American Journal of Anatomy* 89:1–28.

Osborne, D., Effmann, E., Broda, K., Harrelson, J. (1980). The Development of the Upper End of the Femur with Special Reference to its Internal Architecture, *Radiology* 137: 71–76.

Papageorghiou, A.T., Sarris, I, Ioannou, C., Todros, T., Carvalho, M., Pilu, G., Salomon, L.J. (2012). Ultrasound Methodology Used to Construct the Fetal

Growth Standards in the Intergrowth-21st Project, *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology* 120(s2): 27-32.

Ridley, J. (2002). *Sex Estimation of Fetal and Infant Remains Based on Metric and Morphognostic Analyses*, Yüksek Lisans Tezi, University of Tennessee.

Tzaphlidou, M. (2008). Bone Architecture: Collagen Structure and Calcium/Phosphorus Maps, *Journal of Biological Physics*, 34(1-2): 39-49.

