



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ



**FEMORAL ANTEVERSİYON, ASETABULAR
ORYANTASYON VE KOMBİNE ANTEVERSİYONUN
ÜÇ BOYUTLU ANATOMİK MODELLEMELER İLE
İNCELENMESİ**

Dr. Mahmut OTUGÜZEL

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
TIPTA UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. İzzet Özay SUBAŞI

ERZİNCAN
2024

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

FEMORAL ANTEVERSİYON, ASETABULAR
ORYANTASYON VE KOMBİNE ANTEVERSİYONUN
ÜÇ BOYUTLU ANATOMİK MODELLEMELER İLE
İNCELENMESİ

Dr. Mahmut OTUGÜZEL

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
TIPTA UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. İzzet Özay SUBAŞI
Doç. Dr. Oğuzhan TANOĞLU

ERZİNCAN
2024

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı'na,

Tıpta Uzmanlık Tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Femoral anteversiyon, asetabular oryantasyon ve kombine anteversiyonun üç boyutlu anatomik modellemeler ile incelenmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan araştırma tarafımda yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Bu tez çalışmasıyla ilgili tüm süreçler Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi klinik araştırmalar etik kurulu tarafından, 07/09/2023 tarihinde, 2023-15/9 numaralı kararla onaylanmıştır.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Mahmut OTUGÜZEL

Tarih:

İmza:

ÖNSÖZ

Ortopedi ve Travmatoloji uzmanı olarak yetişmemde büyük emekleri olan, çalışma özverisi, kişiliği ve hekimliğini her zaman örnek alacağım değerli hocam **Prof. Dr. Vedat Şahin'e;**

Tez konumu belirlememde ve tezimin her aşamasında sabırla ilgisini esirgemeyen, birlikte çalışmaktan her daim keyif aldığım değerli hocalarım **Doç. Dr. İzzet Özay Subaşı** ve **Doç. Dr. Oğuzhan Tanoğlu'na;**

Ortopedik cerrahinin her alanında bilgi ve tecrübelerini her daim benimle paylaşan ve bana yol gösterip, cerrahiyi bana sevdiren ve öğreten, değerli ağabeylerim, klinik hocalarımız **Doç. Dr. Ahmet Issın, Doç. Dr. Nizamettin Koçkara, Doç. Dr. İsmet Yalkın Çamurcu, Doç. Dr. Hanifi Üçpunar, Doç. Dr. Furkan Yapıcı, Dr. Öğr. Üys. Volkan Gür, Dr. Öğr. Üys. Mehmet Burak Gökgöz** ile klinik uzmanlarımızdan **Op. Dr. Akın Öztürk, Op. Dr. İbrahim Doğan'a** sonsuz şükran ve saygılarımı sunarım.

Birlikte çalıştığımız, eğlendiğimiz, hüznümüzü, mutluluğumuzu, uykusuzluğumuzu, stresimizi, yemeğimizi paylaştığımız, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak yetişmemde sonsuz emekleri olan kıdemlilerim **Op. Dr. Seçkin Özcan, Op. Dr. Hamza Arı, Op. Dr. Fatih Subaşı, Op. Dr. Rıdvan Altay, Op. Dr. İsmail Tarduş, Op. Dr. Reşit Karaköse 'ye;** asistan arkadaşlarım **Dr. Muhammed KURU, Dr. Oruç Keleş, Dr. Sami Kandefer, Dr. Muhammet Ali Can, Dr. Oğuzhan Yanmaz, Dr. Alper Gönbe, Dr. Metin Taş, Dr. Nedim Batuhan Topaluğurlu, Dr. Naciye Bozkır, Dr. Ahmet Haşim Deveci, Dr. Harun DüNDAR, Dr. Berat Avcı, Dr. Abdullah Bayçöl, Dr. Sait Emre Aydaç ve Dr. Alperen Yazgan'a;**

Aynı kurum çatısı altında çalışmaktan zevk aldığım hastanemizin diğer tüm hekimlerine, hemşirelerine, teknisyenlerine ve çalışanlarına;

Beni yetiştiren, evlatları olmaktan gurur duyduğum, benim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, sevgisini üzerimden hiç eksik etmeyen, sevgili annem **Ziynet Otugüzel** ve sevgili babam **Yusuf Otugüzel**'e;

Kardeşleri olmaktan gurur duyduğum, desteklerini hep arkamda hissettiğim ağabeyim **Uzm. Dr. Serhat Otugüzel** ve kız kardeşim **Hatice Otugüzel**'e;

Hayatıma girdiği ilk günden bugüne kadar sevgisini bana her daim hissettiren, lise yıllarımdan bugüne kadar bu zorlu yolculuğun her anında yanımda olan, hayatıma anlam katan can yoldaşım, kıymetli eşim, hayat arkadaşım **Tuğçe Otugüzel**'e;

Bu zorlu tez sürecinde onun zamanından çaldığım, her fırsatta varlığına sonsuz şükrettiğim, hayatıma mutluluk katan, bana babalık sevgisini tattıran, gülüşüyle içimi ısıtan, biricik oğlum **Demir Buğra Otugüzel**'e

Sonsuz sevgilerimi sunar ve teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ÖZET.....	1
ABSTRACT.....	3
GİRİŞ VE AMAÇ.....	5
GENEL BİLGİLER.....	7
KALÇA EKLEMİNİN ANATOMİSİ.....	7
Kemik Anatomisi.....	7
Kalça Eklem Kapsülü:.....	13
Kalça Eklem Ligamentleri:.....	13
Kalça ve Etrafının Kas Anatomisi.....	14
ASETABULUM VE PROKSİMAL FEMUR POZİSYONU:.....	17
Asetabular Anteversiyon:.....	18
Asetabular İnklınasyon:.....	23
Femoral Anteversiyon:.....	27
Kombine Anteversiyon:.....	32
KALÇA EKLEMİNİN GELİŞİMİ.....	33
KALÇA EKLEM BİYOMEKANİĞİ.....	35
Kalça Eklemine Etkiyen Kuvvetler:.....	36
GEREÇ VE YÖNTEM.....	38
BULGULAR.....	48
TARTIŞMA.....	55
SONUÇ.....	63
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	64

KISALTMALAR DİZİNİ

2D: İki Boyutlu

3D: Üç Boyutlu

AP: Anteroposterior

BT: Bilgisayarlı Tomografi

For: Foramen

Lig: Ligament

M: Musculus

MPa: Megapascal

MRG: Manyetik rezonans görüntüleme

SİAS: Spina İliaca Anterior Superior

USG: Ultrasonografi

VA: Vücut ağırlığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Maturasyonu tamamlanmamış kalça kemiğinin lateral görünümü	7
Şekil 2. Erişkin kalça kemiğinin lateral görünümü	8
Şekil 3 Asetabulum anterior ve posterior kolon	10
Şekil 4 Asetabulum eklem yüzü	10
Şekil 5. Distal femur eklem yüzü	12
Şekil 6. Femur'un ön ve arkadan görünümü	12
Şekil 7. Kalça eklemine ligamentleri	14
Şekil 8. Kalça bölgesi kaslarının önden görünüşü	16
Şekil 9 Kalça bölgesi kaslarının arkadan görünümü	17
Şekil 10. Pelvis AP grafisinde asetabular anteversiyon ve inklinasyon ölçümü	19
Şekil 11. Cross-over Sign	20
Şekil 12. AP pelvis grafisinde artmış ve azalmış asetabular anteversiyon	20
Şekil 13. İki boyutlu (2D) BT ile asetabular anteversiyon ölçümü	21
Şekil 14. Distal seviye BT kesiti, artmış asetabular anteversiyon	22
Şekil 15. 2 boyutlu BT ile asetabular anteversiyon ölçümü	23
Şekil 16. Sharp açısı	24
Şekil 17. Tönnis açısı	25
Şekil 18. Pelvis BT' nin AP topogramı üzerinden asetabular inklinasyon ölçümü	26
Şekil 19. Koronal BT kesitinden asetabular inklinasyon ölçümü	26
Şekil 20. Femoral anteversiyonun şematik görünümü	27
Şekil 21. Craig testi	28
Şekil 22. Biplanar femoral anteversiyon ölçümü	29
Şekil 23. Murphy metodu ile femoral anteversiyon ölçümü	30
Şekil 24. Femoral anteversiyon ölçümü	31
Şekil 25 Distal femur eksenini	31
Şekil 26. Yenidoğan ve adölesan dönemde kalça kemiği ve asetabulum	34
Şekil 27. Tek bacak duruşu sırasında kalça eklemine etkiyen kuvvetler	36
Şekil 28. 2 boyutlu BT' de femur boyun ekseninin belirlenmesi	39
Şekil 29. 2 boyutlu BT' de distal femur ekseninin belirlenmesi	39
Şekil 30. Asetabulum anterior ve posterior kenarlarına teğet çizilen çizgi	40
Şekil 31. 2 boyutlu asetabular anteversiyon ölçümü	41
Şekil 32. İskial kemiğin en alt noktalarını birleştiren yatay çizgi	41
Şekil 33. Asetabulum süperolateral ve inferomedialini birleştiren çizgi	42

Şekil 34. Posterior kondiler aks referans alınarak 3 boyutlu femoral anteversiyon ölçümü	43
Şekil 35. Transepikondiler aks referans alınarak 3 boyutlu femoral anteversiyon ölçümü.....	43
Şekil 36. Anterior pelvik plan.....	44
Şekil 37. 3 boyutlu pelvis modelinde asetabulum kenarının taranması	45
Şekil 38. 3 boyutlu pelvis modelinde oluşturulan asetabular düzlem	45
Şekil 39. 3 boyutlu asetabular anteversiyon ölçümü	46
Şekil 40. 3 boyutlu asetabular inklinasyon ölçümü	46
Şekil 41. Femoral anteversiyon korelasyon grafiği	50
Şekil 42. Asetabular anteversiyon korelasyon grafiği	51
Şekil 43. Asetabular inklinasyon korelasyon grafiği	51
Şekil 44. Kombine anteversiyon korelasyon grafiği	52
Şekil 45. Femoral anteversiyonun iki ölçüm yöntemi arasındaki korelasyon grafiği	53

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1: Günlük yaşamdaki bazı eylemler sırasında kalça hareketlerinin 3 plandaki maksimum değerleri	35
Tablo 2. 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçüm sonuçları	49
Tablo 3 Ölçümler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.....	53



ÖZET

Amaç: Tez çalışmamızın amacı; femoral anteverسیون, asetabular anteverسیون, asetabular inklinasyon, kombine anteverسیونun 2 boyutlu bilgisayarlı tomografi (BT) standart kesitleri ve 3 boyutlu BT modellemeleri üzerinden ölçüm sonuçlarını karşılaştırmak; çalışma grubumuzdaki bireylerde anatomik 3 boyutlu femoral anteverسیون, asetabular anteverسیون, asetabular inklinasyon, kombine anteverسیون değerlerini saptamak; cinsiyetler arasında ölçülen parametreler açısından fark olup olmadığını araştırmak; femoral anteverسیون ölçümünde kullanılan 2 farklı yöntemi (posterior kondiler aks- transepikondiler aks) 3 boyutlu BT modellemeler üzerinden yapılan ölçümlerle karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamıza, hastanemiz radyoloji veri tabanında bulunan pelvis ve tüm alt ekstremitenin incelendiği bilgisayarlı tomografi görüntüleri içerisinde, 18-60 yaş arası, 100 erişkin (50 erkek ve 50 kadın) dahil edildi. Pelvis, femur veya kalçayı ilgilendiren kırıklar, geçirilmiş kalça cerrahileri, alt ekstremitte düzeltici osteotomi öyküsü olanlar, tümör ya da enfeksiyon gibi alt ekstremitte dizilimini bozacak patolojileri olanlar, incelenen tarafa uygulanmış kalça ya da diz protezi olanlar, 18 yaş altı ve 60 yaş üstü erişkinler, mevcut görüntülerinde diz ya da kalça osteoartriti bulunan erişkinler çalışma dışı bırakılmıştır. Tüm örneklemede yalnızca sağ femur ve sağ asetabulum incelenmiştir. Çalışmada yer alan erişkinlerin DICOM formatındaki pelvis ve alt ekstremitte tomografi görüntüleri, Materialise MIMICS Research (Materialise, Leuven, Belçika) programına aktarıldı. Materialise MIMICS programı yardımıyla, tüm erişkinlerin pelvis ve sağ femurlarının 3 boyutlu modelleri, 200 – 2150 Hounsfield unit aralığında segmente edildi. 2 boyutlu ve 3 boyutlu açı ölçümleri Materialise 3-Matic Research (Materialise, Leuven, Belçika) programında gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda elde edilen veriler, IBM SPSS Statistics 25 (IBM, New York, Amerika Birleşik Devletleri) programı ile değerlendirilmiştir.

Bulgular: Çalışma grubumuzda ortalama asetabular anteverسیون 2 boyutlu ölçümlerde $20,61^{\circ} \pm 6,06^{\circ}$, 3 boyutlu ölçümlerde $27,40^{\circ} \pm 7,39^{\circ}$; ortalama asetabular inklinasyon 2 boyutlu ölçümlerde $38,59^{\circ} \pm 4,07^{\circ}$, 3 boyutlu ölçümlerde $51,41^{\circ} \pm 5,65^{\circ}$; femoral anteverسیون 2 boyutlu ölçümlerde $10,71^{\circ} \pm 7,75^{\circ}$, 3 boyutlu ölçümlerde $15,38^{\circ} \pm 8,29^{\circ}$; kombine anteverسیون 2 boyutlu ölçümlerde $31,33^{\circ} \pm 10,86^{\circ}$, 3 boyutlu ölçümlerde $42,78^{\circ} \pm 12,48^{\circ}$; transepikondiler aksa göre femoral anteverسیون 3 boyutlu ölçümlerde $9,11^{\circ} \pm 8,32^{\circ}$ bulunmuştur. Kadınlarda asetabular anteverسیون, femoral anteverسیون ve kombine anteverسیون erkeklerden yüksekti. Asetabular inklinasyon ise 3 boyutlu ölçümlerde erkeklerde kadınlardan yüksekti, 2 boyutlu ölçümlerde cinsiyet farkı yoktu.

Asetabular anteversiyon ve asetabular inklinasyon açılarının 2 boyutlu ölçüm sonuçları ile 3 boyutlu ölçüm sonuçları arasında düşük düzeyde korelasyon bulunmuştur (sırası ile $r = 0,426$ ve $r = 0,410$). Kombine anteversiyonun 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçümleri arasında korelasyon orta düzeydeydi ($r = 0,678$). Femoral anteversiyonda ise 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçümler arasında yüksek düzeyde korelasyon saptanmıştır ($r = 0,840$). Femoral anteversiyonun posterior epikondiler aks ve transepikondiler aks referans alınarak ölçülen iki yöntemi arasında da korelasyon yüksek düzeydeydi ($r = 0,946$).

Sonuç: Asetabular anteversiyon, asetabular inklinasyon ve kombine anteversiyon ölçümlerinde klasik 2 boyutlu BT kesitleri kullanılarak yapılan ölçümlerin doğal kalça anatomisini tam olarak yansıtmadığını düşünüyoruz, bu nedenle 3 boyutlu anatomik modeller üzerinden ölçüm yapılmasını öneriyoruz. Femoral anteversiyon ölçümünde literatürle uyumlu şekilde 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçüm yöntemleri arasında yüksek korelasyon saptamamıza rağmen iki yöntem arasındaki $4,66^\circ \pm 4,57^\circ$ farkın klinik sonuçları etkileyip etkilemeyeceğini bilmiyoruz ve bu konunun yeni klinik çalışmalar ile değerlendirilmesi gerektiğini düşünüyoruz. Bu nedenle femoral anteversiyon ölçümünde de 3 boyutlu yöntemin daha uygun olacağını düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Femoral anteversiyon, Asetabular anteversiyon, Asetabular inklinasyon, Kombine anteversiyon, Üç boyutlu görüntüleme

ABSTRACT

Purpose: The aim of our thesis study is; to compare the measurement results of femoral anteversion, acetabular anteversion, acetabular inclination, combined anteversion on standard 2D CT sections and 3D CT modeling; To determine anatomical 3D femoral anteversion, acetabular anteversion, acetabular inclination and combined anteversion values in the individuals in our study group; To investigate whether there are differences in measured parameters between genders and to compare two different methods used in femoral anteversion measurement (posterior condylar axis-transepicondylar axis) with measurements made through 3D CT modeling.

Materials and Methods: Our study included 100 adults (50 men and 50 women) between the ages of 18-60, from computed tomography images of the pelvis and the entire lower extremity in our hospital radiology database. Those with fractures involving the pelvis, femur or hip and who had previous hip surgeries, a history of lower extremity corrective osteotomy and with pathologies that may disrupt lower extremity alignment such as tumor or infection and with hip or knee prosthesis applied to the examined side, patients under 18 years of age and over 60 years of age and with knee or hip osteoarthritis in their existing images were excluded from the study. In the entire sample, only the right femur and right acetabulum were examined. Pelvis and lower extremity tomography images in DICOM format of the adults in the study were transferred to the Materialize MIMICS Research (Materialise, Leuven, Belgium) program. With the help of the Materialize MIMICS program, 3D models of the pelvis and right femur of all adults were segmented in the range of 200 – 2150 Hounsfield units. 2D and 3D angle measurements were performed in the Materialise 3-Matic Research program (Materialise, Leuven, Belgium). The data obtained in our study were evaluated with the IBM SPSS Statistics 25 (IBM, New York, United States) program.

Results: In our study group, the mean acetabular anteversion was $20.61^{\circ} \pm 6.06^{\circ}$ in 2-dimensional measurements and $27.40^{\circ} \pm 7.39^{\circ}$ in 3-dimensional measurements; mean acetabular inclination was $38.59^{\circ} \pm 4.07^{\circ}$ in 2-dimensional measurements, $51.41^{\circ} \pm 5.65^{\circ}$ in 3-dimensional measurements; femoral anteversion $10.71^{\circ} \pm 7.75^{\circ}$ in 2-dimensional measurements, $15.38^{\circ} \pm 8.29^{\circ}$ in 3D measurements; combined anteversion $31.33^{\circ} \pm 10.86^{\circ}$ in 2D measurements, $42.78^{\circ} \pm 12.48^{\circ}$ in 3D measurements; Femoral anteversion relative to the transepicondylar axis was $9.11^{\circ} \pm 8.32^{\circ}$ in 3D measurements. Acetabular anteversion, femoral anteversion and combined anteversion were higher in women than in men. Acetabular

inclination was higher in men than women in 3-dimensional measurements, but there was no gender difference in 2-dimensional measurements.

A low level of correlation was found between the 2D measurement results and the 3D measurement results of the acetabular anteversion and acetabular inclination angles ($r = 0.426$ and $r = 0.410$, respectively). The correlation between 2D and 3D measurements of combined anteversion was moderate ($r = 0.678$). In femoral anteversion, a high level of correlation was detected between 2-dimensional and 3-dimensional measurements ($r = 0.840$). The correlation between the two methods of measuring femoral anteversion using the posterior epicondylar axis and the transepicondylar axis as reference was also high ($r = 0.946$).

Conclusion: We think that measurements made using classical 2D CT slices for acetabular anteversion, acetabular inclination and combined anteversion measurements do not fully reflect the natural hip anatomy, so we recommend making measurements using 3D anatomical models. Although we found a high correlation between 2-dimensional and 3-dimensional measurement methods in femoral anteversion measurement, consistent with the literature, we do not know whether the $4.66^\circ \pm 4.57^\circ$ difference between the two methods will affect the clinical results and we think that this issue should be evaluated in new clinical studies. Therefore, we think that the 3-dimensional method would be more appropriate for femoral anteversion measurement.

Keywords: Femoral anteversion, Acetabular anteversion, Acetabular inclination, Combined anteversion, , Computer generated three-dimensional imaging

GİRİŞ VE AMAÇ

Kalça eklemının stabilitesini ve işlevselliğini asetabulum ve proksimal femur arasındaki ilişki belirler. Asetabulum ve kalça eklemi arasındaki oryantasyon femoroasetabular sıkışma, osteoartrit, kalça ağrısı gibi patolojik durumlarla ilişkilidir (1–3). Ayrıca total kalça artroplastisi yapılan hastalarda asetabular ve femoral komponentlerin pozisyonu; protezin stabilitesi, ömrü, polietilen aşınma durumu, çıkık, periprostetik osteoliz, kalça ağrısı, kanda metal iyonlarının artması gibi durumlarda ilişkilidir (4–7). Bu nedenle doğal kalça anatomisinin ve proksimal femur ile asetabulum arasındaki oryantasyonun bilinmesi hem femoroasetabular sıkışma, osteoartrit gibi kalça patolojilerinde hem de total kalça protezi yapılan hastalarda oldukça önemlidir. Lewinnek ve ark. 1978 yılında total kalça artroplastisinde asetabular cup pozisyonu için $40^\circ (\pm 10^\circ)$ inklinasyon, $15^\circ (\pm 10^\circ)$ anteversiyonu güvenli bölge olarak tarif etmiş olsalar da son yıllarda kombine anteversiyon kavramı popülerlik kazanmıştır (4,8). Kombine anteversiyon kavramı ilk kez 1970 yılında, yenidoğanlarda ‘instabilite indeksi’ adıyla femoral anteversiyon ve asetabular anteversiyon değerlerinin toplamı olarak McKibbin tarafından tariflenmiştir (9). Kombine anteversiyondaki azalmanın veya artmanın kalça eklem osteoartriti ve kalça ağrısı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (1,10). 2009 yılında Dorr ve ark. total kalça artroplastisinde kombine anteversiyon yöntemini tariflemişlerdir (4). Total kalça artroplastisinde kombine anteversiyonun restore edilmesi stabilizeyi artırarak çıkık ihtimalini düşürmektedir (4) ve impingement olmadan en geniş hareket açıklığına olanak verir (11). Bu nedenle hem kalça artroplastisi ameliyatlarının ameliyat öncesi planlamasında hem de diğer kalça patolojilerinde doğal kalça anatomisinin bilinmesi oldukça önemlidir.

Asetabular oryantasyonu tariflemek için birkaç terim kullanılmıştır; bunlar anteversiyon, inklinasyon, fleksiyon, açıklık, kavrama, abdüksiyon ve tilttir (12). Bunlar içerisinde en kabul görmüş olanlar anteversiyon ve inklinasyondur (3). Asetabular anteversiyon, asetabulum ön ve arka kenarlarını birleştiren çizginin sagittal düzlem ile yaptığı açı olarak tariflenir (1). Asetabular inklinasyon asetabulum açıklığının koronal planda inferiora doğru olan eğikliğidir. Murray asetabular anteversiyon ve inklinasyonu anatomik, operatif ve radyografik olarak üç farklı şekilde tanımlamıştır (3). Aksiyal planda femur boynu eksenini ile distal femoral eksen arasındaki açı olarak tariflenen femoral anteversiyon, femoral versiyon veya femoral torsiyon olarak da tariflenir ve femurun bükülme derecesini gösterir (2).

Standart radyografiler ve 2 boyutlu bilgisayarlı tomografi (BT) ile femoral anteversiyon, asetabular anteversiyon, asetabular inklinasyon, kombine anteversiyon ölçümü hasta pozisyonu, pelvik tilt, ölçümlerin yapıldığı kesitlerin seviyesi, proksimal femur deformiteleri

gibi etmenlerden etkilenmektedir (1,7–9,13–20). 3 boyutlu BT ile ölçüm, hasta pozisyonu ve pelvik tiltten etkilenmemektedir (7,20,21). Tez çalışmamızda femoral anteversiyon, asetabular anteversiyon, asetabular inklinasyon ve kombine anteversiyonu hem standart 2 boyutlu BT kesitlerinden hem de 3 boyutlu BT anatomik modellemeleri üzerinden ölçerek ölçüm sonuçlarını karşılaştırdık. Ayrıca 3 boyutlu femoral anteversiyon ölçümünde iki ayrı yöntem kullandık. Distal femoral aks belirlenmesinde posterior kondiler aks ve transepikondiler aks yöntemi kullanılarak yapılan femoral anteversiyon ölçümlerini karşılaştırdık.

Tez çalışmamızda amaçlarımız; femoral anteversiyon, asetabular anteversiyon, asetabular inklinasyon, kombine anteversiyonun 2 boyutlu BT standart kesitleri ve 3 boyutlu BT modellemeleri üzerinden ölçüm sonuçlarını karşılaştırmak; çalışma grubumuzdaki bireylerde anatomik 3 boyutlu femoral anteversiyon, asetabular anteversiyon, asetabular inklinasyon, kombine anteversiyon değerlerini saptamak; cinsiyetler arasında ölçülen parametreler açısından fark olup olmadığını araştırmak; femoral anteversiyon ölçümünde kullanılan 2 farklı yöntemi (posterior kondiler aks - transepikondiler aks) 3 boyutlu BT modellemeler üzerinden yapılan ölçümlerle karşılaştırmaktır.

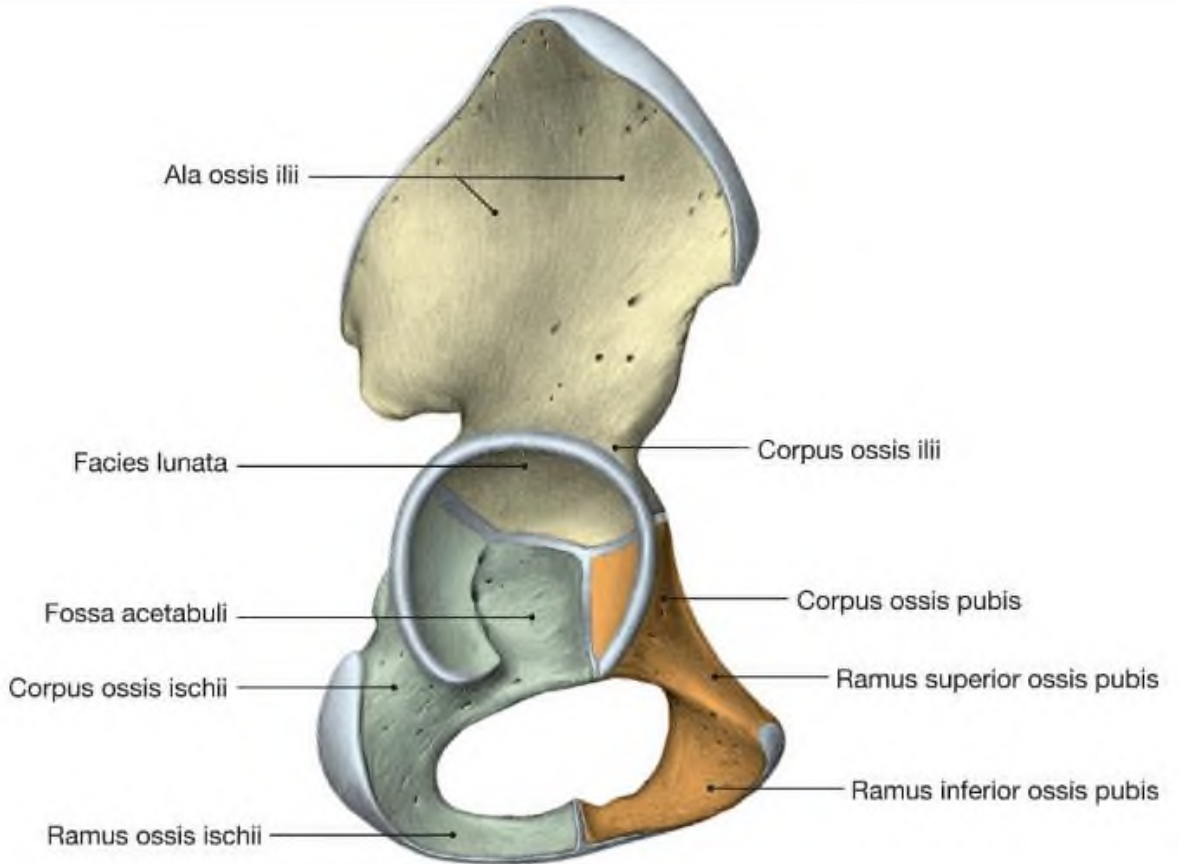
GENEL BİLGİLER

KALÇA EKLEMİNİN ANATOMİSİ

Kalça eklemi (art. coxae) femurun caput femorisi ile kalça kemiğinin (os coxae) asetabulumunun oluşturduğu, çok yönlü, articulatio spherioidea grubu sinovyal, kapsüllü bir eklemdir. Konveks eklem yüzü caput femoris tarafından, konkav eklem yüzü acetabulum tarafından oluşturulur. Alt ekstremiteyi gövdeye bağlayan eklemdir.

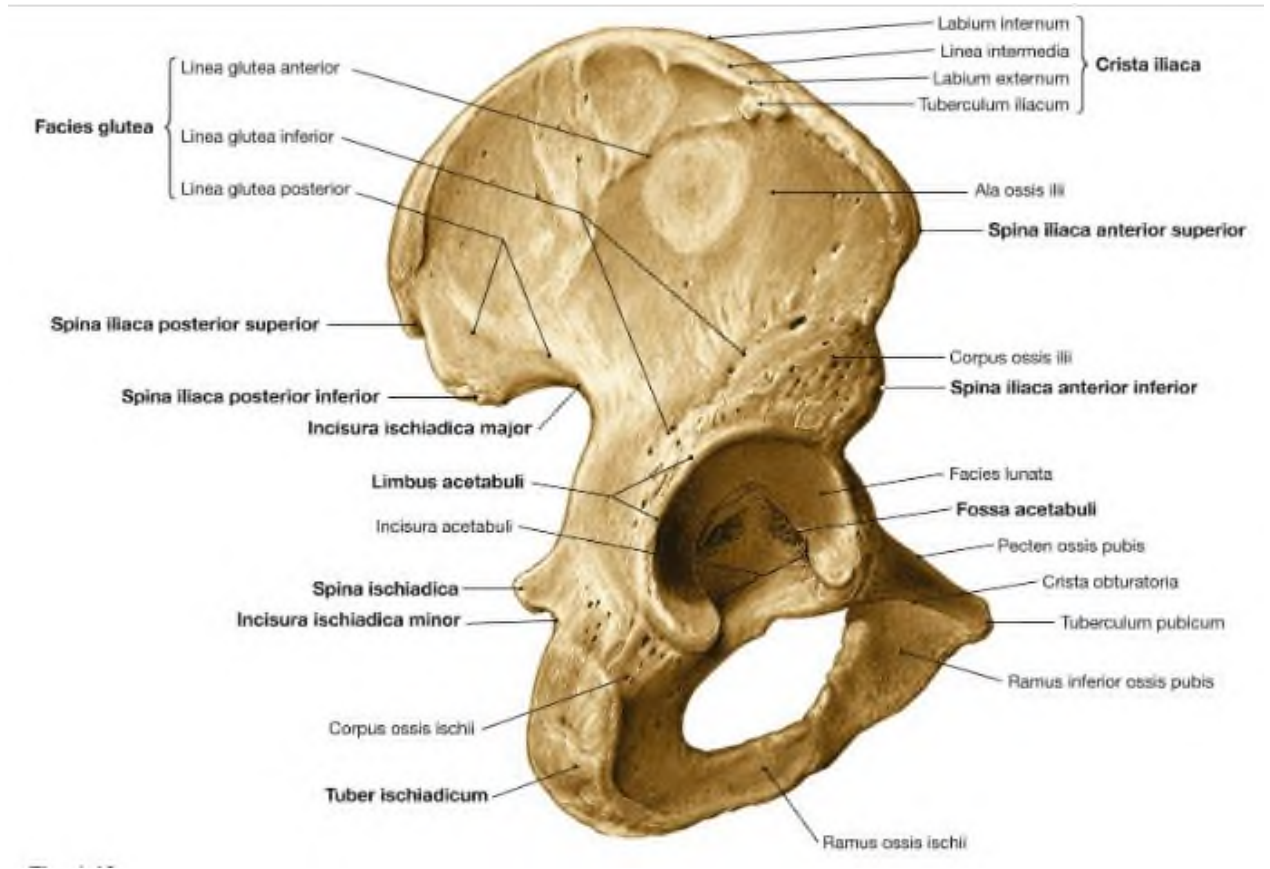
Kemik Anatomisi

Kalça kemiği (os coxae), os ilii, os ischii ve os pubis adı verilen üç kemikten oluşur. Kemik maturasyonu tamamlanmadan önce bu kemiklerin birleşim yerinin asetabulumda “Y” şeklinli bir kırıkda olduğu görülür. Bu nedenle bu kırıkdağa Y kırıkdağ veya triradiate kırıkdağ adı verilir (22). Asetabulumdaki bu üç kemik arasındaki füzyon 16-18 yaşlar arasında gerçekleşir (23). Her iki kalça kemiği, arkada sakroiliak eklem aracılığıyla sacrum, önde symphysis pubica aracılığıyla karşı kalça kemiği ile eklem yaparak pelvik halkayı oluşturur.



Şekil 1. Maturasyonu tamamlanmamış kalça kemiğinin lateral görünümü (Sobotta Atlas of Anatomy (24))

Asetabulumun eklem yüzeyinin ön üst 1/5'ini pubis, arka alt 2/5'inden daha fazlasını ve asetabular fossanın tabanını iskiüm, geri kalan yaklaşık 2/5'ini ilium oluşturur (22,25). Her iki pubik kemiğin inferior ve superior ramusları önde birleşerek, karşı taraf pubik kemiği ile symphysis pubica denilen eklemi yapar. Pubis iskiüm ile birleşerek foramen obturatumu oluşturur. İliak kemik asetabulum üst tarafındaki ala ossis ilii (iliak kanat) isimli geniş alanı oluşturur ve kalça kemiğinin en geniş parçasıdır. İliak kanadın üst kenarına crista iliaca ismi verilir. Spina iliaca anterior superior (SİAS), crista iliakanın ön kısmındaki çıkıntıdır.



Şekil 2. Erişkin kalça kemiğinin lateral görünümü (Sobotta Atlas of Anatomy (24))

Asetabulum: Asetabulum kalça kemiğinin lateral yüzünün merkezinde yer alan, yaklaşık yarım küre şekilli, açıklığı anteroinferiora bakan çukurdur. Asetabulum çukurunun tamamı eklem yüzeyine katılmaz. Yalnızca yaklaşık 2 cm genişlikte olan, yarımay şekilli, üzeri hiyalin kıkırdak ile kaplı facies lunata eklem yüzünü oluşturur. Bu kıkırdak, asetabulumun yük taşıyan üst kısmında daha kalındır (22). Asetabulum merkezindeki fossa acetabuli kıkırdak ile kaplı değildir, yağdan zengin sinovyal yumuşak doku ile örtülüdür. Asetabulum alt tarafında incisura

acetabuli denilen bir çentik vardır. Bu çentik ligamentum transversum acetabuli ile kapatılmıştır.

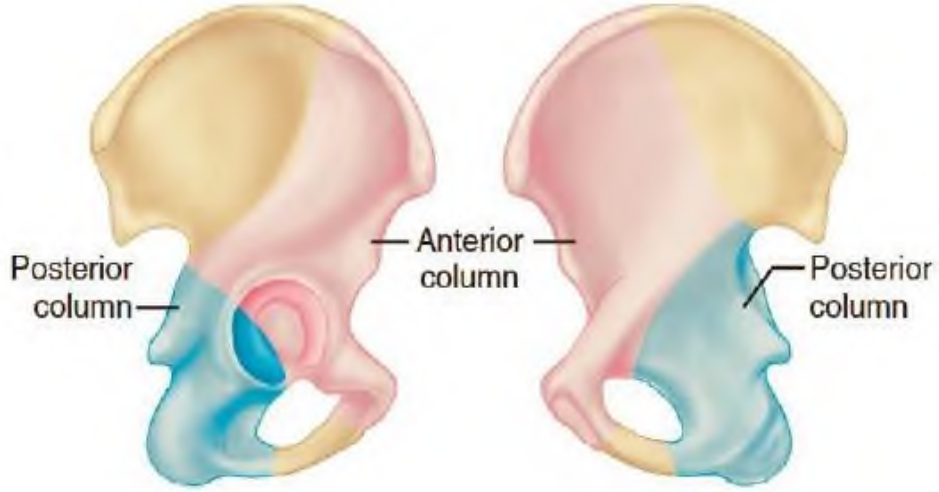
Asetabulum kenarındaki labrum acetabulare, konkav eklem yüzünü artıran, asetabulumu daha da çukurlaştıran ve bu sayede femur başının büyük çoğunluğunun kavranmasını sağlayan fibrokartilaj yapıda bir halkadır. Labrum acetabulare asetabulum çevresini çepeçevre sarar. Labrum acetabulare hem asetabulum kenarına hem de incisura acetabuliye örten ligamentum transversum acetabuliye tutunur.

Asetabulum anteversiyonu yaş, cinsiyet ve ırksal farklılıklar göstermekle birlikte ortalama 15-21 derecedir (1,3,10,17,26–28). Asetabular inklinasyon ise ortalama 40-50 derecedir (7,18,26,29,30).

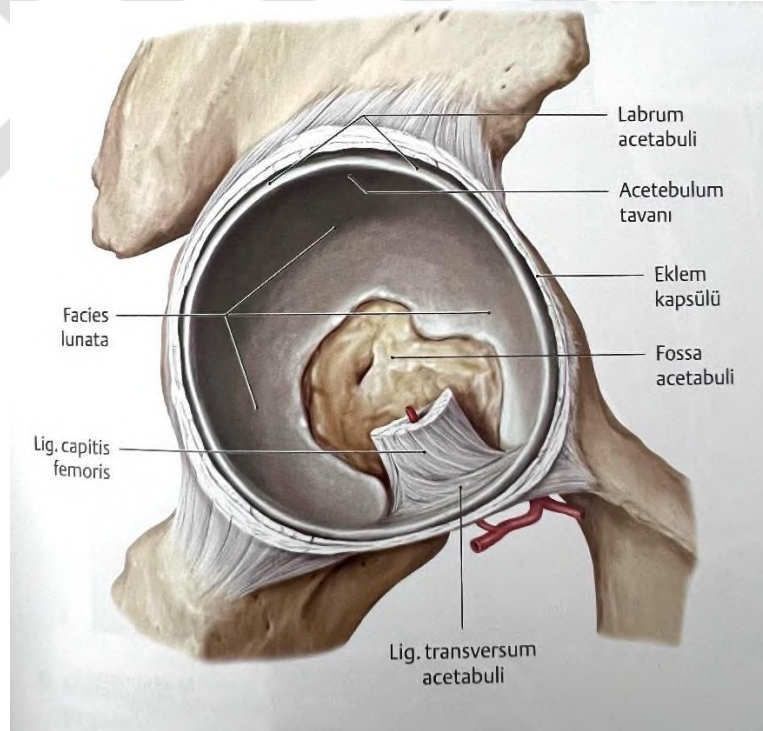
Asetabulum; anterior kolon, posterior kolon, anterior duvar, posterior duvar, medial duvar ve asetabular çatı denilen bölümlerden oluşan oldukça kompleks bir yapıdır. Judet ve ark. 1964 yılında asetabulum kolonlarını tanımlamışlardır (31). Asetabulumu biri önde diğeri arkada iki kolonun birleşiminin içbükeyliğinin oluşturduğunu tarif etmişlerdir (31). Asetabulum anterior ve posterior sütunları, 60 derecelik bir açıyla, kalın ve kompakt bir bölgede birleşirler, bu bölge asetabulum kırıklarında her zaman korunur (31). Bu bölge, sakroiliak eklem iliak eklem yüzeyinin alt ön kısmında bulunur.

Asetabulum posterior kolonu, anterior kolona göre daha geniş ve kalındır. Posterior kolon, yukarıdan aşağıya iskiyal tüberküle kadar uzanır. Posterior kolonu iskiyumun dikey kısmı ve hemen üzerindeki ilium oluşturur. Bu nedenle ilioiskiial kolon da denir. Posterior kolonun anterolateral yüzeyi, asetabulum arka kenarını ve eklem yüzünün arka kısmı oluşturur. Posterior kolonun medial yüzeyi ‘quadrilateral yüzey’ olarak adlandırılır.

Asetabulum anterior kolonu, posterior kolona 60 derecelik bir açıyla bağlanır ve anteromediale doğru oblik bir uzanım gösterir. Anterior kolonu iliumun küçük bir bölümü ve pubis oluşturur. Bu nedenle bu kolona iliopubik kolon da denir. Anterior kolonun posterolateral yüzeyi, asetabulum ön kenarı ve eklem yüzeyinin ön kısmını oluşturur. Anterior ve posterior kolon birleşerek bir kemer oluştururlar. Asetabular çatı bu iki kolonun birleşim yerinde ‘kilit taşı’ görevi gören iliak kemiğin oluşturduğu kompakt bir alandır.



Şekil 3 Asetabulum anterior ve posterior kolon (Campbell's Operative Orthopaedics)



Şekil 4 Asetabulum eklem yüzü (Prometheus Anatomi Atlası)

Femur: Vücudun en kuvvetli ve en uzun kemiğidir. Üst ucundaki caput femoris, asetabulum ile eklem yaparak kalça eklemine, alt ucu proksimal tibia ve patella ile eklem yaparak diz eklemine oluşturur. Her iki femur alt uçları anatomik pozisyonda birbirine üst

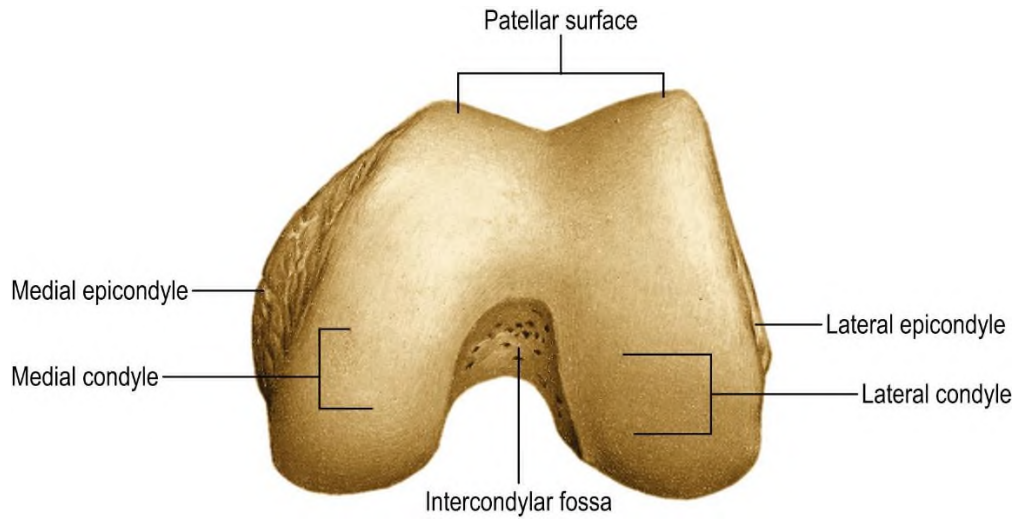
uçlarına göre daha yakındır, dolayısıyla anatomik pozisyonda femur uzanımı dik olmayıp içeriye doğru oblik seyirlidir.

Üst ucundaki anatomik yapılar *caput femoris* (femur başı) , *collum femoris* (femur boynu), *trokanter majör* ve *minör*dür. Femur başı küresel şekillidir ve büyük kısmı hyalin kıkırdak ile örtülüdür. Eklem yüzünün merkezinin hafif aşağısında bulunan *fovea capitis femoris* *ligamentum capitis femoris* yapışır. Femur başı ile gövdesi *collum femoris* aracılığıyla birbirine bağlanır. Femur boynu ile gövdesi arasındaki açıya *kollodiyafizer* açı denir. *Kollodiyafizer* açı bireysel ve ırksal farklılıklar göstermekle birlikte geniş kapsamlı bir çalışmada yetişkinlerde ortalama 127 derece bulunmuştur (32). Femur boynu, gövdeye göre genellikle hafif öne yönelimlidir. Buna *femoral anteverسیون* denir ve bireysel farklılıklar gösterebilmekle birlikte yaklaşık 10-14 derecedir (25). *Trokanter majör* femur üst ucunun lateralinde yer alan büyük çıkıntıdır. *Trokanter minör*, *trokanter majör*ün arka alt tarafında bulunan küçük çıkıntıdır. *Trokanter majör* ve *minörü* önde birleştiren çizgiye *linea intertrochanterica*, arkada birleştiren kenara ise *crista intertrochanterica* denir.

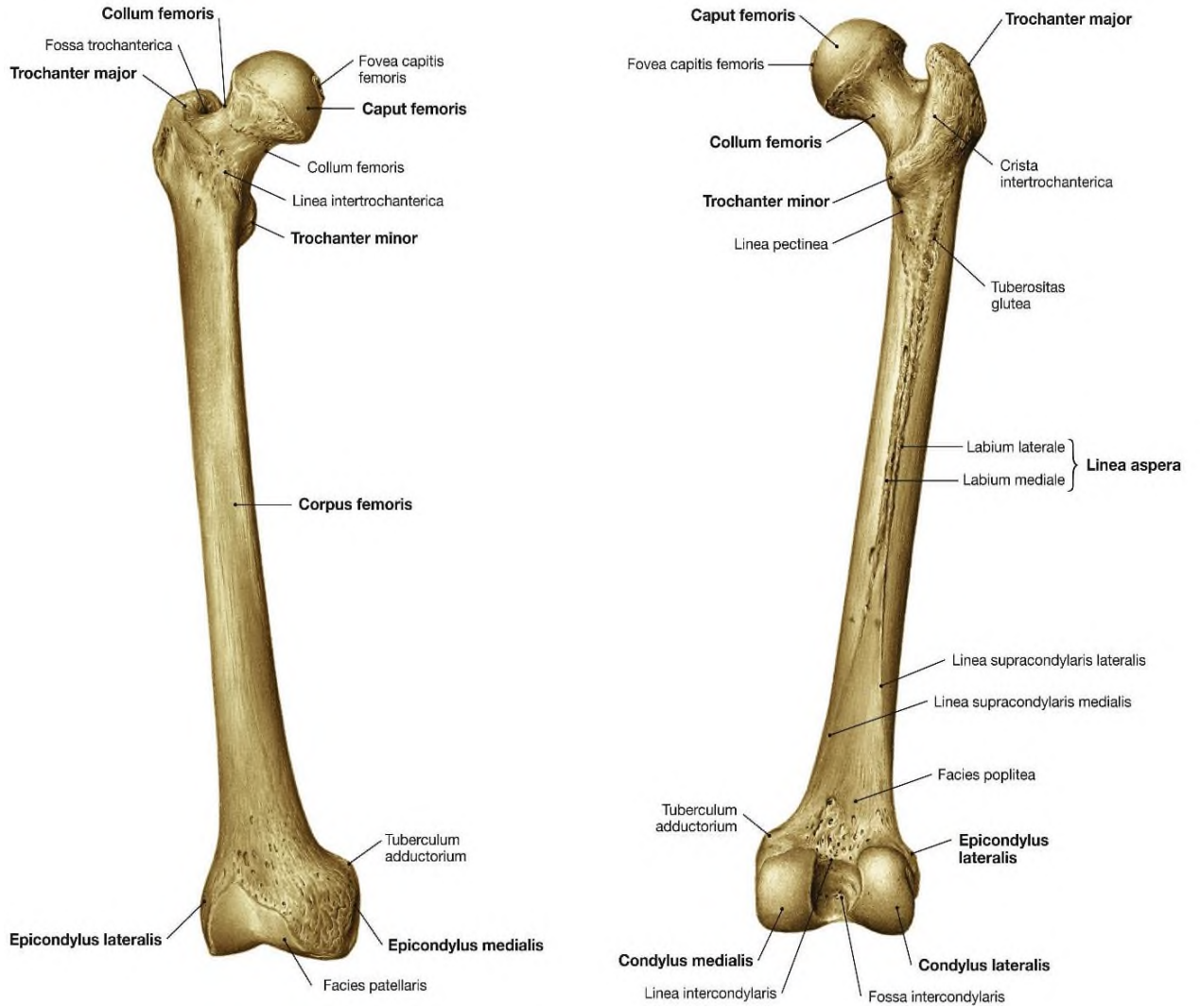
Silindirik yapıda olan femur üst ve alt ucu arasındaki femur gövdesine *corpus femoris* adı verilir. Femur gövdesi öne doğru hafif konveks şekillidir. Femur gövdesinin arka tarafında *linea aspera* denilen uzunlamasına bir kenar bulunur. Bu kenar gövdenin orta kısımlarında *labium mediale* ve *laterale* denilen iki kenar şeklindedir. Femurun alt ucuna doğru gidildikçe bu iki kenar birbirinden uzaklaşarak üçgen bir alan oluşturur ve bu alana *facies poplitea* denir.

Femur alt ucu üste kıyasla daha geniştir. Alt uçta *condylus lateralis* ve *medialis* adı verilen yüzü eklem kıkırdağı ile kaplı iki kondil bulunur. Bu iki yapı önde birbiri ile devamlılık göstererek *facies patellaris* denilen *patellofemoral* eklem yüzünü oluşturur. Arka tarafta kondiller arasındaki boşluğa *fossa intercondylaris* denir ve bu boşlukta *lig. cruciatum anterius* (ön çapraz bağ) ve *lig. cruciatum posterior* (arka çapraz bağ) yapışma yerleri bulunur.

Medial ve *lateral* kondillerin dış taraflarında *epicondylus medialis* ve *epicondylus lateralis* adı verilen kabarıklıklar bulunur. Bu kabarıklıklara *lig. collaterale medialis* ve *lig. collaterale lateralis* yapışır. *Epicondylus medialis*in üst ucunda *tuberculum adductorium* denilen çıkıntı bulunur. *Epicondylus medialis* ve *lateralis*in en çıkıntılı olduğu noktaları birleştiren çizgi *epikondiler aks* olarak adlandırılır.



Şekil 6. Distal femur eklem yüzü (Sobotta Atlas of Anatomy (24))



Şekil 5. Femur'un ön ve arkadan görünümü (Sobotta Atlas of Anatomy (24))

Kalça Eklem Kapsülü:

Eklemi saran, sıkı, kalın, fibröz bir bağ gibidir. Labrum acetabulareyi içine alacak şekilde üstte asetabulum kenarına önde labrum dış yüzüne ve incisura acetabuli kısmında kemik olmadığından lig. transversum acetabuliye ve bazı lifler for. obturatoriuma tutunur. Femur da ise önde linea intertrochantericaya, arkada crista intertrochantericanın hafif üst-iç tarafına tutunur. Kapsülün iç yüzü sinovyal membran tarafından döşenir. Sinovyal membran kapsül iç yüzünden devam ederek femur boynunun eklem kapsülü içerisinde kalan büyük bölümünü eklem kıkırdığına kadar örter.

Kalça Eklem Ligamentleri:

Kalça eklem ligamentleri kalça hareketleri sırasında kalçanın stabilitesi, hareketliliğini ve eklem kapasitesini etkiler (33).

Lig. İliofemorale: Ters Y şeklinde olmasından dolayı Y ligamenti olarak da adlandırılan kuvvetli bir bağdır. Tepesi anterior spina iliaca anterior inferiorun alt tarafına, tabanı linea intertrochantericaya tutunur. Uyluk ekstansiyonunu, adduksiyonunu ve tek ayak üzerine durma sırasında gövdenin karşıya doğru eğilmesini sınırlar.

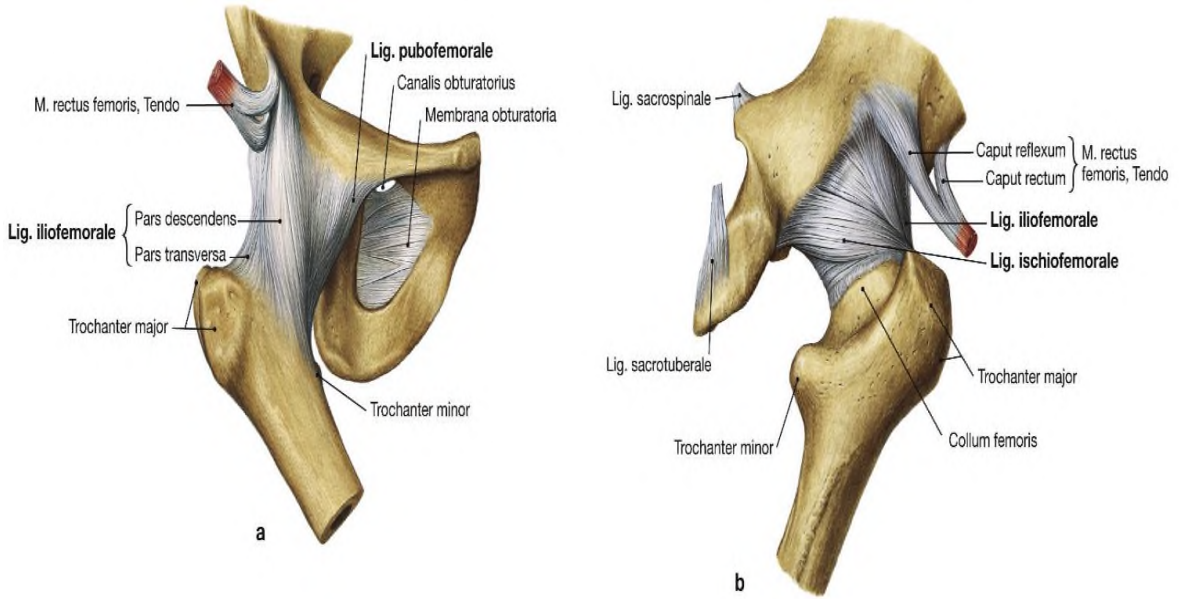
Lig. İschiofemorale: Asetabulum arka alt tarafından başlayan bu kuvvetli bağ iliofemoral ligamanın derinliklerine doğru spiral şeklinde seyrederak trokanter majöra tutunur. Kapsülün arka kısmını kuvvetlendirir. Uyluğun ekstansiyon ve iç rotasyonunu sınırlar.

Lig. Pubofemorale: Üçgen şekilli bağın tabanı üst pubik kol ve crista obturatoriaya tepesi ise linea intertrochantericanın alt iç kısmına tutunur. Kapsülü önden destekler, ekstansiyonu ve abduksiyonu sınırlar.

Zona Orbicularis: İschiofemoral, pubofemoral, iliofemoral bağlardan ayrılan liflerin femur boynunu sarması ile oluşur ve bu bağların kemiğe tutunumunu artırır. Kalça stabilitesinde önemli bir etmendir.

Lig. Transversum acetabuli: Incisura acetabulinin kenarlarına tutunup bu boşluğu kapatarak kalça eklemine damar ve sinirlerinin geçtiği bir delik oluşturur. Labrumun bir devamıdır ancak kıkırdak yapıda değildir.

Lig. Capitis Femoris: Hafif yassı ve üçgen şekilli bu bağın tabanı incisura acetabulinin iki ucuna ve biraz da transvers asetabular ligamana, diğer ucu fovea capitis femorise tutunur. içinden geçen obturator arterin arteria centralis dalı çocuklarda femur başının beslenmesinde önemlidir.



Şekil 7. Kalça ekleminin ligamentleri (Sobotta Atlas of Anatomy (24))

Kalça ve Etrafının Kas Anatomisi

İliak Bölge Kasları

M. Psoas Majör: En alt torakal vertebranın alt yüzeyi, lomber vertebraların transvers prosesi ve aralardaki intervertebral disklerden oluşan kompleks bir başlangıcı vardır. iliak ligamanın arkası, eklem kapsülünün önünden ilerler, m. iliopsoası oluşturmak üzere m. iliacus ile birleşerek trokanter minöre yapışır. Uyluğa fleksiyon yaptırır. Her iki uyluk sabitken iki taraflı kasılması gövdeyi ve pelvisi öne bükür. Lomber spinal sinirlerin ventral dalları tarafından uyarılır.

M. Psoas Minör: İnsanların %40-60'ında bulunmaz (34). Psoas majör kasının ön tarafında ve tamamen karın içi seyirlidir.

M. İliacus: Başlangıcı iliak fossa, iliak krest, sakrumun laterali, ön sakroiliak ve iliolumbar ligamentlerdendir. M. psoas majör ile birlikte trokanter minöre ve bazı lifleri trokanter minörün distalinde femura yapışır. Femoral sinir tarafından uyarılır.

Gluteal Bölge Kasları:

M. Tensor Fascia Lata: İliak krestin dış dudağının ön tarafı ve SİAS' tan başlar. Kas gövdesi kısadır, iliotibial tracta bağlanarak proksimal tibianın lateralinde sonlanır. Süperior gluteal sinir tarafından uyarılır.

M. Gluteus Maximus: Gluteal bölge kaslarının en büyüğü ve en dışıdır. Dikdörtgen şekilli büyük kas kitlesi septalarla geniş fasiküllere ayrılmıştır. Üzerindeki yağ fasyası ile kalçanın şeklini veren ana kastır. Başlangıcı iliumun gluteal yüzü, sakrum ve koksiks kemiklerindendir. Proksimal femur ve iliotibial tract'ta sonlanır. İnferior gluteal sinir tarafından uyarılır.

M. Gluteus Medius: İliak kanadın dış yüzeyinden başlar, aşağıda tendonlaşır ve sıklıkla gluteus minimus tendonu ile birleşerek trokanter majöre yapışır. Kalça abduktör mekanizmasında önemli bir yeri vardır. Süperior gluteal sinir tarafından uyarılır.

M. Gluteus Minimus: Gluteus mediusun derinindedir. İliumun dış yüzeyinden başlar, trokanter majörde sonlanır. Süperior gluteal sinir tarafından uyarılır.

M. Piriformis: Superior gluteal sinir tarafından uyarılır. Kalçanın dış rotator kaslarından. Varyasyonlar sık olmakla birlikte siyatik sinir bu kasın bölünmüş iki başı arasından, kasın altından veya üstünden geçebilir (35).

M. Obturatorius Internus: Dış rotator kaslardandır. Obturatorius internus siniri tarafından uyarılır.

M. Obturatorius Externus: Dış rotator kaslardandır. Obturator sinir tarafından uyarılır.

M. Gemellus Superior: Dış rotator kaslardandır. Obturator internus siniri tarafından uyarılır.

M. Gemellus Inferior: Dış rotator kaslardandır. Quadratus femoris siniri tarafından uyarılır.

M. Quadratus Femoris: Dış rotator kaslardandır. Quadratus femoris siniri tarafından uyarılır.

Uyluk Bölgesi Kasları:

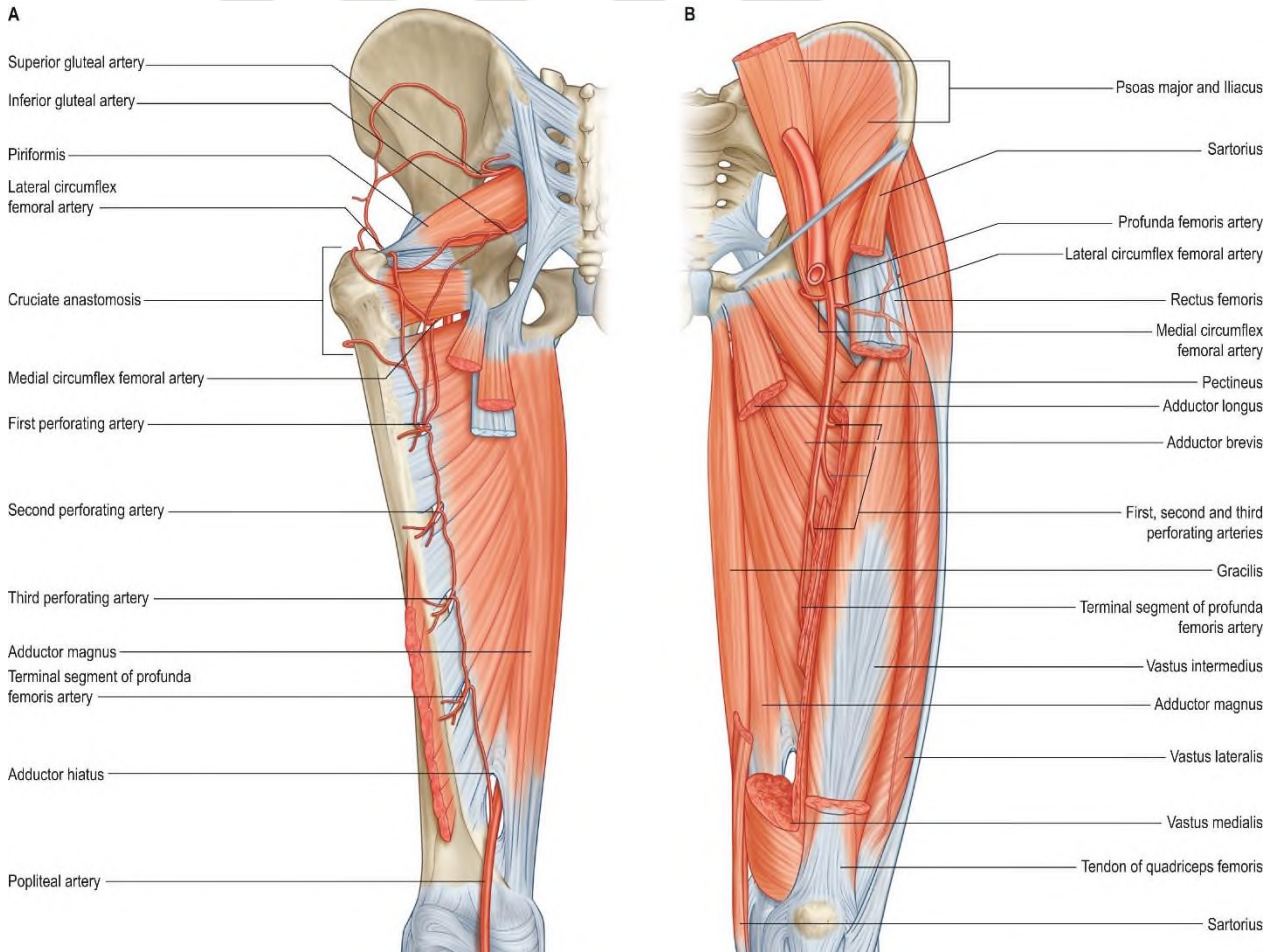
Anterior Kompartman Kasları: Bu kaslardan rectus femoris ve sartorius hem kalça hem diz eklemine hareket verirken, vastus lateralis, vastus medialis ve vastus intermedius yalnızca diz eklemine hareket verir.

M. Sartorius: Vücudun en uzun kasıdır. SİAS' tan başlar, gracilis ve semitendinosus kasları ile pes anserinus oluşturarak proksimal tibia medialine yapışır. Femoral sinir tarafından uyarılır.

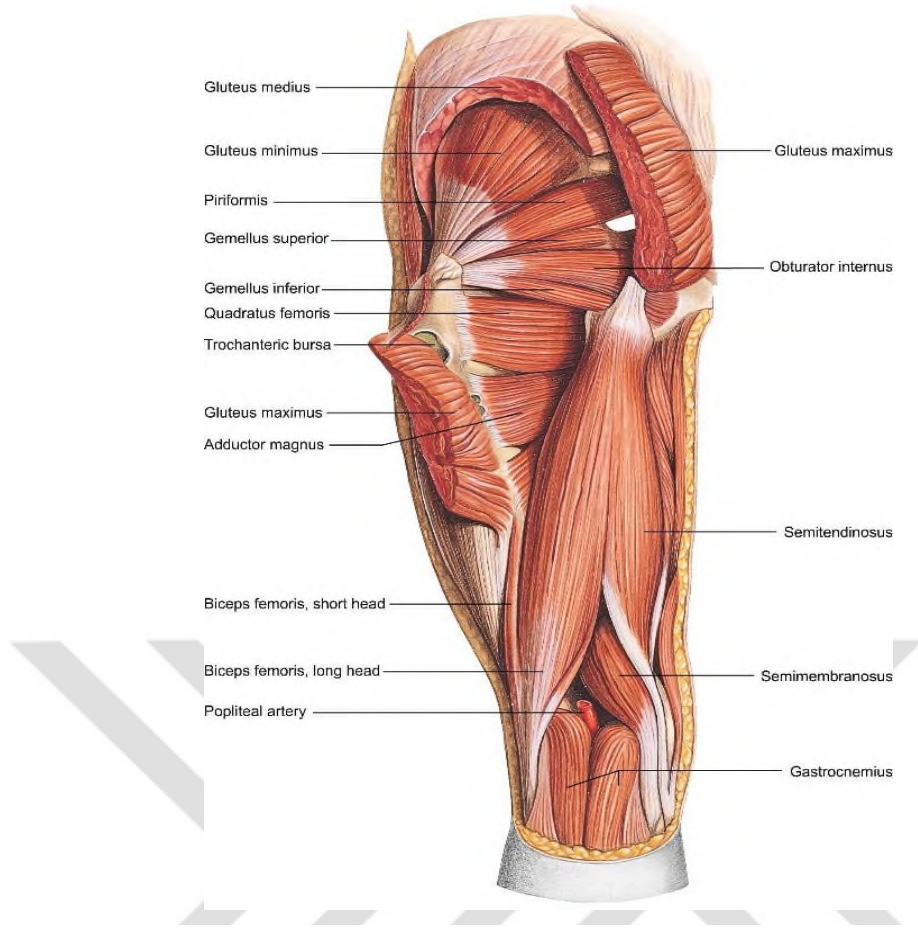
M. Quadriceps Femoris: Dizin en güçlü ekstensör kasıdır. Rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, vastus intermedius kaslarının birleşmesiyle oluşur. Rectus femoris dize ekstansiyon, kalçaya fleksiyon hareketi yaptırırken diğer üç kas yalnızca dize ekstansiyon yaptırır. Femoral sinir tarafından uyarılır.

Adduktör Kompartman Kasları: M. adductor magnus, m. adductor longus, m. adductor brevis, m. gracilis ve m. pectineus kaslarından oluşur. Bu kasların hepsi kalça eklemi geçer ancak sadece gracilis kası hem kalça hem diz eklemi geçer. Bu kaslar genel olarak uyluğa adduksiyon yaptırırlar ancak yürüme sırasında gövdenin dengelenmesi, duruş sırasında postürün sağlanması gibi karmaşık görevleri vardır.

Posterior Kompartman Kasları: Hamstring kasları olarak adlandırılan m. semitendinosus, m. semimembranosus ve m. biceps femoris isimli üç kastan oluşmaktadır. Bu kasların hepsi diz ve kalça eklemi geçerek diz eklemine fleksiyon kalça eklemine ekstansiyon hareketi yaptırırlar. Bu kaslar siyatik sinir tarafından uyarılırlar.



Şekil 8. Kalça bölgesi kaslarının önden görünüşü (Gray's Anatomi Atlası)



Sekil 9 Kalça bölgesi kaslarının arkadan görünümü(Gray's Anatomi Atlası)

ASETABULUM VE PROKSİMAL FEMUR POZİSYONU:

Kalça eklemine stabilitesini ve işlevselliğini asetabulum ve proksimal femur arasındaki ilişki belirler. Asetabulum ve kalça eklemi arasındaki oryantasyon femoroasetabular sıkışma, osteoartrit, kalça ağrısı gibi patolojik durumlarla ilişkilidir (1–3). Ayrıca total kalça protezi yapılan hastalarda asetabular ve femoral komponentlerin pozisyonu; protezin stabilitesi, ömrü, polietilen aşınma durumu, çıkık, periprotetik osteoliz, kalça ağrısı, kanda metal iyonlarının artması gibi durumlarda ilişkilidir (4–7). Bu nedenle doğal kalça anatomisinin ve proksimal femur ile asetabulum arasındaki oryantasyonun bilinmesi hem femoroasetabular sıkışma, osteoartrit gibi kalça patolojilerinde hem de total kalça protezi yapılan hastalarda oldukça önemlidir.

Asetabular oryantasyonu tariflemek için birkaç terim kullanılmıştır; bunlar anteverسیون, inklinasyon, fleksiyon, açıklık, kavrama, abdüksiyon ve tilttir (12). Bunlar içerisinde en kabul görmüş olanlar anteverسیون ve inklinasyondur (3).

Asetabular Anteversiyon:

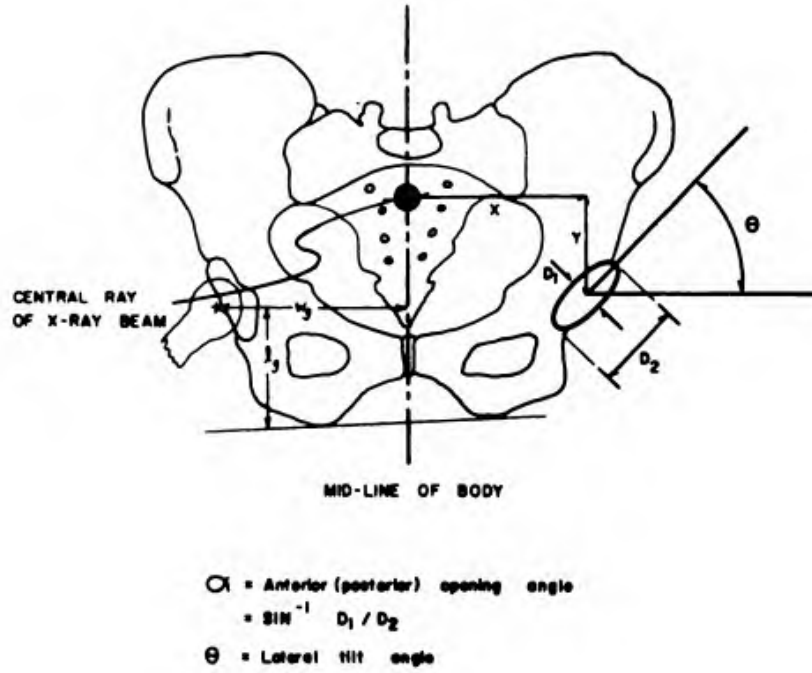
Asetabular anteversiyon asetabulum açıklığının yatay düzlemde anteriora doğru eğikliğidir. Asetabulum ön ve arka kenarlarını birleştiren çizginin sagittal düzlem ile yaptığı açı olarak tariflenir (1). Bu açı ' α ' açısı olarak da adlandırılır (8,36,37). Murray anteversiyon ve inklinasyonu anatomik, operatif ve radyografik olarak üç farklı şekilde tanımlamıştır (3). Jamali ve ark. asetabular anteversiyonu kranial, kaudal ve santral olarak tanımlamışlardır (28). Asetabulum anteversiyonu yaş, cinsiyet ve ırksal farklılıklar göstermekle birlikte çeşitli çalışmalarda ortalama 15-21 derece arasında bulunmuştur (1,3,10,17,26–28,38).

Asetabular anteversiyon ölçümü için literatürde çeşitli yöntemler tariflenmiştir (21,39). Direkt grafi üzerinden asetabular anteversiyon ölçümleri ile ilgili çeşitli yöntemler tanımlanmıştır (8,28,40). Direkt grafiler ile yapılan ölçümler hastanın pozisyonu ve pelvik tiltten etkilenmektedir, bu nedenle grafi çekilirken pelvis mutlaka nötral pozisyonda olmalıdır (1,8). Lewinnek ve ark. total kalça artroplastisi yapılan hastalarda, pelvis anteroposterior (AP) grafisinde asetabular anteversiyon ve inklinasyon ölçümlerini tariflemişlerdir (**Şekil 10**). AP pelvis grafisinde, asetabular cup etrafındaki radyo opak işaretleyicinin oluşturduğu elipsin uzun ve kısa çapı arasındaki oranın, asetabular anteversiyonu sayısal olarak gösterdiğini tariflemişlerdir (8). Jamali ve ark. çalışmalarında, AP pelvis grafisinde, asetabulum anterior ve posterior kenarlarının birbirinin üzerine binmesi ile oluşan 'Cross-over Sign' işaretinin, asetabular anteversiyonun 4 derece altında olduğunu ve asetabulum retroversiyonunu gösterdiğini tariflediler (**Şekil 11**) (28). Başka bir çalışma AP radyografide asetabulum anterior ve posterior kenarları arasındaki mesafenin 1,5 cm olması gerektiğini, bu mesafenin artışının asetabular anteversiyon artışı, azalışının asetabular anteversiyon azalışını gösterdiğini tariflemiştir (**Şekil 12**) (1).

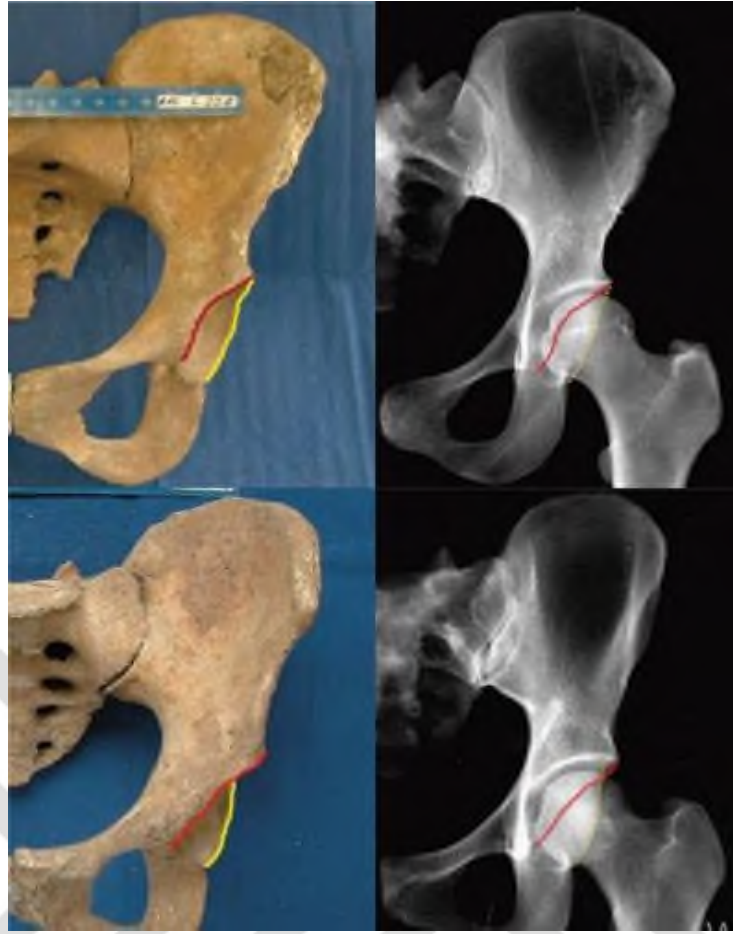
Asetabular anteversiyonun direkt grafi üzerinden ölçümündeki zorluklar, teknik problemler ve BT kullanılarak ölçümünde sayısal verilerin daha kolay elde edilebiliyor oluşu BT ile ölçümü yaygın kullanılan yöntem haline getirmiştir (41–43). Ancak BT görüntüleri üzerinden yapılan ölçümler de hastanın pozisyonu, pelvik tilt, ölçümlerin hangi seviyeden yapılacağı gibi etkenlerden etkilenmektedir ve özenle çekilmiş BT görüntüleri gerektirmektedir. Yapılan çalışmalarda anterior pelvik tiltin asetabular anteversiyonu azalttığı, posterior pelvik tiltin ise arttırdığı bulunmuştur (13,15,16,44). BT ile yapılan ölçümlerin doğruluğu için çekim esnasında pelvis nötral pozisyonda olmalı, kesitler her iki kalçayı aynı seviyede taramış olmalıdır (1). Pelvisin nötral pozisyonda tutulması için BT çekimi sırasında hastanın pron pozisyonunda yatması, her iki SİAS ve simfizis pubisin çekim masasına temas etmesi ve ayak bileklerinin altına yerleştirilen destekler ile ayaklar ve alt ekstremiteler birbirine

paralel olması gerekmektedir (1,9,17,18). Bu nedenlerle standart 2 boyutlu BT kesitleri kullanılarak yapılan ölçümlerde hatalı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.

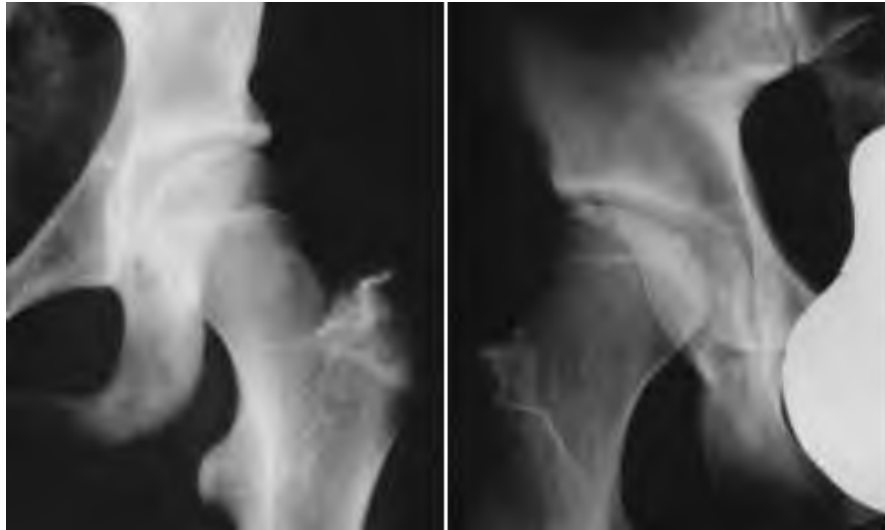
Standart 2 boyutlu BT görüntüleri ile yapılan ölçümlerdeki bu hata kaynakları ve teknik zorluklar nedeniyle 3 boyutlu (3D) olarak düzenlenmiş BT görüntüleri kullanılarak yapılan ölçüm yöntemleri tariflenmiştir (7,13,21,45). Bu yöntemlerde genellikle standart çekilmiş bir BT üzerinden bilgisayar programları ile 3D kemik modellemeleri oluşturularak ölçümler yapılır. 3 boyutlu ölçümler hasta pozisyonu, pelvik tilt, BT kesitinin seviyesi gibi hata kaynaklarından etkilenmediğinden daha tutarlı ve doğru veriler verdiği düşünülmektedir (13,21,45). 1990 yılında Murphy ve ark. BT görüntülerinden 3 boyutlu modellemeler yaparak asetabular anteversiyon ve inklinasyon ölçümleri yapmıştır. 1994 yılında Abel ve ark. yaptıkları çalışmada 3D modellenmiş BT ile asetabular anteversiyon, femoral anteversiyon, femur boyun-şaft açısını ölçmüş ve sonuçların çekim pozisyonu, pelvik tilt, alt ekstremité pozisyonu gibi durumlardan etkilenmediğini bildirmişlerdir (13).



Şekil 10. Pelvis AP grafisinde asetabular anteversiyon ve inklinasyon ölçümü (Lewinnek ve ark (8) 'dan alınmıştır)

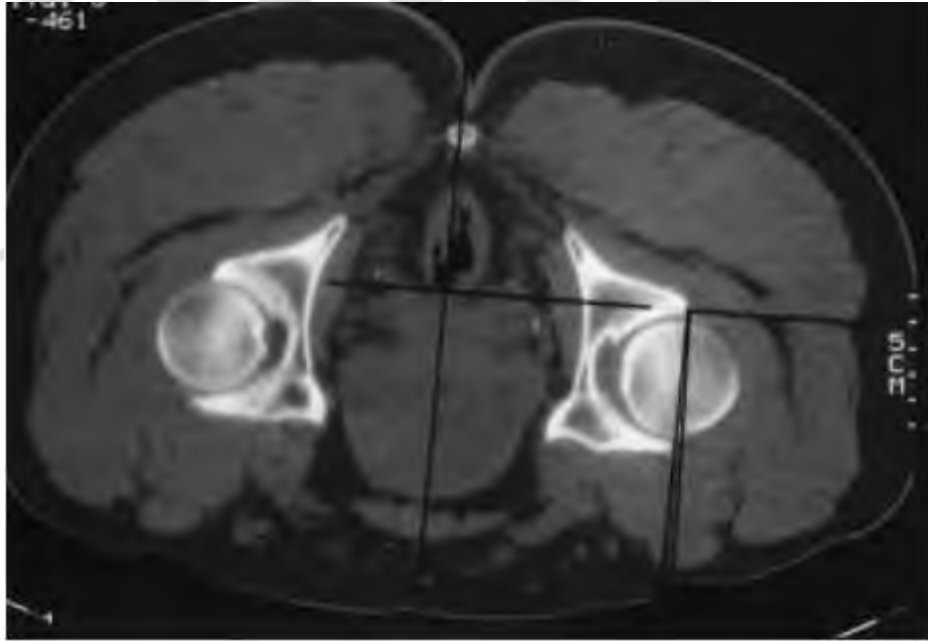


Şekil 11. Cross-over Sign (Jamali ve ark (28) 'dan alınmıştır.)

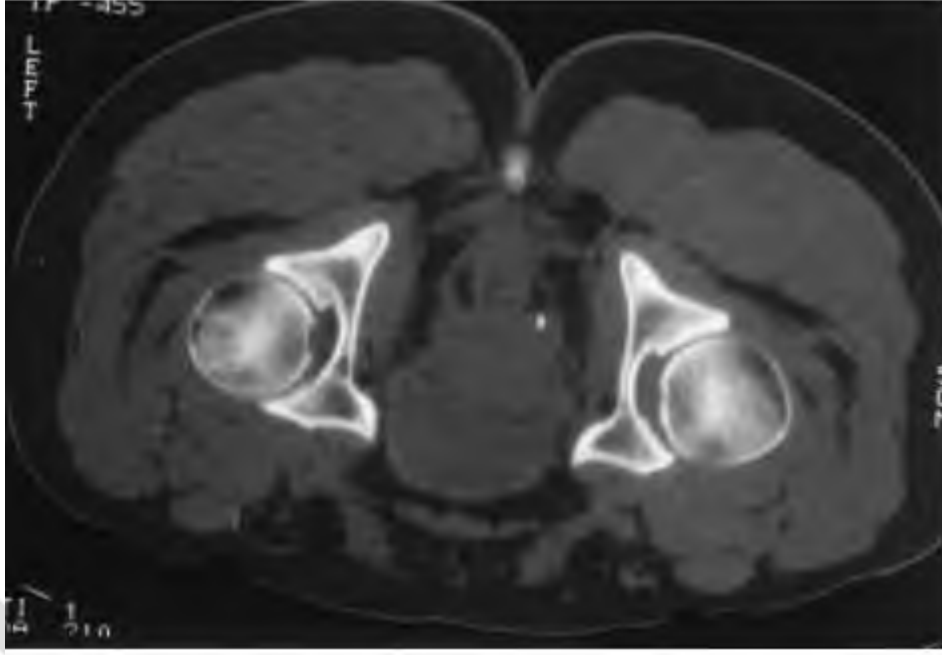


Şekil 12. AP pelvis grafisinde artmış ve azalmış asetabular anteversiyon (Tönnis ve ark (1) 'dan alınmıştır.)

BT kesitlerinde ölçülen asetabular anteversiyon, asetabulum anterior kenarı ve posterior kenarlarına teğet çizilen bir çizgi ile sagittal düzlem arasındaki açıdır (1). Tönnis ve ark. tariflediği yöntemde, BT kesitinde sagittal düzlemi bulmak için pelvisin her iki yarısının tam ortasına ön-arka doğrultuda bir çizgi çizilir, asetabulum anterior ve posterior kenarlarına teğet geçen ikinci bir çizgi çizilir, asetabular anteversiyon bu iki çizgi arasındaki açıdır (**Şekil 13**) (1). Asetabular anteversiyonun ölçüleceği BT kesiti, genellikle femur başı çapının en büyük olduğu kesit olarak seçilir (14). Tönnis ve ark. açı ölçümü yapılacak kesitin, femur başının hem ön hem arkasının asetabulum ile tam olarak uyumlu olduğu kesit olarak seçilmesini önermişlerdir (**Şekil 13**) (1). Bu seviyeden daha distaldeki kesitlerde asetabulum ile femur başı anterioru arasındaki temas azalırken asetabular anteversiyonun daha yüksek ölçüldüğü görülür, daha proksimaldeki kesitlerdeyse femur başı anterioru ile asetabulum arasındaki temas artarken ölçülen anteversiyon azalır (**Şekil 14**) (1).



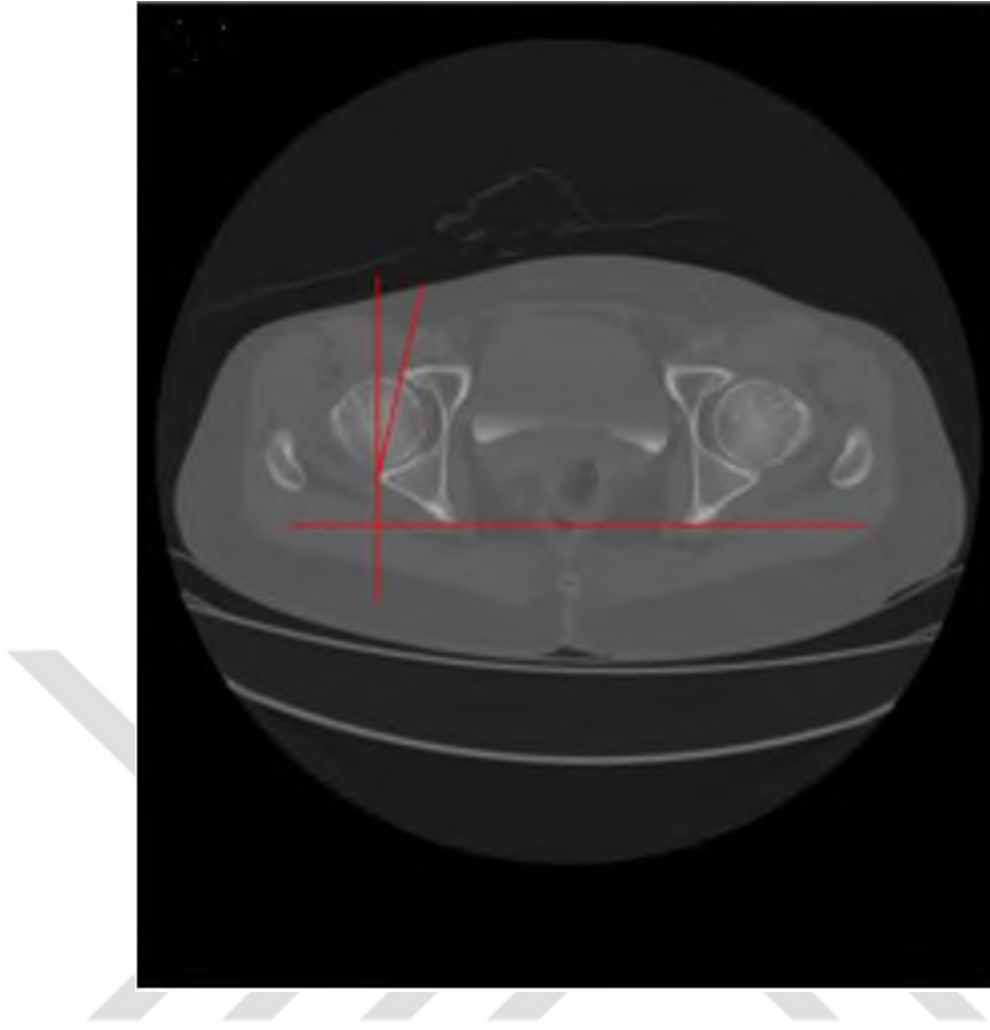
Şekil 13. İki boyutlu (2D) BT ile asetabular anteversiyon ölçümü (Tönnis ve ark (1) 'dan alınmıştır.)



Şekil 14. Distal seviye BT kesiti, artmış asetabular anteversiyon (Tönnis ve ark (1) 'dan alınmıştır.)

Şekil 14' de distal seviyeli BT kesitinde, sağ tarafta femur başı anterioru ile asetabulum arasındaki temasın azaldığı, femoral anteversiyonun arttığı görülmektedir.

2 boyutlu BT kullanılarak asetabular anteversiyon ölçümü yapılan başka bir yöntemde (21) her iki iskiyal tüberositte işaretlenen özdeş iki noktayı birleştiren yatay bir çizgi çizilir, daha sonra bu çizgiye dik olarak ikinci bir çizgi çizilir. Üçüncü çizgi asetabulum anterior ve posterior kenarlarına teğet olacak şekilde çizilir. Dikey çizgi ile asetabulum kenarlarına teğet çizilen çizgi arasındaki açı asetabular anteversiyon derecesidir (Şekil 15).

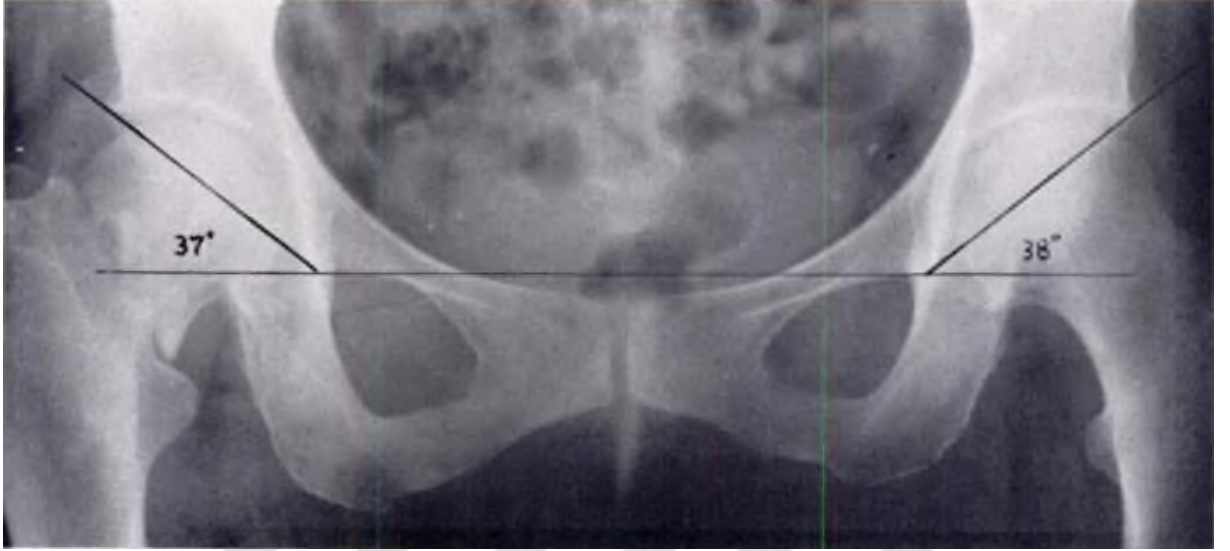


Şekil 15. 2 boyutlu BT ile asetabular anteversiyon ölçümü (Park ve ark (21) ‘dan alınmıştır.)

Asetabular İnklinasyon:

Asetabulum açıklığının koronal planda inferiora doğru olan eğikliğidir. Murray operatif, anatomik ve radyolojik olmak üzere 3 farklı inklinasyon tanımı yapmıştır (3). Radyolojik inklinasyon, koronal planda asetabular eksenin transvers eksen ile yaptığı açıdır (8,12,36). Bu açı ‘lateral tilt açısı’ veya ‘teta: θ açısı’ olarak da adlandırılır (**Şekil 10**) (8,37). Asetabular inklinasyon, asetabular abdüksiyon olarak da adlandırılır (38). Anatomik inklinasyon asetabular planın transvers plan ile yaptığı açı olarak tariflenir (3). Asetabular inklinasyon bireysel farklılıklar göstermekle birlikte yaklaşık 40-50 derecedir (7,18,26,29,30). Murphy ve ark. normal adölesan ve genç erişkinlerde ortalama asetabular inklinasyonu 53 derece olarak bildirmiştir (38).

AP pelvis grafisinde ölçülen ‘Sharp açısı’ koronal planda asetabulumun inferolateral eğimini yani asetabular inklinasyonu hesaplamada en kullanışlı yöntemlerdendir (46). Bu açı AP pelvis grafisinde asetabulumun en süperolateral noktası ile gözyaşı damlası işaretinin en distal noktasını birleştiren çizgi ile her iki gözyaşı işaretinin en distal noktalarını birleştiren çizgi arasındaki açıdır. (Şekil 16) (47).



Şekil 16. Sharp açısı (Sharp (47) 'dan alınmıştır.)

Direk grafi ile asetabular inklinasyon tahmininde en yaygın kullanılan yöntemlerden birisi de Tönnis açısıdır (46). Asetabulumun yük binen sklerotik kısmının en medial noktası ile asetabulum dış kenarını birleştiren çizginin, transvers pelvik aks ile yaptığı açıdır 0-10 derece arası normal kabul edilir (Şekil 17) (46). Lewinnek ve ark. da pelvis AP grafisinde asetabular cup inklinasyonunu, asetabular komponentin en inferomedial ve süperolateral noktalarını birleştiren çizgi ile her iki iskiyal tüberositin en distal noktalarını birleştiren çizgi arasındaki açı olarak tariflemişlerdir (Şekil 10) (8).



Şekil 17. Tönnis açısı (Welton ve ark (46) ‘dan alınmıştır.)

BT ile asetabular inklinasyon ölçümünde pelvik inklinasyon ve hasta pozisyonunun etkisini en aza indirmek için nötral pozisyonda çekilmiş BT görüntülerine ihtiyaç vardır (18). Pelvisin nötral pozisyonu BT çekimi esnasında hasta supin pozisyonunda yatıp, her iki SİAS ve simfizis pubis çekim masasına temas ettiğinde elde edilebilir (17,18). Bir çalışmada asetabular inklinasyon BT görüntülerinin AP topogramı üzerinden ölçülmüştür (18). Bu yöntemde direk grafide olduğu gibi AP topogram görüntüsü üzerinden asetabulum gözyaşı damlası ile lateral asetabulum kenarını birleştiren çizgiyle her iki iskial tüberositi birleştiren çizgi arasındaki açı ölçülerek asetabular inklinasyon bulunmuştur (**Şekil 18**) (18).



Şekil 18. Pelvis BT' nin AP topogramı üzerinden asetabular inklinasyon ölçümü (Stem ve ark (18)'dan alınmıştır.)

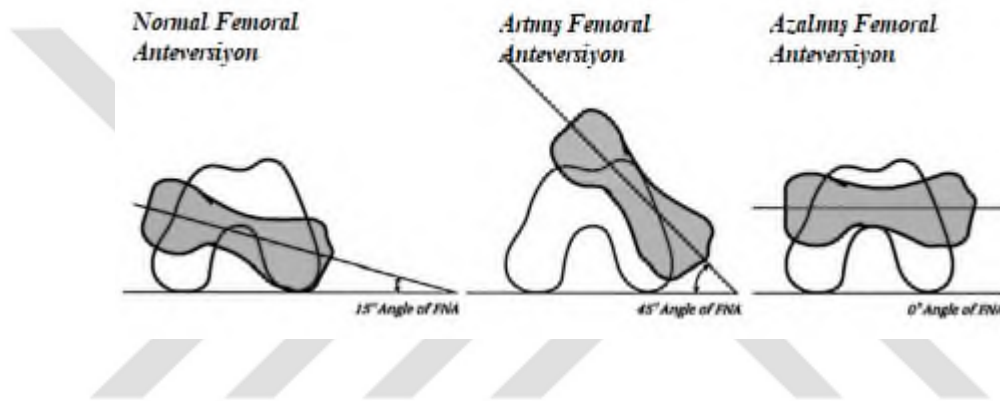
2 boyutlu BT kullanılarak asetabular inklinasyonun ölçüldüğü başka bir çalışmada standart aksiyel BT kesitlerinden remodelize edilerek elde edilen koronal kesitler üzerinden ölçüm yapılmıştır (21). Koronal BT kesitinde her iki iskial tüberositlerin en alt kısmındaki iki noktayı birleştiren bir çizgi ile asetabulum kenarının süperolateral ve inferomedial noktalarını birleştiren çizgi arasındaki açı ölçülerek asetabular inklinasyon bulunmuştur (**Şekil 19**) (21).



Şekil 19. Koronal BT kesitinden asetabular inklinasyon ölçümü

Femoral Anteversiyon:

Femoral anteversiyon, aksiyel düzlemde femur boynunun femur gövdesi ve distal femura göre anteriora doğru eğikliğidir (**Şekil 20**). Aksiyel planda femur boynu eksenini ile distal femoral eksen arasındaki açı olarak tariflenen femoral anteversiyon, femoral versiyon veya femoral torsiyon olarak da tariflenir ve femurun bükülme derecesini gösterir (2). Normal olarak kabul edilen femoral anteversiyon bireysel farklılıklar gösterebilmekle birlikte yaklaşık 10-14 derecedir (25). Femoral anteversiyon bireyler arasında yaklaşık 30 dereceden fazla farklılık gösterebilir (2). Birçok çalışmada kadınlarda femoral anteversiyon erkeklere göre daha yüksek değerlerde bulunmuştur(2,48–50).



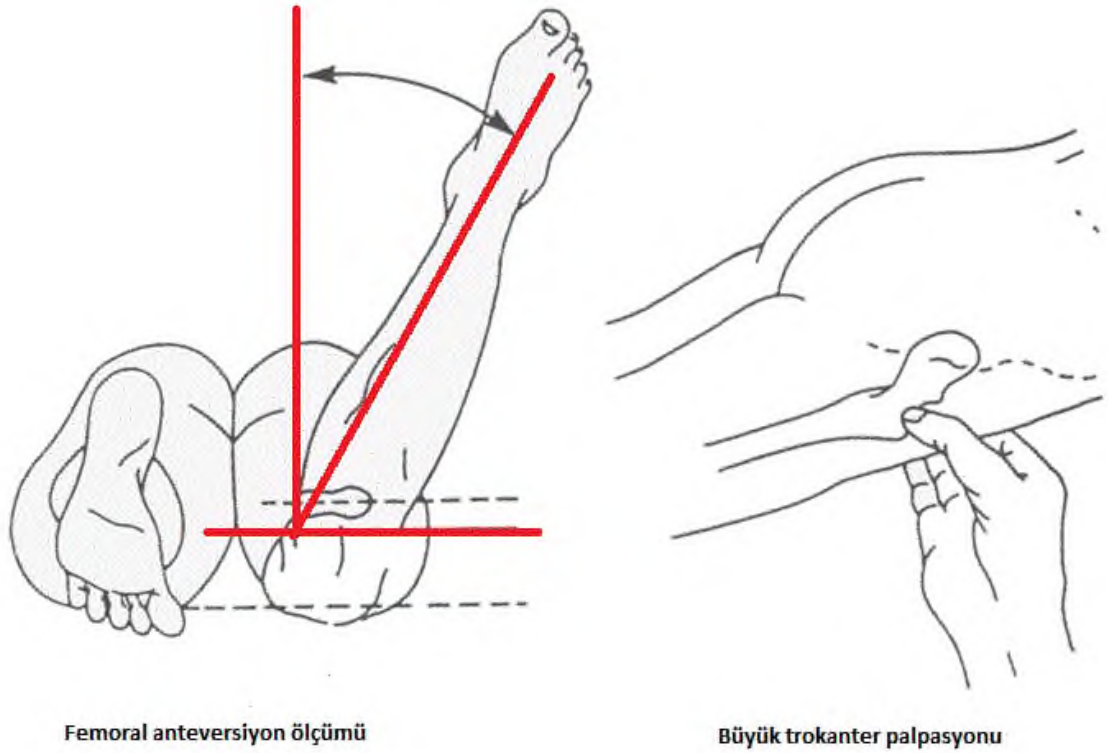
Şekil 20. Femoral anteversiyonun şematik görünümü (Cibulka' dan alınmıştır (51))

Femoral anteversiyon artması veya azalması çeşitli klinik sonuçlar ile kendini gösterir. Femoral anteversiyon artışı pelvik instabilite, yürüme bozuklukları, ön çapraz bağ rüptürüne yatkınlık, patellofemoral instabilite, osteoartrit, femoroasetabular sıkışma gibi çok sayıda ortopedik patoloji ile ilişkili bulunmuştur (1,2). Femoral anteversiyon azalması ise femur başı epifiz kayması, labral yırtıklar ve kıkırdak hasarı ile ilişkili bulunmuştur (1). Artmış femoral anteversiyonda içe dönük yürüme, azalmış femoral anteversiyonda ise dışa dönük yürüme görülür.

Femoral anteversiyon ölçümünde klinik muayene, direk radyografiler, ultrasonografi (USG), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve bilgisayarlı tomografi kullanılan yöntemlerdir.

Fizik muayenede artmış femoral anteversiyon kendisini alt ekstremitenin artmış iç rotasyonu, azalmış femoral anteversiyon ise iç rotasyonun azalması ile gösterir (52). Femoral

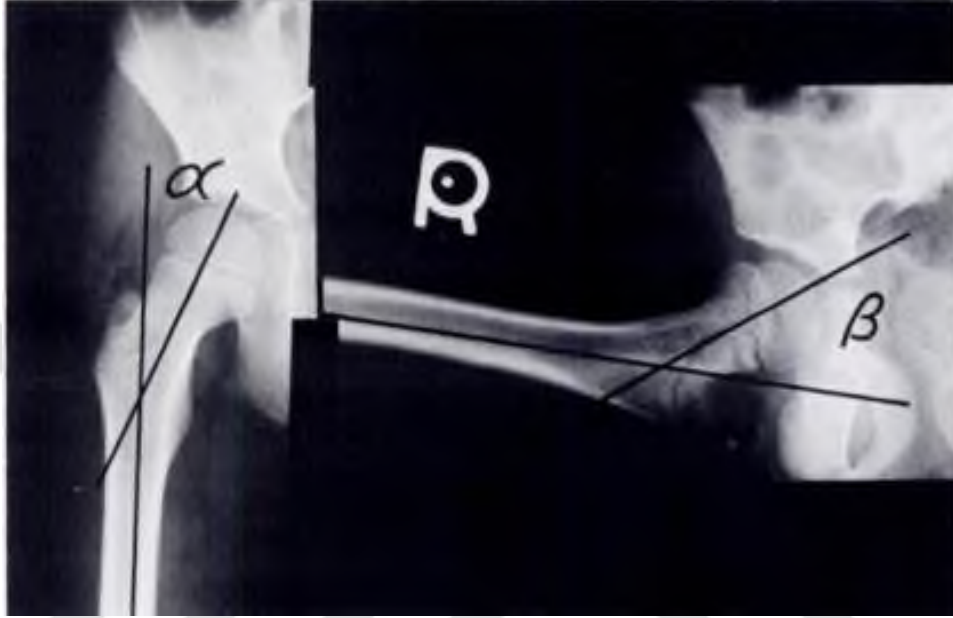
anteversiyonun fizik muayene ile ölçümünde Craig testi {Trochanteric Prominens Angle Test (TPAT)} kullanılabilir (**Şekil 21**) (2). Bu testte hasta pron pozisyonunda muayene masasına yatırılır, diz 45 derece fleksiyona getirilir. Trokanterik çıkıntı elle palpe edilerek en çıkıntılı olduğu pozisyona kadar alt ekstremité dış rotasyona getirilir, bu pozisyonda bacak ile yer düzlemine dik vertikal çizgi arasındaki açı femoral anteversiyonu verir. Bu testte dizlerin fleksiyon derecesi önemlidir, 0- 90 derece fleksiyon aralıklarında 15 derece kadar farklı değerler bulunmuş (52), 45 derece fleksiyonda yapılması önerilmiştir (1,2). Fizik muayene ile femoral anteversiyon ölçümü ancak dolaylı sonuçlar verebilir, çünkü alt ekstremité rotasyonu femoral anteversiyonun yanı sıra asetabular anteversiyon ve kapsül, kaslar gibi yumuşak dokuların gerginliğinden de etkilenmektedir (52,53).



Şekil 21. Craig testi

Direk grafi ile femoral anteversiyon ölçümünde tek düzlemli, çift düzlemli veya grafilerin 3 boyutlu bilgisayar rekonstrüksiyonu ile elde edilen görüntüler üzerinden ölçümler yapılabilir (54–57). Tek düzlemli, kalça ve dizler 90 derece fleksiyonda, kalça 15 derece abdüksiyondayken çekilen kalça grafisi üzerinden Dunn metodu tariflenmiştir (57). Daha sonra

bu yöntem Rippstein tarafından modifiye edilmiştir (55). Çeşitli biplanar ölçüm yöntemleri tariflenmiştir, bunlar genellikle farklı 2 röntgen üzerinden ölçümlerin trigonometrik hesaplamalarıyla anteversiyon açısını verir (2). Biplanar röntgen üzerinden tariflenen bir yöntemde (58) kalçanın tam AP ve lateral grafileri çekilir. AP grafide femur boyun aksı ve shaftı arasındaki açı ölçülür (α açısı), lateral grafide femur boyun aksı ile femur shaftı arasındaki açı ölçülür (β açısı). Femoral anteversiyon; $FA = \tan \beta / \tan \alpha$ formülü ile bulunur (Şekil 22) (58).



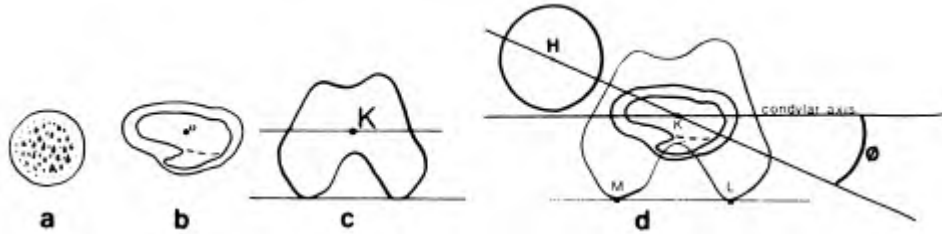
Şekil 22. Biplanar femoral anteversiyon ölçümü (Ogata ve Goldsand' dan alınmıştır (58))

Femoral anteversiyon ultrasonografi (USG) ile ölçülebilmektedir. Standart USG ile 2 boyutlu görüntüler elde edilir ve olgun kemikte sadece kemiğin mineralize dış kısmı görüntülenebilir. Henüz kemik mineralizasyonu tamamlanmamış küçük çocuklarda ve yenidoğanlarda kemiğin iç kısımları da görüntülenebilir. 3 boyutlu görüntülerin elde edildiği USG yöntemleri de vardır ancak daha maliyetli ve zaman alıcıdır. USG, diğer yöntemlerle kıyaslandığında 10 dereceye kadar farklı sonuçlar verebildiğini gösteren çalışmalar vardır ve uygulayan kişiye göre sonuçlar değişebilmektedir; ancak ucuz ve ulaşılabilir olması, iyonize radyasyon içermemesi nedeniyle özellikle yenidoğan ve bebeklerde kullanılabilir bir femoral anteversiyon ölçüm yöntemidir (2).

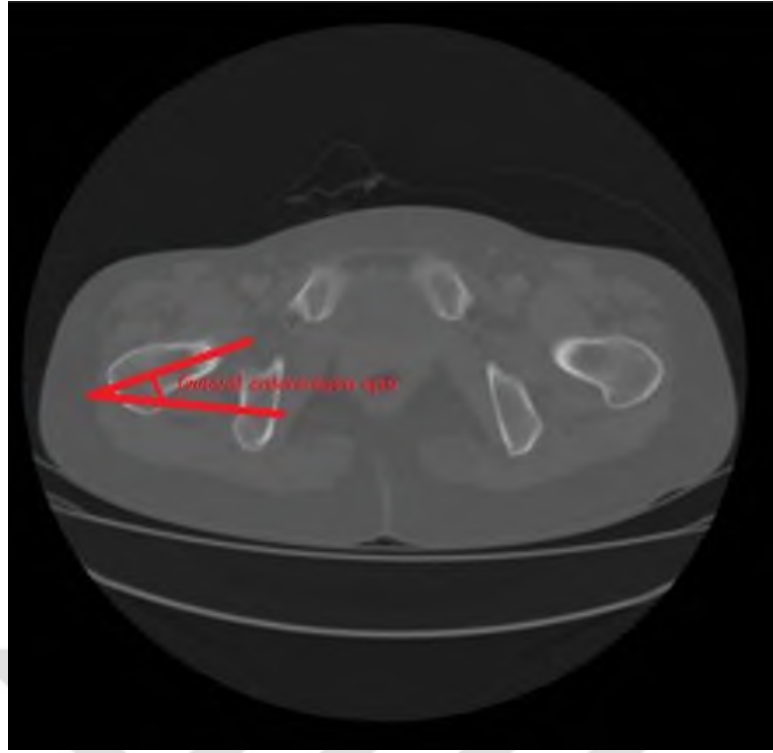
MRG transvers plan görüntüleri kullanılarak BT ile benzer tekniklerle femoral anteversiyon ölçümü yapılabilir. MRG ve BT ile femoral anteversiyon ölçümünü kıyaslayan bir çalışmada aynı seviyelerden ve aynı yöntemler kullanılarak yapılan ölçümlerde, 37 dereceye kadar farklı değerler ve MRG ile ölçümde ortalama 8,9 derece daha düşük değerler saptanmıştır

(59). Bu farklılığın sebebinin MRG çekiminin uzun sürmesinden dolayı hastanın femur proksimal ve distal görüntülerinin elde edilmesi sırasında pozisyon değiştirmiş olabileceği öne sürülmüştür (2). BT ve MRG’ da kemik dokuların görünümündeki farklılıklar ölçüm sırasında anatomik yer işaretlerinin farklı konumlandırılmasına neden olabilir. MRG’ nin iyonize radyasyon içermemesi bir avantajdır ancak pahalı ve uzun süren bir yöntemdir.

Bilgisayarlı tomografi günümüzde femoral anteversiyon ölçümünde altın standart yöntem haline gelmiştir. Standart 2 boyutlu BT’ de femur boynu ve başını tek bir aksiyel kesitte görselleştirmek mümkün değildir. Bu nedenle femur boyun aksını belirleyebilmek için farklı yöntemler tarif edilmiştir. Tek bir aksiyel kesit üzerinden femur boyun aksını belirleyen yöntemler tariflenmiştir (59,60); ancak femur boynunun asimetrik şekli nedeniyle seçilen kesitin seviyesi ölçüm sonucunu etkiler (60). Farklı kesitler kullanılarak yapılan ölçüm yöntemleri de tariflenmiştir. Murphy yönteminde BT’ de femur başı merkezinden ve daha distal bir kesitte femur boynunun tabanının ortasından geçen bir çizgi proksimal femur eksenini olarak kabul edilir (**Şekil 23**) (61). Tek aksiyel kesit üzerinden tariflenen bir yöntemde küçük trokanterin hemen üzerindeki bir kesit ile femur başı seviyesinin hemen altında, femur başının olmadığı en proksimal kesitin ortasındaki kesit seçilerek femur boyun aksı belirlenir (**Şekil 24**) (21).

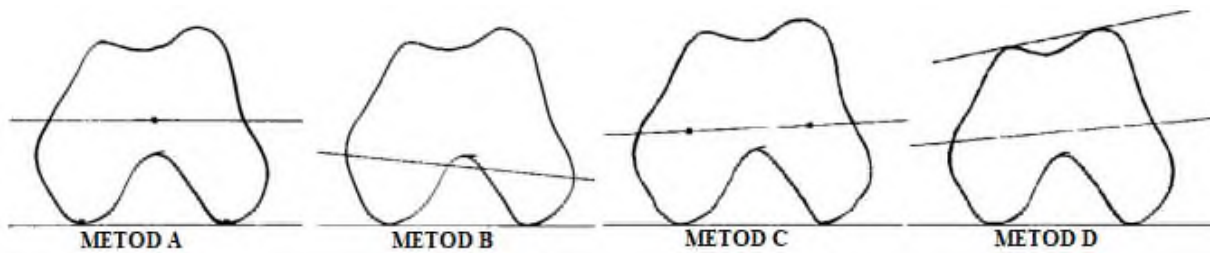


Şekil 23. Murphy metodu ile femoral anteversiyon ölçümü (Murphy ve ark. dan alınmıştır (61))



Şekil 24. Femoral anteversiyon ölçümü (Park ve ark (21) dan alınmıştır)

Distal femur eksenini belirlenirken çeşitli yöntemler tariflenmiştir (**Şekil 25**) (61). Femur medial ve lateral kondillerinin en arka noktalarını birleştiren aks (Posterior kondiler aks) (1,21,61–64), medial ve lateral epikondilin tepe noktalarını birleştiren aks (Epikondiler aks) (4,65–67), ön kondiler aks ile arka kondiler aksın ortasındaki hat (68) distal femoral eksenini belirlemek için kullanılan yöntemlerdir. Posterior kondiler çizgi literatürde en sık kullanılan yöntemdir.



Şekil 25 Distal femur eksenini (Murphy ve ark (61) alınmıştır.)

2 boyutlu BT ile anteversiyon ölçümünde hasta pozisyonu, ölçüm yapılacak kesitin seviyesi gibi etkenler ölçüm doğruluğunu etkilemektedir (7,13,21). Ayrıca proksimal femurun torsiyonel durumu nedeniyle tek bir BT kesitinde femur boynunun görselleştirilmesi mümkün değildir (1,13), bu nedenle proksimal femur aksının doğru olarak belirlenmesi oldukça zordur. Bu nedenle femoral anteversiyon ölçümünde 3 boyutlu yöntemler tariflenmiştir (7,13,21,69). 3 boyutlu yöntemler ile yapılan ölçümlerin hasta pozisyonundan etkilenmemesi, kemiğin 3 boyutlu olarak istenilen şekilde konumlandırılabilmesi, anatomik referans noktalarının kolaylıkla belirlenebilmesi gibi avantajları nedeniyle hastanın gerçek anatomisine en yakın sonuçları verdiği düşünülmektedir.

Kombine Anteversiyon:

Femoral anteversiyon ve asetabular anteversiyon değerlerinin toplamı kombine anteversiyon olarak tariflenir (9). Kombine anteversiyon ilk kez McKibbin tarafından 1970 yılında, yenidoğanlarda, femoral ve asetabular anteversiyonun toplamı olarak 'instabilite indeksi' adıyla tanımlanmıştır ve normal aralığı 30-40 derece olarak belirtilmiştir (9). Bu çalışmada kalça eklemine stabilitesini belirleyen faktör olarak kombine anteversiyon tariflenmiştir. Kadınlarda kombine anteversiyon erkeklerden fazladır. Kombine anteversiyondaki azalmanın veya artmanın kalça eklem osteoartriti ve kalça ağrısı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (1,10).

Kombine anteversiyon kavramı ilk olarak gelişimsel kalça displazisinde ortaya atılmış olsa da son yıllarda total kalça artroplastisinde de popülerlik kazanmıştır. Kombine anteversiyon, total kalça protezinde protezin ömrünü, stabilitesini, aşınma özelliklerini etkiler (5,6). Total kalça protezinde asetabular cup ve stem arasında veya kemik- kemik arasında oluşan impingement çıkığa, aşınmaya, kalça ağrısına sebep olur. Total kalça protezinde impingement, komponentlerin uygun pozisyonda yerleştirilmesiyle engellenebilir (4). Kombine anteversiyon kalça eklem stabilitesinde doğal koruyuculardan biridir ve total kalça protezi yapılan hastalarda çıkığın önlenmesi için alınabilecek en önemli önlemdir (4,9). Özellikle sementsiz femoral stemlerin press fit tekniğiyle stabil bir şekilde femur medullasına yerleştirilmesi için femurun doğal geometrisine uyum sağlaması gerekir. Sementsiz stemlerin anteversiyonu femurun doğal anatomisine bağlıdır (4,17), bu sebeple kombine anteversiyon tekniğinde öncelikle femur medullası hazırlanır, daha sonra asetabular oymaya geçilir. Bu nedenle hastanın doğal femur ve asetabulum anatomisinin bilinmesi ameliyat öncesi hazırlık için oldukça önemlidir.

KALÇA EKLEMİNİN GELİŞİMİ

Kalça eklem gelişimi intrauterin dördüncü haftada alt ekstremité tomurcuklarının belirmesiyle başlar, on altıncı haftada kalça eklemi artık tamamen oluşmuştur (70,71). Altıncı haftada primitif kondroblastlar femur taslağının proksimal, merkez ve distal uçlarına göç eder (72). Asetabulum altıncı haftada gelecekte ilium, ishium ve pubisi oluşturacak olan öncül hücreler tarafından, femur başının proksimalinde bir çöküntü olarak oluşmaya başlar (72). Yedinci haftada asetabulum ve femur arasındaki hücrelerin apoptozisi ile eklem boşluğu oluşmaya başlar, sinovyal kılıf, ligamentum teres, labrum öncü hücreleri bu haftada görülür (70).

Sekizinci hafta sonunda vaskülarite sağlanmıştır. Vaskülarite ilk olarak femur cisminde görüldüğünden kemikleşme buradan başlar. On birinci haftada artık femur şekli oluşmuştur, baş yuvarlak şekillidir ancak boyun ve trokanterik bölge tam anlamıyla henüz gelişmemiştir (71).

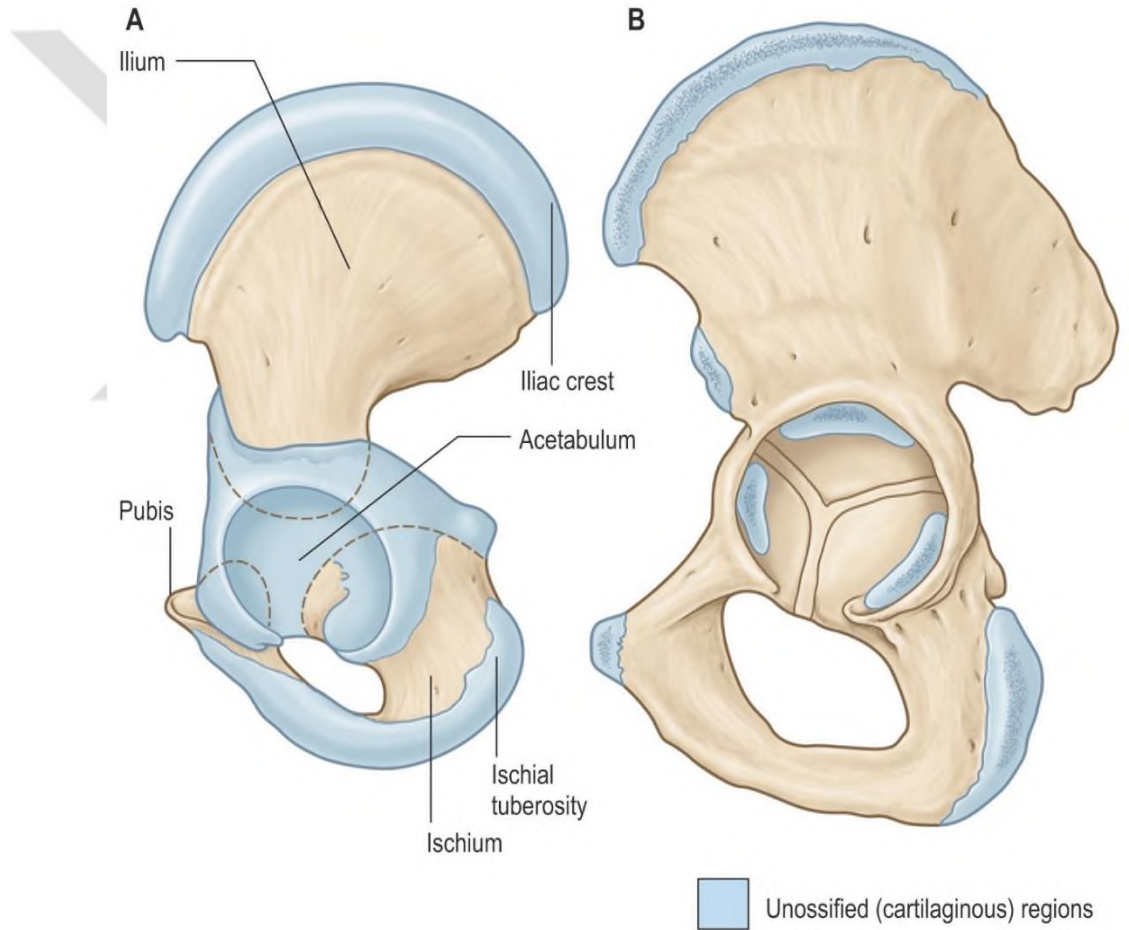
On altıncı haftada femur kemikleşmesi küçük trokantere kadar tamamlanmıştır. Asetabulum birincil kemikleşme merkezleri bu haftada ilium, ishium ve pubiste ortaya çıkmıştır. Triradiat kıkırdak görülmeye başlamıştır. Eklem boşluğu ve kapsül tamamen oluşmuş, eklem yüzeyleri hyalin kıkırdak ile kaplanmıştır. Kasların tamamı olgunlaşmış ve eklem hareketi başlamıştır (72).

Bundan sonraki süreçte kalça gelişmeye ve olgunlaşmaya devam eder. Kalça eklem hareketleri, pozisyon, basınç gibi etkenler kalça gelişimini doğrudan etkiler. Bebeklik ve çocukluk döneminde asetabulum, femur ve kalça eklemi son halini kazanmaktadır (73). Kalça kemiğini oluşturan ilium, ishium, pubis arasında triradiat kıkırdak denilen, Y şekilli bir epifiz merkezi vardır. Doğum sonrası bebekte asetabular kartilaj kompleksi, dış kenarda, daire şekilli bir kıkırdak ve içeride Y şekilli triradiat kıkırdaktan oluşur. Asetabular kartilaj kompleksi bir epifizdir ve bu iki kıkırdak kompleksinin koordineli büyümesi ile erişkin asetabulumu son şeklini alır (72). Triradiat kıkırdak asetabulum çatısı, mediali, anterior ve posterior duvarının gelişiminden sorumludur. Triradiat kıkırdak 16-18 yaşlarında kaybolur ve pelvisi oluşturan üç kemik arasında füzyon gerçekleşir (23). Asetabulum gelişiminde ve şekillenmesinde küresel femur başının yeri oldukça önemlidir. Büyümekte olan sıçanlarda yapılan bir çalışmada, femur başı çıkarıldığında asetabulum şekillenmesinin bozulduğu, derinliğin gelişmediği, eklem kıkırdağında atrofi ve dejenerasyon olduğu gözlenmiştir (74).

İntrauterin gelişimin sekizinci haftasında alt ekstremité içe doğru dönmeye başlar. On birinci haftada kalça ve diz fleksiyon, bacak adduksiyon pozisyonundadır, bu haftada ilk kez femoral anteversiyon fark edilir ve 5°-10° arasındadır. 44 fetüsten elde edilen 87 femur ile

yapılan bir çalışmada, fetal yaş arttıkça femoral anteversiyonun arttığı ve otuz altıncı haftada ortalama femoral anteversiyonun 45° olduğu bulunmuştur (75). Doğum sonrası dönemden adölesan döneme gidildikçe anteversiyon açıları azalmaktadır, bir yaşında ortalama $31,1^{\circ}$ iken, on altı yaşında ortalama $15,4^{\circ}$ saptanmıştır (76). Çocukluk döneminde femoral anteversiyon yılda yaklaşık $1,5$ derece azalmaktadır (2). Yetişkinlik döneminde de femoral anteversiyon giderek azalmaktadır (77,78).

Femur boyun şaft açısı fetal gelişim sırasında azalmaktadır, on beşinci haftada ortalama 145° , otuz altıncı haftada 130° 'dir (75). Doğum sonrası dönemde de boyun şaft açısı giderek azalmaktadır (79).



Şekil 26. Yenidoğan ve adölesan dönemde kalça kemiği ve asetabulum (Gray's Anatomi Atlası)

KALÇA EKLEM BİYOMEKANİĞİ

Kalça eklemi normalde sagittal planda nötral pozisyona göre 120-125 derece fleksiyon, 10-15 derece ekstansiyon yapabilir (80,81). Abduksiyon yaklaşık 45 derece, adduksiyon 25 derecedir (82). Yaşlılarda kalça hareketleri genellikle azalmaktadır (83). Eklem kapsülü, ligamentler, kaslar ve kemik yapılar kalça eklem hareketlerini kısıtlayan temel yapılardır. Kalça eklem fleksiyonu diz hareketleriyle de kısıtlanır, diz eklemi ekstansiyon pozisyonundayken kalça fleksiyonu bu iki eklemi de geçen hamstring kaslarının gerginliği nedeniyle önemli ölçüde kısıtlanır (80). Kalça ekstansiyonunu iliofemoral ligament, eklem kapsülü ve kalça fleksör kasları kısıtlar. Kalça fleksiyon pozisyonunda iken 0-70 derece iç rotasyon, 0-90 derece dış rotasyon hareketi yapabilir. Kalça yumuşak dokularının gerginliğinin artması nedeniyle ekstansiyon sırasında iç ve dış rotasyon daha azdır (80). Kalça eklem hareketleri kalça ve pelvisin bileşik hareketi ile oluşur. Lumbopelvik hareket, kalça fleksiyonuna, diz fleksiyon pozisyonunda iken %26, diz ekstansiyon pozisyonunda iken %39 etki eder (81).

Kalça kemik yapısı da yumuşak dokular gibi kalça hareketlerinin sınırlandırılmasında önemlidir. Acetabulum ve femoral anteversiyondaki değişiklikler kalça hareket açıklıklarını etkiler. Femoroasetabular impingement gibi kemik yapısındaki anormallikler hareket sırasında kemik teması oluşturarak kalça hareketlerini kısıtlar (84).

Tablo 1: Günlük yaşamdaki bazı eylemler sırasında kalça hareketlerinin 3 plandaki maksimum değerleri (85).

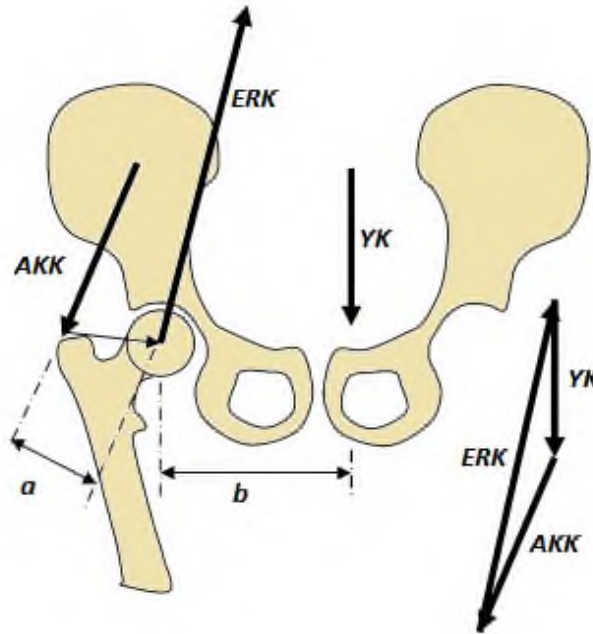
Eylem	Hareket planı	Derece
Ayakkabı bağlama	Sagittal	124
	Frontal	19
	Transverse	15
Sandalyeye oturup kalkma	Sagittal	104
	Frontal	20
	Transverse	17
Zeminden bir nesne alma	Sagittal	117
	Frontal	21
	Transverse	18
Merdiven çıkma	Sagittal	67
	Frontal	16
	Transverse	18
Merdiven inme	Sagittal	36

Kalça Eklemine Etkiyen Kuvvetler:

Kalça eklemine etkiyen kuvvetleri anlamak için uzun yıllar önemli çalışmalar yapılmıştır. Tahminler bazı hesaplamalara ve serbest vücut diyagramlarına göre yapılmıştır ancak bunlar kalça çevresindeki antagonist kas aktivitelerini ve yumuşak dokular gibi çeşitli faktörleri göz ardı etmiştir. Bu kuvvetlerin direk ölçümü bireylerde ancak endoprotez implantlarının kullanıma girmesiyle mümkün olmuştur (86).

Kalça eklemine etkiyen kuvvetler, literatürde sıklıkla tek bacak üzerine duruşta, frontal planda, 2 boyutlu ve basitleştirilmiş hesaplamalarla açıklanmıştır. Her iki ayak yere basarak duruşta, vücut ağırlık merkezi iki kalça arasında ortadadır ve her iki kalça tarafından eşit miktarda taşınır. Tek bacak üzerine duruşta, yerden kaldırılan ekstremitenin ağırlığı da karşı kalçaya etkiyen yerçekimi kuvvetinin bir parçası olduğundan, ağırlık merkezi orta hattan uzaklaşarak, yerden kaldırılmış ekstremiteye ve distale doğru kayar (Şekil 27).

Tek bacak üzerine duruşta, statik koşullarda, pelvisin dengesini koruyabilmek için kalça eklemine etkiyen kuvvetler: yerçekimi kuvveti (vücut ağırlığından yere basan ekstremitenin ağırlığının çıkarılmasıyla bulunur, vücut ağırlığının yaklaşık 5/6'sı kadardır), abduktör kasların kuvveti ve femur başının asetabulum üzerine uyguladığı eklem reaksiyon kuvvetidir (80).



Şekil 27. Tek bacak duruşu sırasında kalça eklemine etkiyen kuvvetler (YK; Yerçekimi kuvveti (Vücut ağırlığının (VA) yaklaşık 5/6'sı), AKK; abduktör kas kuvveti, ERK; eklem reaksiyon kuvveti, a; abduktör kasların moment kolu, b; yerçekimi kuvveti moment kolu)

Vücut ağırlığı ve moment kollarının uzunlukları ölçülerek, abduktör kol kuvveti hesaplanabilir. ($AKK \times a = YK \times b$) ($YK = VA \times 5/6$) Normal kalçada abduktör kol kuvvet vektörü dikey düzleme 21 derece açılıdır (87). Denge halinde, YK; yerçekimi kuvveti, AKK; abduktör kol kuvveti, ERK; eklem reaksiyon kuvveti vektörlerinin toplamı sıfırdır. Buna göre tek bacak üzerine duruşta, pelvis yere paralel konumdayken ERK; eklem reaksiyon kuvveti vücut ağırlığının yaklaşık 2,7 katı ve yatay düzleme yaklaşık 69 derece açılıdır (80).

Normal yürüyüş için gerekli kalça abduktör kas kuvveti ve kalça reaksiyon kuvveti, yer çekimi momentini artıran durumlarda artar. Kısa femur boyun uzunluğu, geniş pelvis, yüksek vücut ağırlığı gibi durumlarda pelvisi stabil tutmak için gereken abduktör kas kuvveti ve eklem reaksiyon kuvveti artmaktadır (86).

Kalça ağrısı olan hastalarda ve abduktör kas güçsüzlüğü olanlarda yürüyüşün duruş aşamasında Trendelenburg bulgusu gözlenir. Trendelenburg yürüyüşünde, vücut ağırlık merkezi, kalça hareket merkezine yaklaştırılarak tek ayak üzerinde duruş sırasında gereken abduktör kas kuvveti ve eklem reaksiyon kuvveti azaltılmış olur.

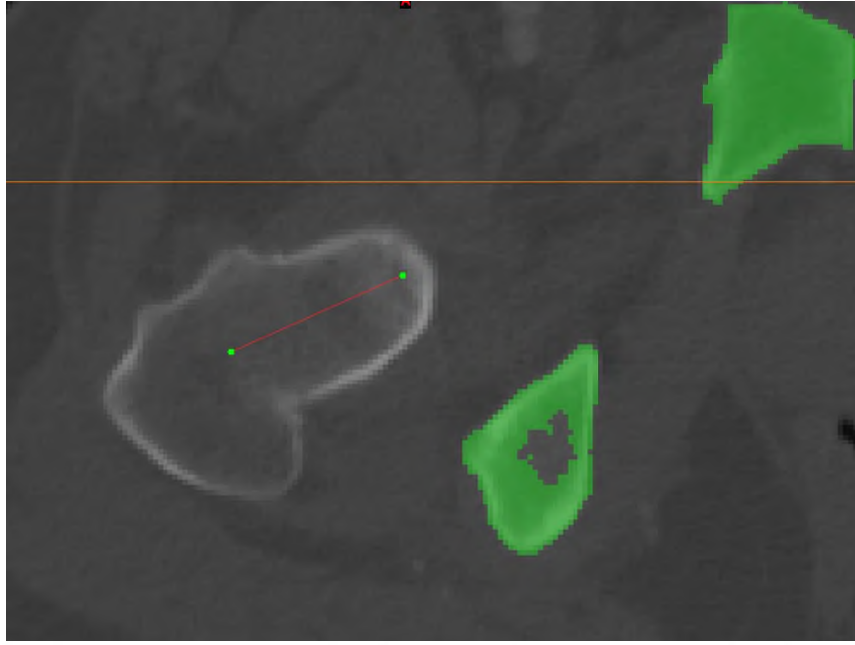
Kalça eklemine etki eden kuvvetlerin direk olarak ölçümü özel cihazlarla donatılmış endoprotez implantlarının kullanımıyla mümkün olmuştur. Rydell ilk kez bu özel protezleri kullanarak kalça eklem kuvvetlerini ölçmüş ve tek ayak üzeri duruşta vücut ağırlığının 2,3 ila 2,9 katı, normal yürüyüşte 1,6 ila 3,3 katı kuvvet uygulandığını belirtmiştir (88). Farklı çalışmalarda, yavaş yürümenin farklı aşamalarında, kalça eklemine vücut ağırlığının 3 ila 4 katı yük bindiği ölçülmüştür (89). Bergmann ve ark. özel basınç ölçerler yerleştirilmiş total kalça protezi uygulanan hastalarda, kalçaya etkileyen kuvvetleri ölçerek, kalçaya yavaş yürüme sırasında vücut ağırlığının yaklaşık 3 katı, hızlı yürüme sırasında yaklaşık 4 katı, koşu sırasında yaklaşık 5 katı, tökezleme sırasında ise yaklaşık 8 katı yük bindiğini belirtmişlerdir (90). Femur başında oluşan basınç yürüme sırasında yaklaşık 5,5 MPa, sandalyeden kalkma sırasında ise yaklaşık 18 MPa'dır (91).

GEREÇ VE YÖNTEM

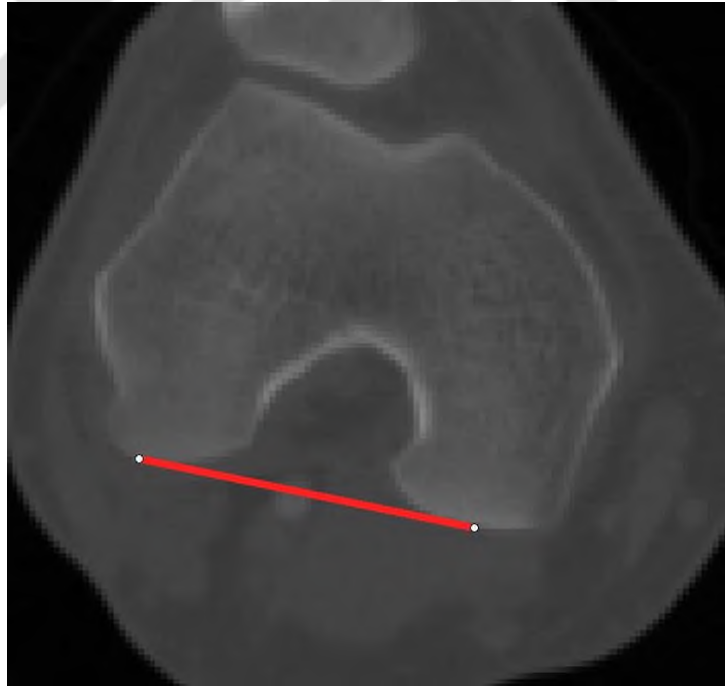
Tez çalışmamızın öncesinde, G*Power 3.1 (Düsseldorf University, Düsseldorf, Almanya) programı ile çalışmaya dahil edilecek toplam örneklem sayısı incelendi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi 0.05 ve çalışmanın gücü %80 olarak belirlendiğinde, her iki grup içerisinde en az 26 erişkin olması gerektiği belirlendi. Bu nedenle çalışmamıza, hastane radyoloji veri tabanında bulunan pelvis ve tüm alt ekstremitenin incelendiği BT görüntüleri içerisinde, 18-60 yaş arası, rastgele seçim yapmayı sağlayan www.random.org programı kullanılarak toplam 100 erişkin (50 erkek ve 50 kadın) dahil edildi. Tüm örneklemde yalnızca sağ femur ve sağ asetabulum incelendi. Pelvis, femur veya kalçayı ilgilendiren kırıklar, geçirilmiş kalça cerrahileri, alt ekstremitte düzeltici osteotomi öyküsü olanlar, tümör ya da enfeksiyon gibi alt ekstremitte dizilimini bozacak patolojileri olanlar, incelenen tarafa uygulanmış kalça ya da diz protezi olanlar, 18 yaş altı ve 60 yaş üstü erişkinler, mevcut görüntülerinde diz ya da kalça osteoartriti bulunan erişkinler çalışma dışı bırakıldı.

Tüm görüntülemeler, Siemens SOMATOM Emotion (Siemens, Erlangen, Almanya) (110 kV – 90 mAs, kesit kalınlığı 0.6 mm.) cihazı ile gerçekleştirildi. Çalışmada yer alan erişkinlerin DICOM formatındaki pelvis ve alt ekstremitte tomografi görüntüleri, Materialise MIMICS Research (Materialise, Leuven, Belçika) programına aktarıldı. Materialise MIMICS programı yardımıyla, tüm erişkinlerin pelvis ve sağ femurlarının 3 boyutlu modelleri, 200 – 2150 Hounsfield unit aralığında segmente edildi. 2 boyutlu ve 3 boyutlu açı ölçümleri Materialise 3-Matic Research (Materialise, Leuven, Belçika) programında gerçekleştirildi.

İki boyutlu femoral anteverسیون, asetabular anteverسیون ve asetabular inklinasyon ölçümleri, Park ve ark. çalışmasında belirtildiği şekilde ölçüldü (21). Bu yöntemle göre femoral anteverسیون açısı ölçümünde femur boyun eksenini belirlerken, aksiyel tomografi görüntülerinde femur başının görünür olmadığı en proksimal kesit ile trokanter minörün hemen üstündeki kesitin ortasındaki femur boynunun en uzun görüldüğü kesit seçildi. Femur boyun eksenini, femur boynunun anterior ve posterior sınırlarının tam ortasından geçen çizgi olarak belirlendi (**Şekil 28**). Distal femur eksenini, medial ve lateral femoral kondillerin en posterior noktalarını birleştiren çizgi (posterior kondiler aks) olarak belirlendi (**Şekil 29**). Bu iki çizgi arasındaki açı ölçülerek femoral anteverسیون açısı belirlendi.

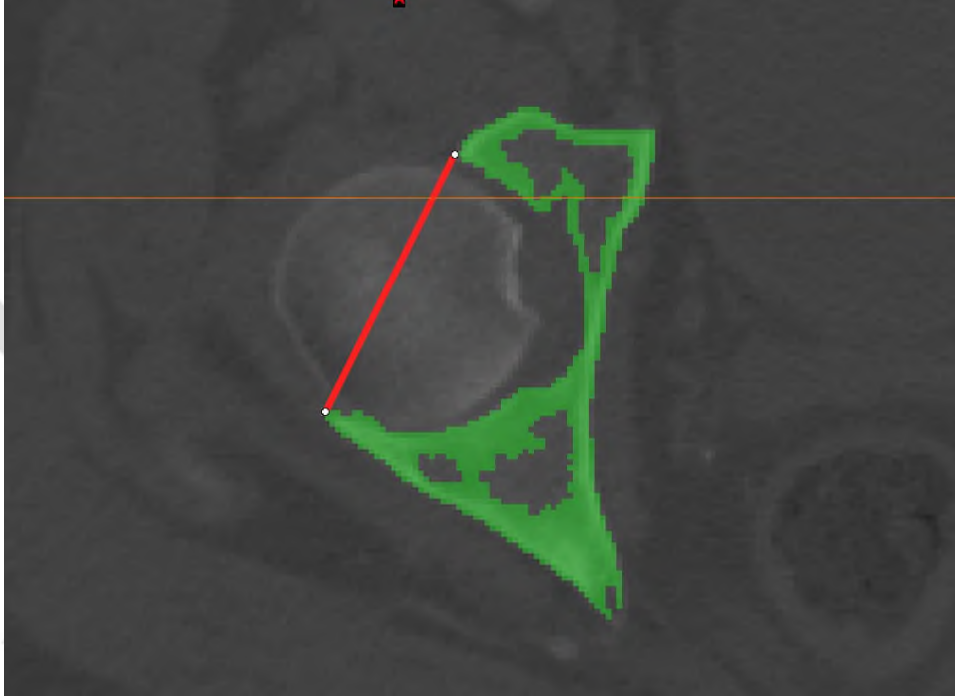


Şekil 28. 2 boyutlu BT' de femur boyun ekseninin belirlenmesi

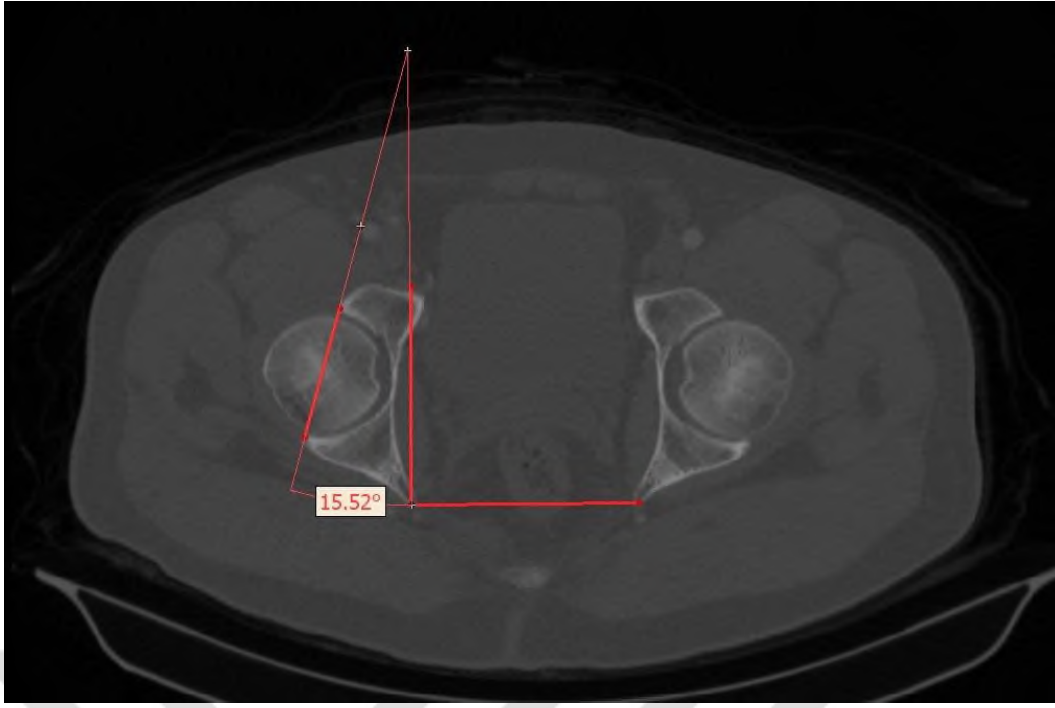


Şekil 29. 2 boyutlu BT' de distal femur ekseninin belirlenmesi (*Posterior kondiler aks*)

İki boyutlu asetabular anteversiyon ölçümünde, femur başı merkezinden geçen aksiyel kesit seçildi (14). Her iki iskial kemiğin en arka noktalarını birleştiren bir çizgi çizildi, bu çizgiye dik ikinci bir çizgi çizildi. Daha sonra asetabulum anterior ve posterior kenarlarını birleştiren bir çizgi çizildi (**Şekil 30**). Dikey çizgi ile asetabulum kenarlarına teğet çizilen çizgi arasındaki açı ölçülerek asetabular anteversiyon açısı belirlendi (**Şekil 30-31**).

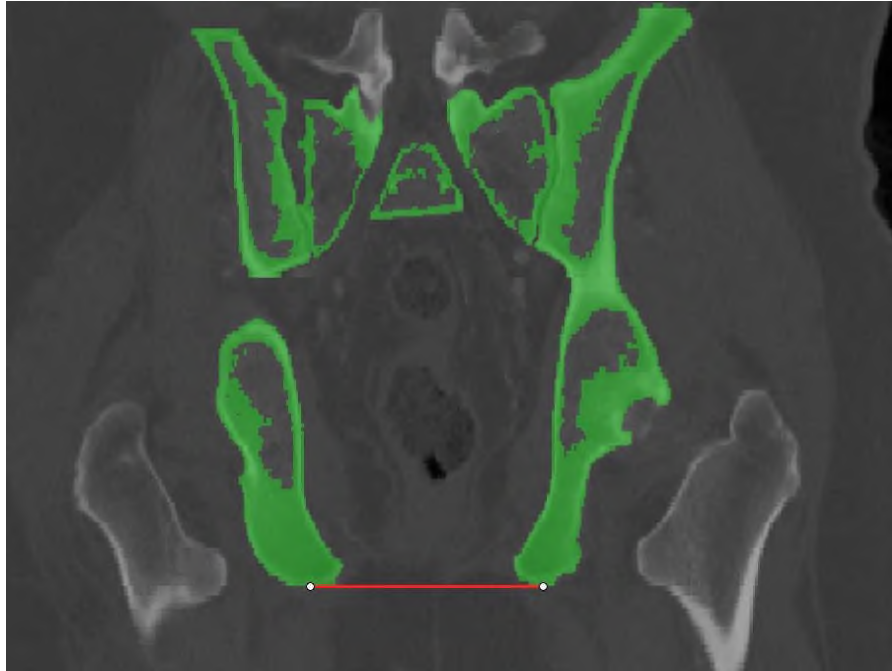


Şekil 30. Asetabulum anterior ve posterior kenarlarına teğet çizilen çizgi

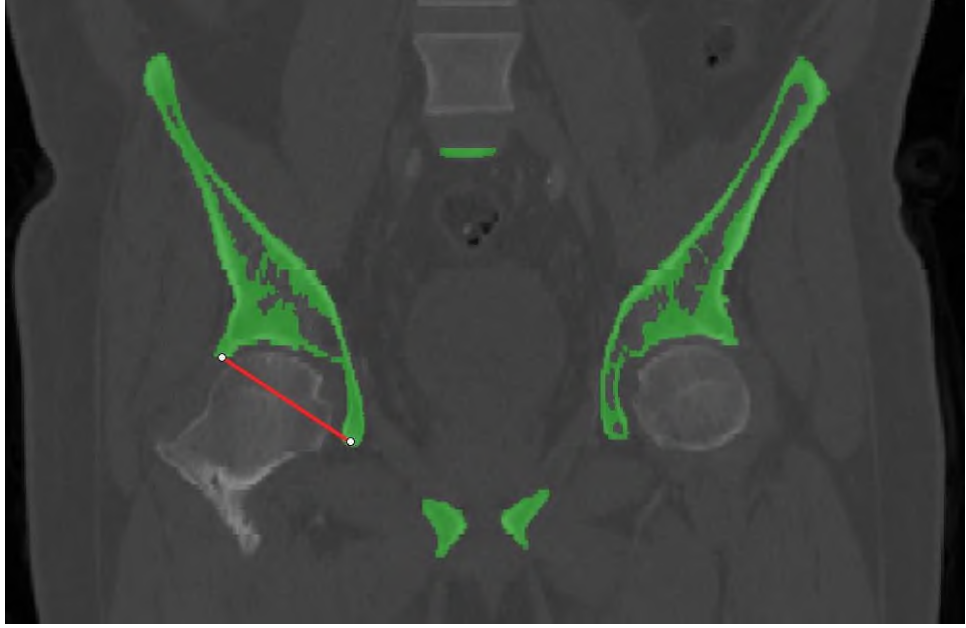


Şekil 31. 2 boyutlu asetabular anteversiyon ölçümü

İki boyutlu asetabular inklinasyon ölçülürken, koronal planda her iki iskial kemiğin en alt noktalarını birleştiren bir çizgi çizildi (**Şekil 32**). Ardından asetabulum superolateral ve inferomedial kenarlarını birleştiren bir çizgi çizildi (**Şekil 33**). Bu iki çizgi arasındaki açı ölçülerek asetabular inklinasyon açısı belirlendi.

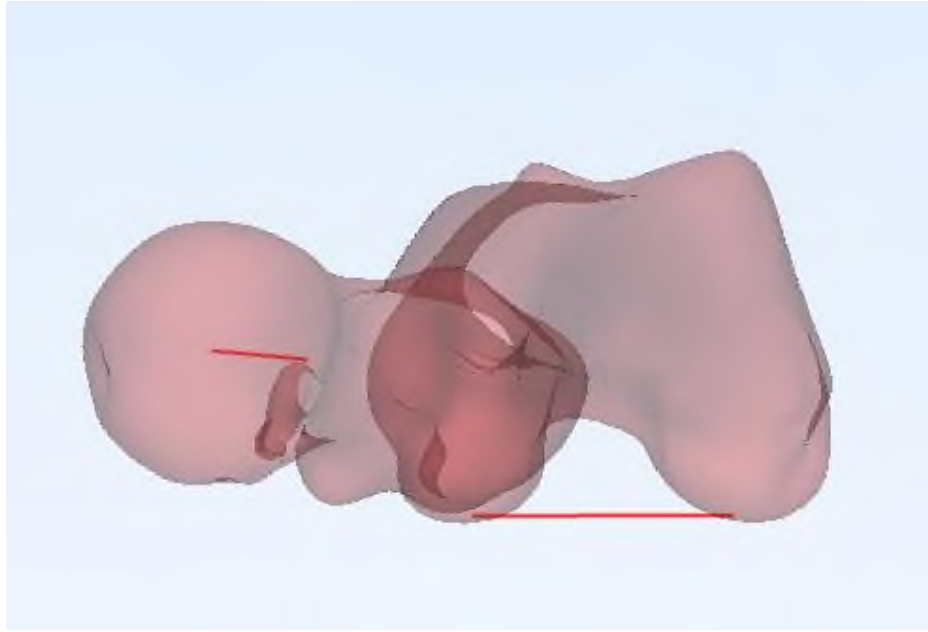


Şekil 32. İskial kemiğin en alt noktalarını birleştiren yatay çizgi



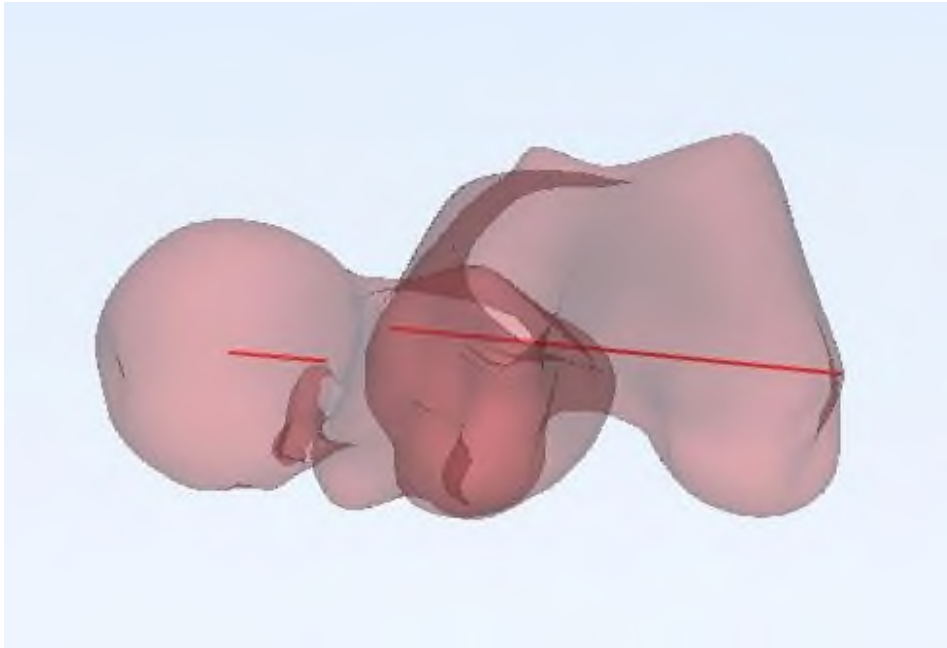
Şekil 33. Asetabulum süperolateral ve inferomedialini birleştiren çizgi

3 boyutlu femoral anteversiyon ölçümleri, Tanoğlu'nun çalışmasında belirttiği şekilde ölçüldü (69). Femur başı kırıkta yüzeyi taranarak bu yüzeye uyan bir anatomik küre MIMICS programı yardımıyla oluşturuldu. Bu kürenin merkez noktası, femur başı merkezi olarak belirlendi. Femur boynunun en dar olduğu bölge tespit edildi ve bu bölgenin etrafı taranarak bir anatomik küre oluşturuldu. Femur başına uyan kürenin merkez noktası ve femur boynunun en dar bölgesine uyan kürenin merkez noktası arasında bir doğrusal çizgi oluşturularak femur baş boyun eksenini belirlendi. Ardından medial ve lateral femoral kondillerin en arka noktaları işaretlendi ve bu iki noktayı birleştiren bir doğrusal çizgi oluşturularak posterior kondiler aks belirlendi. Oluşturulan bu iki doğru arasındaki açı transvers düzlemde ölçülerek femoral anteversiyon belirlendi (Şekil 34).



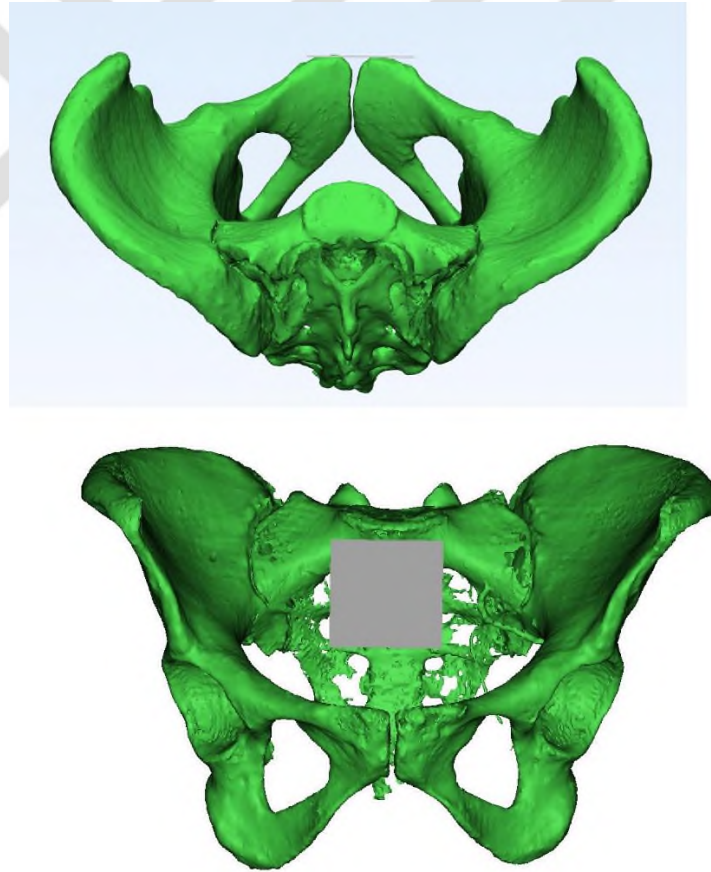
Şekil 34. Posterior kondiler aks referans alınarak 3 boyutlu femoral anteversiyon ölçümü

Ayrıca femoral anteversiyon, transepikondiler aks kullanılarak da ölçüldü. Sağ femura yukarıdan bakılan pozisyonda, medial ve lateral epikondillerin en çıkıntılı noktaları belirlendi. Bu noktalar program yardımıyla birleştirilerek bir interkondiler çizgi (transepikondiler aks) oluşturuldu. İnterkondiler çizgiye göre femoral anteversiyon ölçümü, femur başı ile boynu arasında çizilen çizgi ile interkondiler çizgi arasındaki açı olarak ölçüldü (**Şekil 35**).

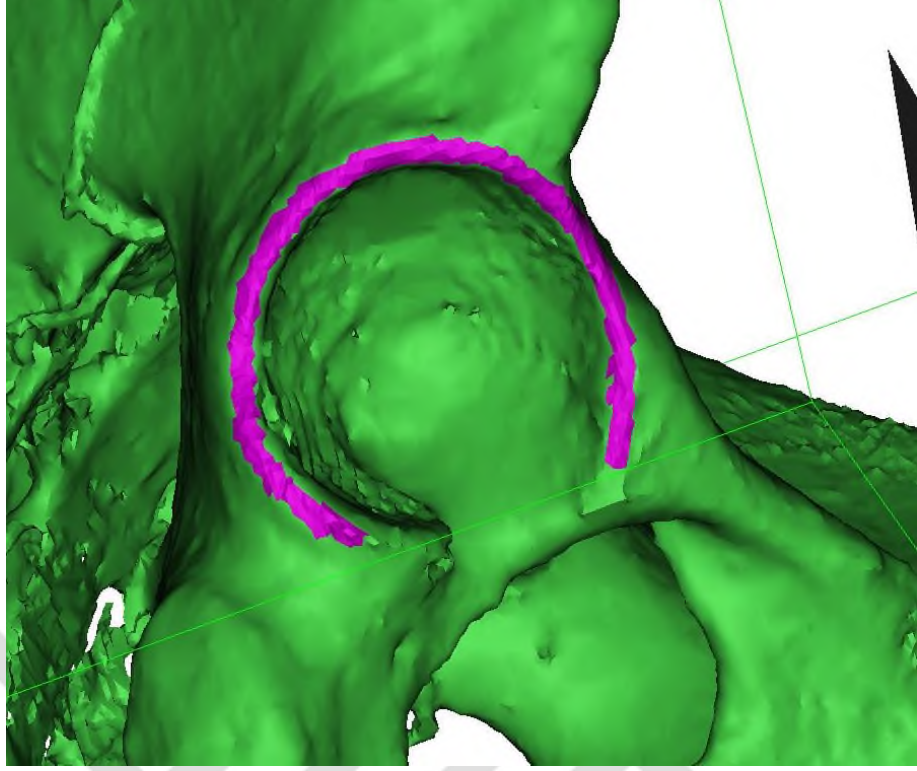


Şekil 35. Transepikondiler aks referans alınarak 3 boyutlu femoral anteversiyon ölçümü

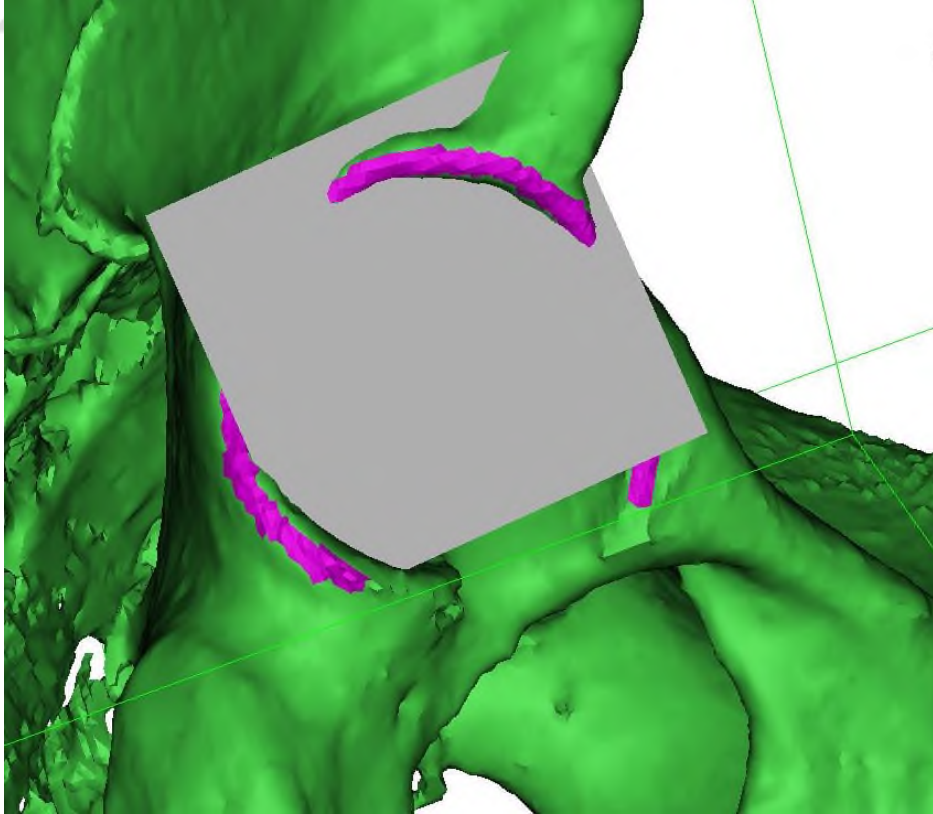
Üç boyutlu pelvis modelinin, sağ ve sol spina iliaca anterior superiorun en çıkıntılı noktaları ile pubik tüberküllerin en çıkıntılı noktaları bileştirilerek bir anterior pelvik plan düzlemi oluşturuldu (**Şekil 36**). Anatomik sagittal düzlem, anterior pelvik plana dik olacak şekilde, sakral 1. vertebranın spinöz procesinin en çıkıntılı noktasından simfizis pubisin orta noktasına uzanan bir düzlem olarak oluşturuldu. Transvers anatomik plan da anterior pelvik plan referans alınarak oluşturuldu. 3 boyutlu pelvis modeli üzerinde sağ asetabulum kenarları taranarak bu yüzeye uyan bir asetabular düzlem oluşturuldu (**Şekil 37-38**). Asetabular anteversiyon ölçümü, anterior pelvik planın frontal düzleme paralel olduğu pozisyonda, anterior pelvik plana dik çizilen düzlem (anatomik sagittal düzlem) ile asetabular düzlem arasındaki açı olarak ölçüldü (**Şekil 39**). Asetabular inklinasyon ölçümü, pelvisin anteroposterior pozisyonunda asetabular düzlem ile anatomik transvers düzlem arasındaki açı olarak ölçüldü (**Şekil 40**).



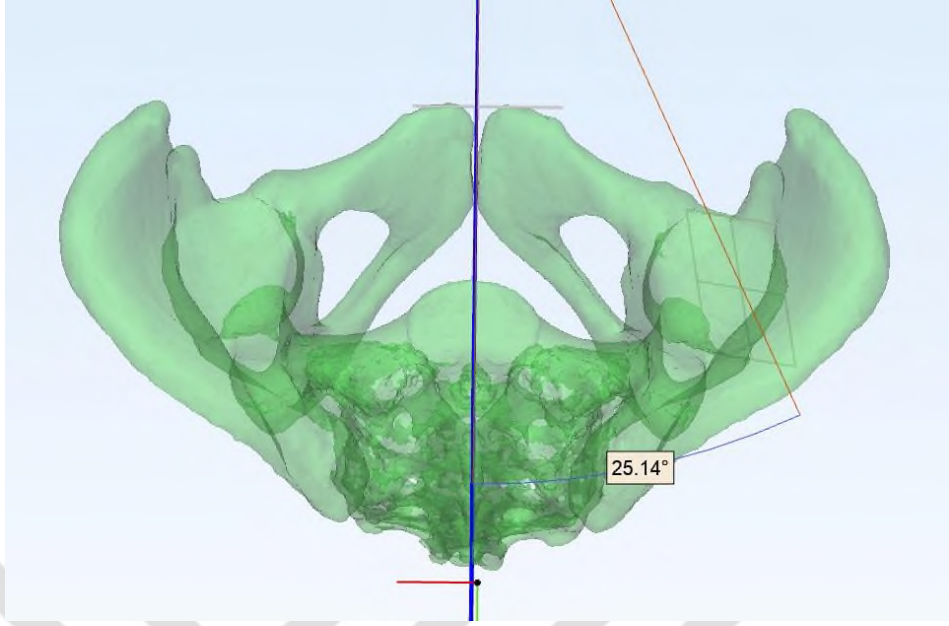
Şekil 36. Anterior pelvik plan



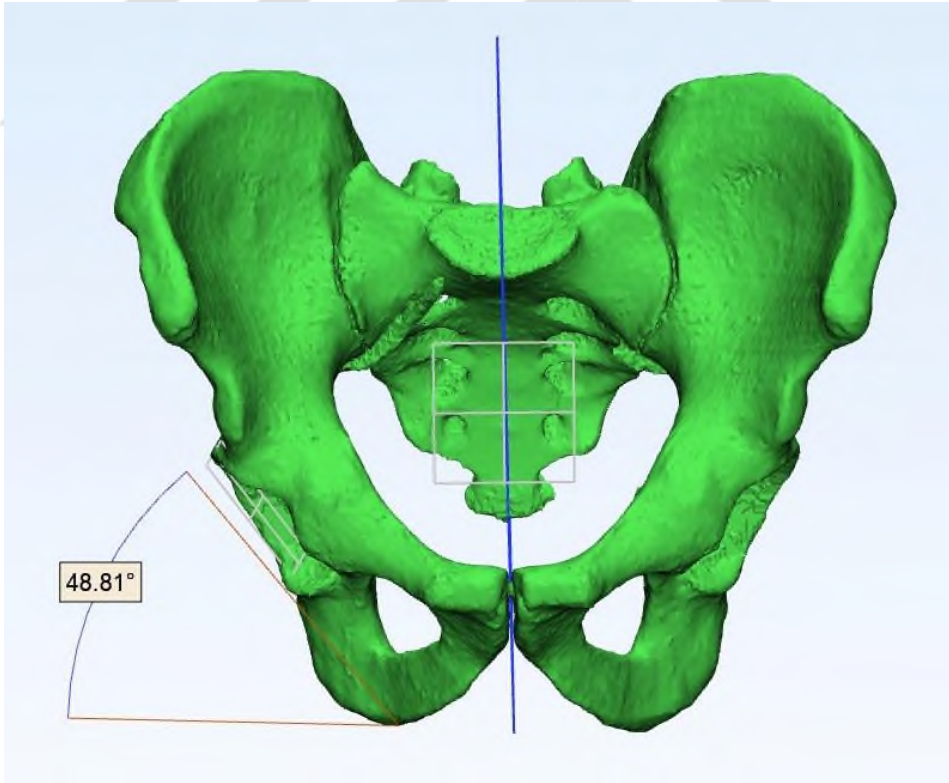
Şekil 37. 3 boyutlu pelvis modelinde asetabulum kenarının taranması



Şekil 38. 3 boyutlu pelvis modelinde oluşturulan asetabular düzlem



Şekil 39. 3 boyutlu asetabular anteversiyon ölçümü



Şekil 40. 3 boyutlu asetabular inklinasyon ölçümü

Kombine anteversiyon, femoral anteversiyon ile asetabular anteversiyonun toplamı olarak bilinmektedir (9). Çalışmamızda elde edilen veriler sonucu incelenen erişkinlerin 3 boyutlu ve 2 boyutlu kombine anteversiyonları da hesaplanmıştır.

Çalışmamızda elde edilen veriler, IBM SPSS Statistics 25 (IBM, New York, Amerika Birleşik Devletleri) programı ile değerlendirildi. İncelenen erkek ve kadın erişkinlerin tanımlayıcı verileri ayrı ayrı ve birlikte hesaplandı. Çalışmamızda elde edilen verilerin homojen bir dağılım gösterdiği izlendi. Bu nedenle çalışma gruplarının karşılaştırılmasında parametrik bir test olan Bağımsız Değişkenler T Testi kullanıldı. Gruplar arası ve grup içi verilerin korelasyon değerlendirmesinde Pearson Korelasyon Testi kullanıldı ve r değerleri hesaplandı. 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçüm yöntemleri arasındaki uyum Blant- Altman Analizi kullanarak da değerlendirildi. Çalışmanın Post-hoc güç analizi G*Power 3.1 (Düsseldorf University, Düsseldorf, Almanya) programı ile yapıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi 0.05 ve tip 1 hata oranı 0,8 olarak kabul edildiğinde çalışmanın gücü %98 olarak bulundu.

BULGULAR

Çalışmamıza Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mengücek Gazi Eğitim ve Araştırma Hastanesi radyoloji veri tabanında kayıtlı 50 erkek, 50 kadın toplam 100 hastanın tüm alt ekstremitayı içeren radyoloji görüntüleri dahil edildi. Tüm örnekleme yalnızca sağ femur ve sağ asetabulum incelendi.

Yaş aralığı erkeklerde 20-60 arasında değişmekte olup ortalama $46,88 \pm 10,61$; kadınlarda 18-60 arasında değişmekte olup ortalama $49,14 \pm 10,60$ olarak saptandı. Kadın ve erkekler arasında yaşları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p = 0,290$).

Femoral anteversiyon açıları 2 boyutlu, 3 boyutlu ve transepikondiler aks referans alınarak 3 boyutlu olarak ölçüldü. Bu ölçümlere göre 2 boyutlu femoral anteversiyon (posterior kondiler aksa göre) erkeklerde ortalama $8,73^\circ \pm 7,99^\circ$; kadınlarda ortalama $12,7^\circ \pm 7,04^\circ$; totalde ortalama $10,71^\circ \pm 7,75^\circ$ idi. Kadınlarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek hesaplandı ($p = 0,010$). 3 boyutlu femoral anteversiyon erkeklerde ortalama $12,19^\circ \pm 8,14^\circ$; kadınlarda ortalama $18,56^\circ \pm 7,2^\circ$; totalde $15,38^\circ \pm 8,29^\circ$ idi. Erkekler ve kadınlar arasında anlamlı derecede fark vardı ($p = 0,000$). Transepikondiler aks referans alınarak ölçülen 3 boyutlu femoral anteversiyon erkeklerde ortalama $6,47^\circ \pm 8,55^\circ$; kadınlarda ortalama $11,75^\circ \pm 7,24^\circ$; totalde $9,11^\circ \pm 8,32^\circ$ idi. Kadınlarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek hesaplandı ($p = 0,001$) (Tablo2).

Asetabular anteversiyon ölçümleri 2 boyutlu ve 3 boyutlu olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirildi. 2 boyutlu asetabular anteversiyon erkeklerde ortalama $19,37^\circ \pm 5,73^\circ$; kadınlarda ortalama $21,86^\circ \pm 6,18^\circ$; totalde ortalama $20,61^\circ \pm 6,06^\circ$ olarak hesaplandı. Kadınların asetabular anteversiyon açılarının erkeklerle göre daha yüksek olduğu görüldü ($p = 0,039$). 3 boyutlu asetabular anteversiyon erkeklerde ortalama $25,93^\circ \pm 7,37^\circ$; kadınlarda ortalama $28,87^\circ \pm 7,18^\circ$; totalde ortalama $27,40^\circ \pm 7,39$ idi. 3 boyutlu asetabular anteversiyon açılarının da kadınlarda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu görüldü ($p = 0,047$). (Tablo 2).

Asetabular inklinasyon ölçümleri de 2 boyutlu ve 3 boyutlu olarak yapıldı. 2 boyutlu asetabular inklinasyon erkeklerde ortalama $38,42^\circ \pm 4,29^\circ$; kadınlarda ortalama $38,75^\circ \pm 3,87^\circ$; totalde ortalama $38,59^\circ \pm 4,07^\circ$ idi, erkekler ve kadınlar arasında anlamlı fark yoktu ($p = 0,688$). 3 boyutlu asetabular inklinasyon erkeklerde ortalama $52,8^\circ \pm 5,14^\circ$; kadınlarda ortalama $50,02^\circ \pm 5,83^\circ$; totalde ortalama $51,41^\circ \pm 5,65^\circ$ idi. Erkeklerde 3 boyutlu asetabular inklinasyon

kadınlara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu (**p = 0,013**). (Tablo 2).

Kombine anteversiyon 2 boyutlu ve 3 boyutlu olarak ayrı ayrı hesaplandı. 2 boyutlu kombine anteversiyon erkeklerde ortalama $28,10^\circ \pm 10,62^\circ$; kadınlarda ortalama $34,56^\circ \pm 10,21^\circ$; totalde ortalama $31,33^\circ \pm 10,86^\circ$ idi. Erkekler ve kadınlar arasında anlamlı fark vardı. (**p 0,003**). 3 boyutlu kombine anteversiyon erkeklerde ortalama $38,13^\circ \pm 12,82^\circ$; kadınlarda ortalama $47,44^\circ \pm 10,32^\circ$; totalde ortalama $42,78^\circ \pm 12,78^\circ$ idi. Erkekler ve kadınlar arasında anlamlı fark vardı (**p 0,000**). Hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu kombine anteversiyon değerleri kadınlarda anlamlı derecede daha yüksek bulundu (Sırası ile **p 0,003** ve **p 0,000**) (Tablo 2).

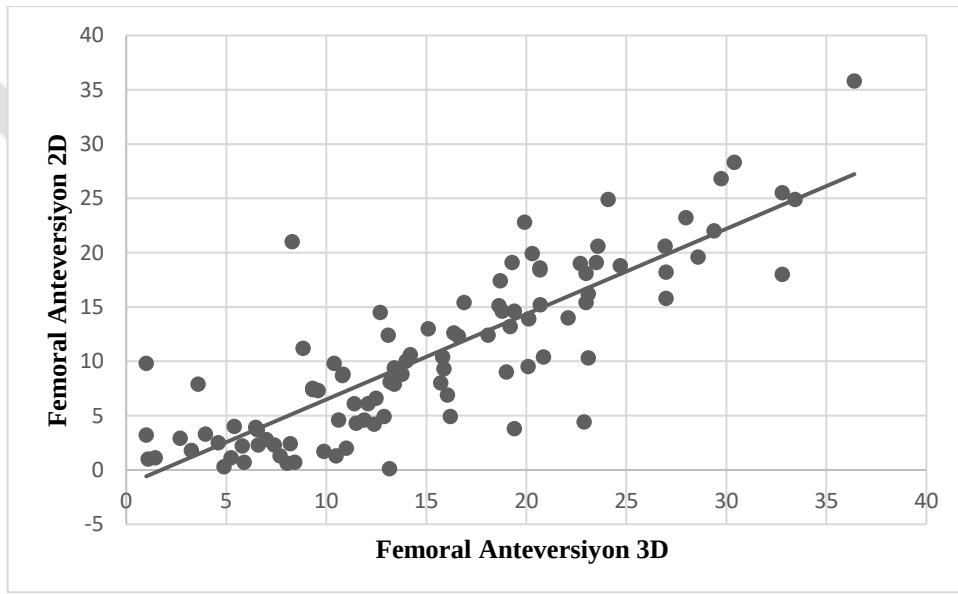
Tablo 2. 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçüm sonuçları

	TOTAL		KADIN			ERKEK			P Değeri
	Ortalama	SD	Aralık	Ortalama	SD	Aralık	Ortalama	SD	
FA 2D	10,71	7,75	0,10- 28,30	12,70	7,04	0,30- 35,8	8,73	7,99	0,010
FA 3D	15,38	8,29	5,40- 33,44	18,56	7,20	1,0- 36,40	12,19	8,14	0,000
FA(TEA)3D	9,11	8,32	-0,75- 28,80	11,75	7,24	-10,02- 26,64	6,47	8,55	0,001
AA 2D	20,61	6,06	7,60- 38,80	21,86	6,18	4,10- 29,20	19,37	5,73	0,039
AA 3D	27,40	7,39	14,10- 47,0	28,87	7,18	15,30- 44,80	25,93	7,37	0,047
AI 2D	38,59	4,07	29,20- 48,30	38,75	3,87	29,10- 46,60	38,42	4,29	0,688
AI 3D	51,41	5,65	33,20- 58,90	50,02	5,83	35,60- 62,0	52,80	5,14	0,013
KA 2D	31,33	10,86	11,90- 64,30	34,56	10,21	13,90- 61,10	28,10	10,62	0,003
KA 3D	42,78	12,48	22,40- 76,64	47,44	10,32	19,70- 74,54	38,13	12,82	0,000

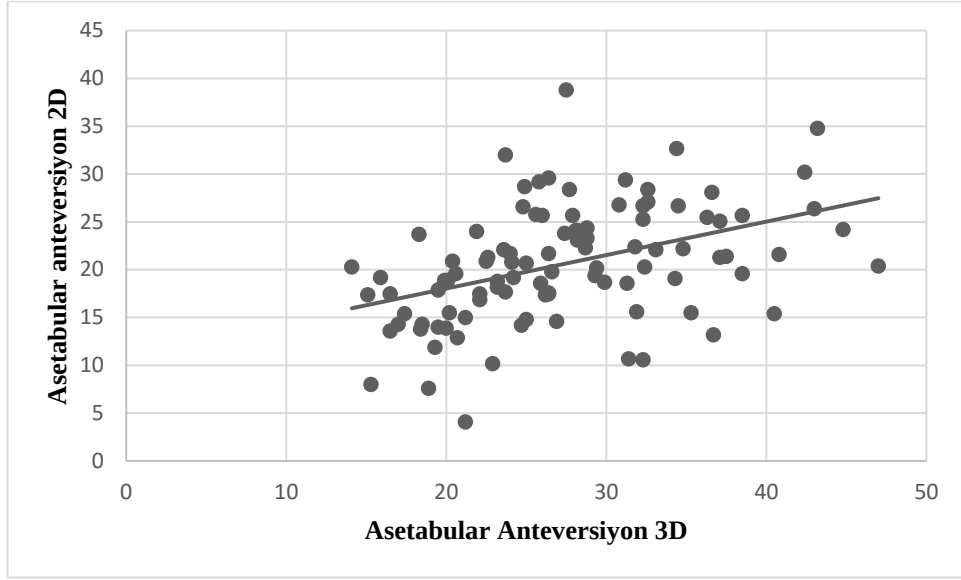
2D: 2 boyutlu, 3D: 3 boyutlu, FA: Femoral Anteversiyon, AA: Asetabular Anteversiyon,
AI: Asetabular İnklinasyon, KA: Kombine Anteversiyon, TEA: Transepikondiler Aks,
SD: Standart Deviasyon

Çalışma grubunda yer alan kişilere ait 2 boyutlu ve 3 boyutlu, femoral anteversiyon, asetabular anteversiyon, asetabular inklinasyon ve kombine anteversiyon ölçümleri arasındaki korelasyonun değerlendirilmesinde Pearson korelasyon katsayısı kullanıldı (Tablo 3).

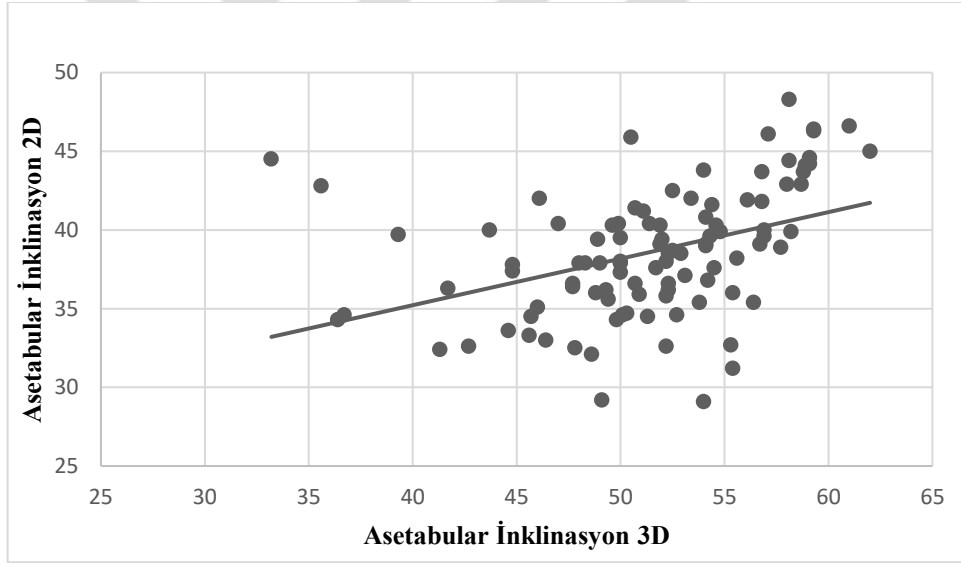
Çalışma grubunun tamamı incelendiğinde femoral anteversiyonun 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçümlerinin yüksek oranda korele olduğu görüldü ($r = 0,840$). Ortalama 3 boyutlu femoral anteversiyon, 2 boyutlu femoral anteversiyondan $4,66^\circ \pm 4,57^\circ$ daha yüksekti (Şekil 41). Asetabular anteversiyon ve asetabular inklinasyonun 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçümleri arasında düşük oranda korelasyon olduğu görüldü (Sırası ile $r = 0,426$ ve $r = 0,410$) (Şekil 42-43). Kombine anteversiyonun 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçümü arasında orta derecede korelasyon saptandı ($r = 0,678$) (Şekil 44).



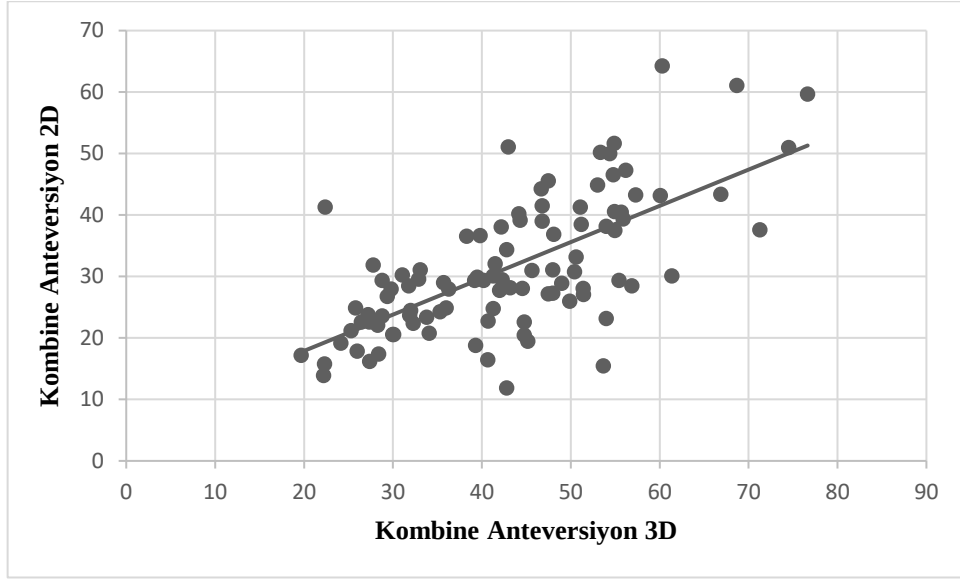
Şekil 41. Femoral anteversiyon korelasyon grafiği



Şekil 42. Asetabular anteversiyon korelasyon grafiği

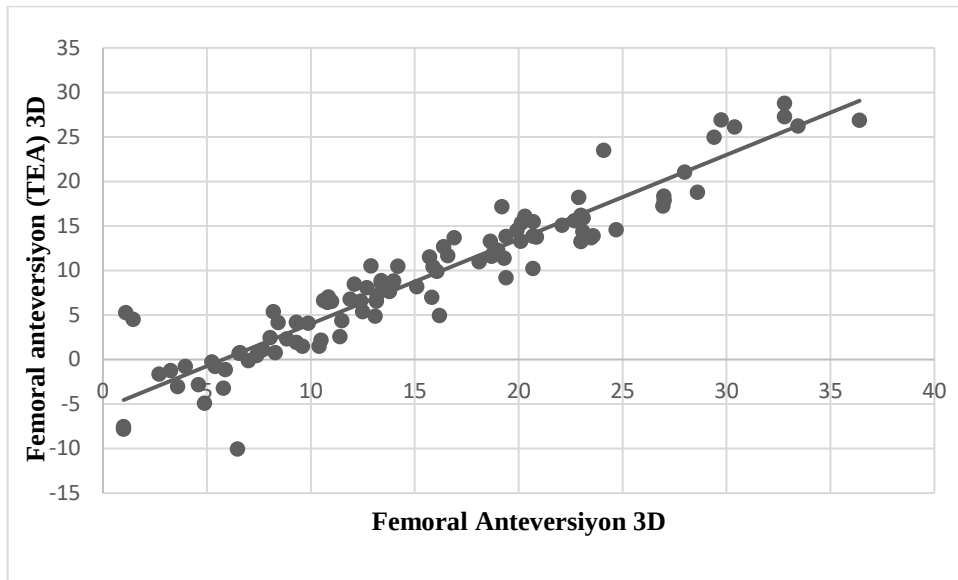


Şekil 43. Asetabular inklinasyon korelasyon grafiği



Şekil 44. Kombine anteversiyon korelasyon grafiği

Üç boyutlu femoral anteversiyonun ölçümünde, distal femur aksı belirlenirken posterior kondiler aks yöntemi ve transepikondiler aks yöntemi kullanılarak yapılan ölçüm sonuçları arasındaki korelasyonun değerlendirilmesinde de Pearson korelasyon katsayısı kullanıldı. Posterior kondiler aks ve transepikondiler aks kullanılarak yapılan 3 boyutlu femoral anteversiyon ölçümleri arasında hem kadınlarda ($r = 0,960$) hem erkeklerde ($r = 0,927$) yüksek düzeyde korelasyon saptandı. Kadın erkek ayrımı yapılmaksızın çalışma grubunun tamamı incelendiğinde de benzer şekilde iki yöntem arasında korelasyon yüksek düzeydeydi ($r = 0,946$). Ancak posterior kondiler aks yöntemi ile ölçülen 3 boyutlu femoral anteversiyon transepikondiler aks yönteminden ortalama $6,26^\circ \pm 2,73^\circ$ daha yüksekti (Şekil 45).



Şekil 45. Femoral anteversiyonun iki ölçüm yöntemi arasındaki korelasyon grafiği

Tablo 3 Ölçümler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

	<i>FA 3D</i>	<i>AA 3D</i>	<i>AI 3D</i>	<i>KA 3D</i>
<i>FA (TEA) 3D</i>	0,946	-	-	-
<i>FA 2D</i>	0,840	-	-	-
<i>AA 2D</i>	-	0,426	-	-
<i>AI 2D</i>	-	-	0,410	-
<i>KA 2D</i>	-	-	-	0,678

2D: 2 boyutlu, 3D: 3 boyutlu, FA: Femoral Anteversiyon, AA: Asetabular Anteversiyon,

AI: Asetabular İnklinasyon, KA: Kombine Anteversiyon, TEA: Transepikondiler Aks

Blant- Altman analizinde asetabular anteversiyon ve asetabular inklinasyon ölçümünde 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçümler arasındaki fark anlamlı düzeydeydi (Sırasıyla $p = 0,032$, $p=0,000$). Femoral anteversiyon ölçümünde 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçüm yöntemleri arasındaki fark anlamlı düzeyde değildi ($p = 0,229$). Kombine anteversiyonun 2 boyutlu ve 3 boyutlu değerleri arasındaki fark da anlamlı düzeyde değildi ($p = 0,063$). Posterior kondiler aks

ve transepikondiler aks kullanılarak yapılan 3 boyutlu femoral anteversiyon ölçümlerinde de 2 yöntem arasında anlamlı fark yoktu ($p = 0,918$)



TARTIŞMA

Kalça eklemının stabilitesini ve işlevselliğini asetabulum ve proksimal femur arasındaki ilişki belirler. Asetabulum ve kalça eklemi arasındaki oryantasyon femoroasetabular sıkışma, osteoartrit, kalça ağrısı gibi patolojik durumlarla ilişkilidir (1–3). Ayrıca total kalça artroplastisi yapılan hastalarda asetabular ve femoral komponentlerin pozisyonu; protezin stabilitesi, ömrü, polietilen aşınma durumu, impingement, çıkık, periprostetik osteoliz, kalça ağrısı, kanda metal iyonlarının artması gibi durumlarda ilişkilidir (4–7). Lewinnek ve ark. tarafından total kalça artroplastisinde asetabular cup inklinasyonunu 40° ($\pm 10^\circ$), cup anteversiyonunu 15° ($\pm 10^\circ$) ‘Güvenli Bölge’ olarak tariflenmiş ve standardize edilmiştir (8). Ancak hem femoral anteversiyon hem de asetabular anteversiyon ve inklinasyonun yaş, cinsiyet, ırk gibi kişisel özelliklere göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir ve kalça artroplastisinde güvenli bölge kişisel farklılıklar gösterebilir. Bu nedenle son yıllarda kombine anteversiyon kavramı total kalça artroplastisinde popülerlik kazanmıştır. Özellikle sementsiz femoral stemlerin press fit tekniğiyle stabil bir şekilde femur medullasına yerleştirilmesi için femurun doğal geometrisine uyum sağlaması gerekir. Sementsiz stemlerin postoperatif anteversiyonu femurun doğal anatomisine bağımlıdır (4,17). Total kalça protezinde doğal kalça anatomisi ve kombine anteversiyonun korunması cerrahi sonuçlar ve kalça fonksiyonları açısından oldukça önemlidir (4). Total kalça artroplastisinde kombine anteversiyonun restore edilmesi stabiliteyi artırarak çıkık ihtimalini düşürmektedir (4) ve impingement olmadan en geniş hareket açıklığına olanak verir (11).

Total kalça protezlerinde asetabular cup ve femoral stemin uygun anteversiyonda yerleştirilmediğini gösteren çalışmalar literatürde mevcuttur (7,92,93). Bu nedenle doğal kalça anatomisinin ve proksimal femur ile asetabulum arasındaki oryantasyonun bilinmesi hem femoroasetabular sıkışma, osteoartrit, gelişimsel kalça displazisi gibi kalça patolojilerinde hem de total kalça protezi yapılan hastalarda preop planlamada oldukça önemlidir.

Standart radyografiler ve 2 boyutlu BT ile femoral anteversiyon, asetabular anteversiyon, asetabular inklinasyon, kombine anteversiyon ölçümü hasta pozisyonu, pelvik tilt, ölçümlerin yapıldığı kesitlerin seviyesi, proksimal femur deformiteleri gibi etmenlerden etkilenmektedir (1,7–9,13–20). 3 boyutlu BT ile ölçüm hasta pozisyonu ve pelvik tiltten etkilenmemektedir (7,20,21). Çalışmamızda femoral anteversiyon, asetabular anteversiyon, asetabular inklinasyon ve kombine anteversiyonu hem standart 2 boyutlu BT kesitlerinden hem de 3 boyutlu BT modellemeleri üzerinden ölçerek ölçüm sonuçlarını karşılaştırdık. Ayrıca 3 boyutlu femoral anteversiyon ölçümünde iki ayrı yöntem kullandık. Distal femoral aks belirlenmesinde

posterior kondiler aks ve transepikondiler aks yöntemi kullanılarak yapılan femoral anteversiyon ölçümlerini karşılaştırdık.

Çalışmamızda amaçlarımız, femoral anteversiyon, asetabular anteversiyon, asetabular inklınasyon, kombine anteversiyonun 2 boyutlu BT standart kesitleri ve 3 boyutlu BT modellemeleri üzerinden ölçüm sonuçlarını karşılaştırmak; çalışma grubumuzdaki bireylerde anatomik 3 boyutlu femoral anteversiyon, asetabular anteversiyon, asetabular inklınasyon, kombine anteversiyon değerlerini saptamak; cinsiyetler arasında ölçülen parametreler açısından fark olup olmadığını araştırmak; femoral anteversiyon ölçümünde kullanılan 2 farklı yöntemi (posterior kondiler aks- transepikondiler aks) 3 boyutlu BT modellemeler üzerinden yapılan ölçümlerle karşılaştırmaktır.

Çalışmamızda 2 boyutlu asetabular anteversiyon erkeklerde ortalama $19,37^{\circ} \pm 5,73^{\circ}$; kadınlarda ortalama $21,86^{\circ} \pm 6,18^{\circ}$ 3 boyutlu asetabular anteversiyon erkeklerde ortalama $25,93^{\circ} \pm 7,37^{\circ}$; kadınlarda ortalama $28,87^{\circ} \pm 7,18^{\circ}$ idi. Çalışma grubumuzdaki ortalama 3 boyutlu asetabular anteversiyon değerleri Lewinnek'in asetabular cup yerleşimi için tanımladığı 'Güvenli Bölge' nin dışında bulundu (8). Hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu ölçümlerde asetabular anteversiyon literatürle uygun şekilde kadınlarda erkeklerden daha yüksekti. Önceki çalışmalarda da asetabular anteversiyon kadınlarda daha yüksek bulunmuştur (20,45,94–97). Çalışmamızda 2 boyutlu ve 3 boyutlu asetabular anteversiyon ölçümleri arasında hem kadınlarda hem erkeklerde hem de çalışma grubunun tamamında düşük düzeyde korelasyon izlendi. Ayrıca iki ölçüm yöntemi arasında anlamlı derecede fark vardı ($p = 0,032$). Bu sonuçlara göre asetabular anteversiyon ölçümünde 2 boyutlu BT kullanımının gerçek anteversiyon değerlerinin saptanmasında eksikliklere yol açabileceğini düşünüyoruz.

Literatürde asetabular anteversiyonun 2 boyutlu BT ve 3 boyutlu BT ile ölçümünü karşılaştıran sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Barlow ve ark. çalışmalarında 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçümleri çalışmamıza benzer şekilde yapmış, ortalama 2 boyutlu asetabular anteversiyonu $22^{\circ} \pm 6,0^{\circ}$, 3 boyutlu asetabular anteversiyonu $16,1^{\circ} \pm 5,9^{\circ}$ bulmuşlar ve iki ölçüm yöntemi arasında tutarsızlık olduğunu belirtmişlerdir (20). Park ve ark. ortalama 2 boyutlu asetabular anteversiyonu $18,64^{\circ} \pm 5,15^{\circ}$, 3 boyutlu asetabular anteversiyonu $14,98^{\circ} \pm 5,38^{\circ}$ bulmuşlar ve 3 boyutlu ölçümün daha tutarlı bir ölçüm yöntemi olduğunu belirtmişlerdir ancak iki yöntem arasında Pearson korelasyon analizi ile çalışmamızdan farklı olarak daha yüksek düzeyde korelasyon bulmuşlardır (21). Park ve ark. 2 boyutlu anteversiyonu çalışmamızla benzer şekilde ölçmelerine rağmen 3 boyutlu ölçüm yöntemleri bizim yöntemimizden farklı idi. Çalışmamızda bu iki çalışmadan farklı olarak 3 boyutlu asetabular anteversiyon değeri hem kadınlarda hem de erkeklerde 2 boyutlu asetabular anteversiyondan

daha yüksekti. Bu farkın sebebi 2 boyutlu ölçümlerde ölçümlerin yapıldığı kesitlerin seviyesi olabilir. Aime ve ark. çalışmalarında asetabular anteversiyon değerlerinin asetabulumun farklı seviyelerinden yapılan ölçümlerde birbirinden oldukça farklı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca 2 boyutlu anteversiyon ölçümlerinin pelvik tilt, hasta pozisyonu, pelvik oblisite gibi etmenlerden etkilendiği bilinmektedir.

Cai ve ark. kalça displazisi olan pediatrik hasta grubunda asetabular anteversiyon ölçümlerini 2 boyutlu BT ile , 3 boyutlu BT ile ve 3 boyutlu BT modellerinden birebir boyutlarda 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş pelvis modelleri üzerinden ölçmüşler, 3 boyutlu BT ile ölçüm sonuçlarının pelvis modelleri ile benzer olduğunu ancak 2 boyutlu BT ile yapılan ölçümlerin farklı olduğunu bulmuşlardır (98). Bizim sonuçlarımız da bu çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir.

Jozwiak ve ark. 3 boyutlu ve 2 boyutlu ölçüm yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında anterior pelvik planı değil sakral taban planını referans almışlar, ayrıca asetabular eksenin belirlenmesinde de farklı bir yöntem kullanmışlardır (99). Çalışmalarında kendi tarifledikleri 3 boyutlu ölçüm yönteminin daha doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir ve 3 boyutlu asetabular anteversiyonu ortalama $30,37^\circ$ bulmuşlardır (99).

Doğal asetabular anteversiyonu 3 boyutlu olarak ölçen diğer çalışmalarda; Higgins ve ark. 200 pelvisi inceledikleri çalışmalarında 3 boyutlu ölçümü bizim çalışmamıza benzer şekilde yapmışlar ve asetabular anteversiyonu kadınlarda $24,7^\circ \pm 6,6^\circ$, erkeklerde $21,5^\circ \pm 6,1^\circ$, totalde $23,2^\circ \pm 6,6^\circ$ bulmuşlardır, bu çalışmada da kadınlarda asetabular anteversiyon erkeklerden anlamlı derecede fazla bulunmuştur (95). Suzuki ve ark. 120 pelvis tomografisi üzerinden anterior pelvik planı referans alarak 3 boyutlu modellemeler oluşturmuşlar ancak anatomik anteversiyonu femur başı merkezinden geçen tek bir horizontal plandan yapmışlardır (94). Çalışmalarında anatomik anteversiyonu erkeklerde $19,7^\circ \pm 4,8^\circ$, kadınlarda $22,8^\circ \pm 5,1^\circ$ bulmuşlardır (94). Zhang ve ark. 100 Çinli bireyin BT görüntülerini kullanarak yaptıkları çalışmada ortalama asetabular anteversiyonu kadınlarda $21,5^\circ$, erkeklerde $18,8^\circ$, totalde $20,1^\circ$ bulmuşlardır, kadınlarda asetabular anteversiyon bu çalışmada da erkeklerden yüksektir (45). Ayrıca 3 boyutlu olarak pelvic tilt, rotasyon ve oblisiteyi değerlendirmişler ve geniş bir varyasyon saptamışlar. Bu nedenle 2 boyutlu asetabular anteversiyon ve inklinasyon ölçümünün bu geniş varyasyondan etkilenecek yanlış sonuçlar verebileceğini belirtmişlerdir (45). Wang ve ark. 46 bireyde 98 kalçayı incelemişler, çalışmamıza benzer şekilde referans plan olarak anterior pelvik planı, asetabulum aksı için asetabular düzlemi kullanmışlardır (100). Anatomik asetabular anteversiyon kadınlarda $18,93^\circ \pm 7,04^\circ$, erkeklerde $17,51^\circ \pm 7,98^\circ$, totalde $18,12^\circ \pm 7,59^\circ$ bulunmuş, kadınlar ve erkekler arasında anlamlı fark izlenmemiş ve 3 boyutlu

ölçümün anatomik asetabular anteversiyonu yüksek doğrulukta ölçtüğünü belirtmişlerdir (100). Nathan ve ark. çalışmalarında 3 boyutlu asetabular anteversiyon ölçümünde bizim çalışmamıza benzer bir yöntem kullanmışlar ve anatomik asetabular anteversiyonu kadınlarda $25,43^\circ \pm 7,0^\circ$, erkeklerde $22,00^\circ \pm 5,9$, totalde $23,92^\circ \pm 6,7^\circ$ bulmuşlardır (97).

Çalışma grubumuzda saptadığımız 3 boyutlu asetabular anteversiyon değeri literatürdeki benzer çalışmalardan daha yüksek bulunmuştur, ırksal farklılıklar bu durumun temel nedeni olabilir. Çalışmamız Türk toplumunda asetabular anteversiyonun 3 boyutlu olarak ölçüldüğü ilk çalışmadır.

Çalışmamızda ortalama 2 boyutlu asetabular inklinasyon erkeklerde $38,42^\circ \pm 4,29^\circ$, kadınlarda $38,75^\circ \pm 3,75^\circ$, totalde $38,59^\circ \pm 4,07^\circ$, 3 boyutlu asetabular inklinasyon erkeklerde $52,80^\circ \pm 5,14^\circ$, kadınlarda $50,02^\circ \pm 5,83$, totalde $51,41^\circ \pm 5,65^\circ$ bulunmuştur. Ortalama 3 boyutlu asetabular inklinasyon sonuçlarımız benzer ölçüm yöntemleri kullanan diğer çalışmalar ile benzerdir (21,45,95,97). Çalışma grubumuzdaki ortalama 3 boyutlu asetabular inklinasyon değerleri Lewinnek'in asetabular cup yerleşimi için tanımladığı "Güvenli Bölge" nin dışındadır (8). 2 boyutlu asetabular inklinasyonda erkek ve kadınlar arasında anlamlı fark bulunamadı. 3 boyutlu asetabular inklinasyon erkeklerde daha yüksekti ancak ortalama fark $1,98^\circ$ idi. Diğer çalışmalarda da kadın ve erkek grupların 3 boyutlu asetabular inklinasyon dereceleri birbirine yakındır (45,95,97,100). 2 boyutlu ve 3 boyutlu asetabular inklinasyon ölçüm sonuçları arasında korelasyon düşük düzeydeydi. Ayrıca 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçüm sonuçları anlamlı düzeyde farklıydı ($p = 0,000$). 2 boyutlu BT ile asetabular inklinasyon ölçümünün doğal asetabular anatomiye yansıtmadığını düşünüyoruz.

Daha önce yapılmış asetabular inklinasyonun 2 boyutlu BT ve 3 boyutlu BT ile ölçümünü karşılaştıran az sayıda çalışmaya ulaşabildik. Park ve ark. hem 2 boyutlu ölçümde hem 3 boyutlu ölçümde çalışmamıza benzer yöntemler kullanmışlar ve ortalama asetabular inklinasyonu 2 boyutlu BT ile $42,01^\circ \pm 3,63^\circ$, 3 boyutlu BT ile $52,80^\circ \pm 4,48^\circ$ bulmuşlardır (21). Çalışmamıza benzer şekilde 3 boyutlu BT yönteminde daha yüksek sonuçlara ulaşmışlar ve iki yöntem arasında düşük derecede korelasyon saptamışlardır (21). Jozwiak ve ark. BT topogramı üzerinden yaptıkları 2 boyutlu asetabular inklinasyon ölçümünü 3 boyutlu BT ölçümü ile kıyaslamışlar ve iki yöntem arasında düşük derecede korelasyon saptamışlardır. Çalışmalarında ortalama asetabular inklinasyonu 3 boyutlu yöntem ile $70,59^\circ$ bulmuşlar ancak 3 boyutlu yöntemde referans plan olarak anterior pelvik planı değil sakral taban planını kullanmışlardır (99).

Üç boyutlu BT modelleri kullanarak asetabular inklinasyon açılarını ölçen diğer çalışmalarda Wang ve ark. ortalama anatomik asetabular inklinasyonu $37,48^{\circ} \pm 11,07^{\circ}$ bulmuşlar, kadınlar ve erkekler arasında anlamlı fark saptamamışlardır (100). Zhang ve ark. çalışmalarında ortalama 3 boyutlu anatomik inklinasyonu $53,6^{\circ}$ olarak saptamış, bizim çalışmamızdan farklı olarak kadınlarda ortalama $1,5^{\circ}$ yüksek olduğunu belirtmişlerdir (45). 3 boyutlu ölçümleri çalışmamıza benzer şekilde yapan Higgins ve ark. ortalama anatomik inklinasyonu $56,5^{\circ} \pm 4,3^{\circ}$ bulmuşlar, çalışmamızdan farklı olarak kadınlarda erkeklerden ortalama $1,4^{\circ}$ daha yüksek bulmuşlardır (95). Aime ve ark. 3 boyutlu ortalama asetabular inklinasyonu $39,7^{\circ} \pm 4,3^{\circ}$ bulmuşlar, kadın ve erkek grupları arasında fark saptamamışlardır, ancak asetabular eksenini oluştururken saat 6 ve 12 kadranında yalnızca iki noktayı kullanmışlardır (96). Nathan ve ark. 3 boyutlu anatomik inklinasyonu erkeklerde $54,65^{\circ} \pm 4,1^{\circ}$, kadınlarda $56,24^{\circ} \pm 4,6^{\circ}$, totalde $55,54^{\circ} \pm 6,7^{\circ}$ bulmuşlar ve kadınlardaki yüksekliğin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmişlerdir ancak kadın ve erkeklerin ortalama değerleri arasındaki fark $1,59^{\circ}$ dir (97). Suzuki ve ark. çalışmalarında 120 bireyin pelvis BT görüntülerinden 3 boyutlu modellemeler oluşturmuşlar, referans plan olarak anterior pelvik planı kullanmışlar ancak asetabular inklinasyonu tek bir koronal kesitte sharp açısını ölçerek bulmuşlardır (94). Çalışmalarında sharp açısı ortalama erkeklerde $39,7^{\circ} \pm 3,5^{\circ}$, kadınlarda $42,3^{\circ} \pm 4,1^{\circ}$ bulunmuştur (94).

Çalışmamızda ortalama femoral anteversiyon 2 boyutlu BT ile erkeklerde $8,73^{\circ} \pm 7,99^{\circ}$; kadınlarda $12,7^{\circ} \pm 7,04^{\circ}$; totalde $10,71^{\circ} \pm 7,75^{\circ}$ idi. Ortalama 3 boyutlu femoral anteversiyon erkeklerde $12,19^{\circ} \pm 8,14^{\circ}$; kadınlarda $18,56^{\circ} \pm 7,2^{\circ}$; totalde $15,38^{\circ} \pm 8,29^{\circ}$ idi. Hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu ölçümlerde femoral anteversiyon kadınlarda erkeklerden daha yüksekti, sonuçlarımız cinsiyetler arası farklılıklar açısından literatürü desteklemektedir (2,69). 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçüm sonuçları arasında yüksek düzeyde korelasyon vardı ve sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı; ancak 3 boyutlu ortalama femoral anteversiyon, 2 boyutlu ortalama femoral anteversiyondan $4,66^{\circ} \pm 4,57^{\circ}$ daha yüksekti. Femoral anteversiyon ölçümlerinde iki yöntem arasında klinik olarak önemli minimum farkın kaç derece olduğu daha önceki çalışmalarda incelenmemiştir ancak Fuller ve ark. 5° 'lik farkı önemsiz kabul etmişlerdir (101). Literatürde 2 boyutlu ve 3 boyutlu BT ile femoral anteversiyon ölçümünü kıyaslayan az sayıdaki çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır, çalışmamızın sonuçları literatürü destekler niteliktedir (21,101).

Literatürde 2 boyutlu BT ve 3 boyutlu BT ile doğal femoral anteversiyon ölçümünü karşılaştıran az sayıda çalışma vardır. Fuller ve ark. 8 kadavra ile yaptıkları çalışmada femoral anteversiyon ölçümünde 2 boyutlu BT ve 3 boyutlu BT ölçümleri arasında çalışmamızda

olduğu gibi anlamlı fark saptamamış, ancak 3 boyutlu ölçüm sonuçlarının 2 boyutludan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (101). Fuller ve ark. femoral anteverسیون ölçümünde iki yöntem arasındaki 5°'ye kadar olan farkı önemsiz kabul etmişlerdir (101). Park ve ark. 96 hasta ile yaptıkları çalışmada femoral anteverسیونu 2 boyutlu BT ile $14,44^{\circ} \pm 7,88^{\circ}$, 3 boyutlu BT ile $17,26^{\circ} \pm 6,23^{\circ}$ olarak bulmuşlar (21). Çalışmamıza benzer şekilde bu çalışmada da iki yöntem arasında yüksek korelasyon saptanmış ve 3 boyutlu ölçümler daha yüksek bulunmuştur. Brooks ve ark. torsiyonel deformitesi olan 17 pediatrik hastada 2 boyutlu BT ve 3 boyutlu BT ile femoral anteverسیون ölçüm sonuçlarını kıyaslamışlar ve iki yöntem arasında yüksek düzeyde korelasyon bulmuşlardır (102). Çalışmamızdan farklı olarak 3 boyutlu ölçüm sonuçları 2 boyutludan ortalama $5,1^{\circ}$ daha düşük bulunmuştur. Yazarlar iki yöntem arasında yüksek korelasyon olmasına rağmen bu fark nedeniyle iki ölçüm yönteminin birbiri yerine kullanılamayacağını, femoral anteverسیون ölçümünde 3 boyutlu yöntemin kullanılmasının daha uygun olduğunu belirtmişlerdir (102). Neder ve ark. 71 pediatrik hastada 142 femur ile yaptıkları çalışmada 2 boyutlu BT ve 3 boyutlu BT modellemeleri üzerinden yaptıkları femoral anteverسیون ölçüm sonuçlarını kıyaslamışlar, deformitesi olmayan çocuklarda iki yöntem arasında anlamlı bir fark bulamamışlar ancak özellikle koksa valga ve kalça fleksiyon deformitesi olan çocuklarda iki yöntem arasında anlamlı fark saptamışlardır (19). Bu farkın nedeninin koksa valga, kalça fleksiyon kontraktürü gibi deformitelerde proksimal femur aksının 2 boyutlu BT ile belirlenmesindeki zorluklar olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarının sonucu olarak özellikle deformitesi olan hastalarda 3 boyutlu ölçüm ile femoral anteverسیون ölçümünün daha uygun olduğunu belirtmişlerdir (19). Tanoğlu Türk toplumunda 120 hasta ile yaptığı çalışmasında 3 boyutlu BT ölçümü ile ortalama femoral anteverسیونu kadınlarda $17,1^{\circ} \pm 9,9^{\circ}$, erkeklerde $10,6^{\circ} \pm 8,3^{\circ}$, totalde $13,9^{\circ} \pm 9,6^{\circ}$ olarak bulmuş, kadınlardaki yüksekliğin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğunu belirtmiştir (69). Bu çalışmada femoral anteverسیونun yaş, cinsiyet ve ırksal farklılıklardan etkilenebileceği belirtilmiştir (69).

Kombine anteverسیون değerini femoral anteverسیون ve asetabular anteverسیون değerlerinin toplamı olarak hesapladık. Çalışmamızda ortalama kombine anteverسیون 2 boyutlu BT ile erkeklerde $28,10^{\circ} \pm 10,62^{\circ}$, kadınlarda $34,56^{\circ} \pm 10,21^{\circ}$, totalde $31,33^{\circ} \pm 10,86^{\circ}$; 3 boyutlu BT ile erkeklerde $38,13^{\circ} \pm 12,82^{\circ}$, kadınlarda $47,44^{\circ} \pm 10,32^{\circ}$ totalde $42,78^{\circ} \pm 12,48^{\circ}$ bulunmuştur. Hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu ölçümlerde kombine anteverسیون kadınlarda erkeklerden daha yüksek bulunmuştur.

Literatürde kombine anteverسیونu 2 boyutlu BT ve 3 boyutlu BT ölçümleri ile kıyaslayan bir çalışmaya rastlanmamıştır ve çalışmamız bu konudaki ilk çalışmadır. Çalışmamızda kombine anteverسیون hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu ölçümlerde kadınlarda

erkeklerden daha yüksekti. Kombine anteversiyonun 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçüm sonuçları arasında orta düzeyde korelasyon saptanmıştır. 2 boyutlu ve 3 boyutlu yöntemler arasında femoral anteversiyon ölçümünde korelasyon yüksekken, asetabular anteversiyonda korelasyon düşük düzeyde saptanmıştır, bu nedenle kombine anteversiyon açılarının hesaplanmasında 3 boyutlu ölçümlerin kullanılmasını öneriyoruz.

2 boyutlu BT kesitleri kullanılarak yapılan diğer çalışmalarda; Merle ve ark. 131 hasta ile yaptıkları çalışmalarında doğal kalça kombine anteversiyonunu ortalama $32,6^{\circ} \pm 12,08^{\circ}$ bulmuşlar ve kadın - erkek arasında anlamlı fark saptamamışlardır (30). Maheshwari ve ark. 86 Hintli bireyin 172 kalçasını inceledikleri çalışmalarında ortalama kombine anteversiyonu $27,1^{\circ} \pm 6,3^{\circ}$ bulmuşlar, kadınlarda daha yüksek saptamışlardır (64). Cho ve ark. Güney Koreli 952 hasta ile yaptıkları çalışmada kombine anteversiyonu yaş grupları ve cinsiyete göre karşılaştırmışlar, 50 yaş altındaki hastalarda cinsiyetler arasında fark yokken 50 yaş üstünde kadınlarda daha yüksek bulunmuştur (27). Çalışmamızdaki 2 boyutlu kombine anteversiyon değerleri bu çalışmalarla benzerdir ancak 3 boyutlu kombine anteversiyon ölçümlerinde literatürden yüksek sonuçlar bulduk. 2 boyutlu kombine anteversiyon ölçümlerinin doğal anatomiye yansıtmadığını düşünüyoruz.

Literatürde femoral anteversiyon ölçümünde distal femur aksını belirlemek için en sık kullanılan referans posterior kondiler aksıdır (2); ancak transepikondiler aks da referans olarak kullanılmaktadır (61). Klasik kalça artroplastisi ameliyatlarında femoral stem anteversiyonu genellikle cerrah tarafından görsel olarak ayarlanır. Posterior kondiler aksın ameliyat esnasında görselleştirilmesi veya palpe edilmesi mümkün değildir, transepikondiler aks ise epikondiller palpe edilerek daha kolay tahmin edilebilir. Bu nedenle femoral anteversiyon ölçümünde posterior kondiler aks ve transepikondiler aks referanslarını 3 boyutlu BT modellemeler üzerinden karşılaştırdık. İki yöntem arasında yüksek düzeyde korelasyon saptadık ($r = 0,946$), iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu. Ancak posterior kondiler aks yöntemi ile ölçülen 3 boyutlu femoral anteversiyon transepikondiler aks yönteminden ortalama $6,26^{\circ} \pm 2,73^{\circ}$ daha yüksekti.

Çalışmamız ulaşabildiğimiz kadarıyla sağlıklı bireylerde 3 boyutlu BT modellemeleri ile bu iki yöntemi karşılaştıran ilk çalışmadır. Literatürde doğal femur anteversiyonu ölçümünde bu iki yöntemi karşılaştıran yalnızca iki çalışmaya ulaşabildik (103,104). Davis ve ark. total kalça artroplastisi planlanan kalça osteoartritli 1004 hastanın ameliyat öncesi planlama için çekilen 1507 femur BT'si ile yaptıkları çalışmada çalışmamıza benzer şekilde iki yöntem arasında yüksek korelasyon saptamışlar, posterior kondiler aks referans alınarak yapılan ölçümlerin transepikondiler aksa göre $1,2^{\circ}$ yüksek olduğunu bulmuşlardır (103). Bu çalışma

grubundaki yaş ortalaması çalışmamızdan yüksektir ve çalışmamızdan farklı olarak kalça osteoartriti olan total kalça artroplastisi hastalarının preop BT görüntüleri incelenmiştir. Yazarlar operasyon sırasında transepikondiler aksın daha ulaşılabilir olması nedeniyle femoral anteversiyon ölçümünde transepikondiler aksın referans olarak kullanılmasını önermiştir (103). Chen ve ark. 90 patellar instabilite hastası ve 90 sağlıklı bireyin 2 boyutlu BT görüntüleri ile yaptıkları çalışmada patellar instabilitesi olan hastalarda transepikondiler aksın femoral anteversiyon ölçümünde kullanılabilir bir referans olduğu sonucuna ulaşmışlardır (104). Castagnini ve ark. total kalça artroplastisi yapılan 91 hastanın postoperatif 2 boyutlu BT görüntüleri ile yaptıkları çalışmalarında iki yöntem arasında yüksek korelasyon saptamışlar ($r = 0,954$), posterior kondiler aks ile yapılan ölçümlerin ortalama $5,27^\circ$ daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (67). Yazarlar ayrıca iki yöntem arasındaki korelasyonun distal kondil AP uzunluğu ve kondil dismorfizminden etkilemediğini belirtmişler, transepikondiler aks referansı ile ölçümlerin daha yüksek gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirliği olduğunu saptamışlar ve femoral stem anteversiyon ölçümünde transepikondiler aks kullanımını önermişlerdir (67). Dorr ve ark. 109 total kalça artroplastisi hastasının postoperatif BT'lerini incelemiş, femoral stem anteversiyon ölçümünde posterior kondiler aks ve transepikondiler aks yöntemleri arasında çalışmamızda olduğu gibi yüksek korelasyon saptamışlardır ($r = 0,994$) (105). Jackson ve ark. total kalça artroplastisi yapılan 29 hastanın postoperatif BT görüntülerini incelemiş, transepikondiler aks ve posterior epikondiler aks ile yapılan ölçümlerin stem anteversiyon ölçümünde yüksek korelasyon gösterdiğini vurgulamışlardır. Çalışmamızın sonuçları da literatürle benzerdir.

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları vardır. Bunlardan ilki çalışmamızın sadece hastanemize başvuran rastgele seçilmiş sınırlı sayıda bireyden oluşmasıdır. Bunun yanında yalnızca BT görüntüleri kullanılmıştır; MRG, biplanar radyografi gibi diğer görüntüleme yöntemleri ile karşılaştırma yapılmamıştır. Gelecekte diğer ölçüm yöntemleri ve daha yüksek sayıda vaka ile benzer çalışmaların yapılmasının faydalı olacağını düşünmekteyiz.

SONUÇ

Asetabular anteversiyon, asetabular inklinasyon ve kombine anteversiyon ölçümlerinde klasik 2 boyutlu BT kesitleri kullanılarak yapılan ölçümlerin doğal kalça anatomisini yansıtmadığını düşünüyoruz, bu nedenle 3 boyutlu anatomik modeller üzerinden ölçüm yapılmasını öneriyoruz. Femoral anteversiyon ölçümünde literatürle uyumlu şekilde 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçüm yöntemleri arasında yüksek korelasyon saptamamıza rağmen iki yöntem arasındaki $4,66^{\circ} \pm 4,57^{\circ}$ farkın klinik sonuçları etkileyip etkilemeyeceği tam olarak bilinmemektedir. Bu konuyu aydınlatmak için klinik çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu nedenle femoral anteversiyon ölçümünde de 3 boyutlu yöntemi öneriyoruz. Transepikondiler aksın ameliyat sırasında ulaşılabilirliğinin daha kolay olması nedeniyle özellikle kalça artroplastisi ameliyatlarında ameliyat öncesi planlamada transepikondiler aksın kullanılmasının daha uygun olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışma grubumuzun ortalama 3 boyutlu asetabular anteversiyon ve inklinasyon değerleri Lewinnek tarafından asetabular cup pozisyonu için önerilen “Güvenli Bölge” nin dışındadır (8). Daha önceki çalışmalarda total kalça artroplastisi ameliyatları sonrası stem ve cup anteversiyonunun doğal kalça anatomisini tam olarak restore etmediği vurgulanmıştır (7,92,93). Ayrıca çalışma grubumuzda kombine anteversiyonun geniş bir aralıkta dağıldığını tespit ettik. Bu nedenle total kalça artroplastisi planlanan hastalarda asetabular ve femoral komponentlerin pozisyonunun standardize edilmesinin uygun olmadığını düşünmekteyiz. Ameliyat öncesi planlamada BT ile 3 boyutlu ölçümler yapılarak stem ve cup pozisyonunun hastanın doğal anatomisine göre kişiselleştirilmesinin daha uygun olduğunu düşünüyoruz.

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. Tönnis D, Heinecke A. Acetabular and femoral anteversion: relationship with osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1999 Dec;81(12):1747–70.
2. Scorcelletti M, Reeves ND, Rittweger J, Ireland A. Femoral anteversion: significance and measurement. *J Anat.* 2020 Nov;237(5):811–26.
3. Murray DW. The definition and measurement of acetabular orientation. *J Bone Joint Surg Br.* 1993 Mar;75(2):228–32.
4. Dorr LD, Malik A, Dastane M, Wan Z. Combined anteversion technique for total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2009 Jan;467(1):119–27.
5. Patil S, Bergula A, Chen PC, Colwell CW, D’Lima DD. Polyethylene wear and acetabular component orientation. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85-A Suppl 4:56–63.
6. D’Lima DD, Chen PC, Colwell CW. Optimizing acetabular component position to minimize impingement and reduce contact stress. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83-A Suppl 2 Pt 2:87–91.
7. Tsai TY, Dimitriou D, Li G, Kwon YM. Does total hip arthroplasty restore native hip anatomy? Three-dimensional reconstruction analysis. *Int Orthop.* 2014;38(8):1577–83.
8. Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, Compere CL, Zimmerman JR. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am.* 1978 Mar;60(2):217–20.
9. McKibbin B. Anatomical factors in the stability of the hip joint in the newborn. *J Bone Joint Surg Br.* 1970 Feb;52(1):148–59.
10. Reikerås O, Bjerkreim I, Kolbenstvedt A. Anteversion of the acetabulum and femoral neck in normals and in patients with osteoarthritis of the hip. *Acta Orthop.* 1983;54(1):18–23.
11. O’Connor PB, Thompson MT, Esposito CI, Poli N, McGree J, Donnelly T, et al. The impact of functional combined anteversion on hip range of motion: a new optimal zone to reduce risk of impingement in total hip arthroplasty. *Bone Jt Open.* 2021 Oct;2(10):834–41.
12. Ackland MK, Bourne WB, Uhthoff HK. Anteversion of the acetabular cup. Measurement of angle after total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1986 May;68(3):409–13.
13. Abel MF, Sutherland DH, Wenger DR, Mubarak SJ. Evaluation of CT Scans and 3-D Reformatted Images for Quantitative Assessment of the Hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 1994 Jan;14(1):48–53.
14. Anda S, Terjesen T, Kvistad KA. Computed tomography measurements of the acetabulum in adult dysplastic hips: which level is appropriate? *Skeletal Radiol.* 1991;20(4):267–71.
15. Visser JD, Jonkers A. A method for calculating acetabular anteversion, femur anteversion and the instability index of the hip joint. *Neth J Surg.* 1980;32(4):146–9.
16. Visser JD, Jonkers A, Hillen B. Hip joint measurements with computerized tomography. *J Pediatr Orthop.* 1982 Jun;2(2):143–6.
17. Maruyama M, Feinberg JR, Capello WN, D’Antonio JA. The Frank Stinchfield Award: Morphologic features of the acetabulum and femur: anteversion angle and implant positioning. *Clin Orthop Relat Res.* 2001 Dec;(393):52–65.

18. Stem ES, O'Connor MI, Kransdorf MJ, Crook J. Computed tomography analysis of acetabular anteversion and abduction. *Skeletal Radiol.* 2006 Jun 1;35(6):385–9.
19. Iwasaka-Neder J, Bixby SD, Bedoya MA, Liu E, Jarrett DY, Agahigian D, et al. Virtual 3D femur model to assess femoral version: comparison to the 2D axial slice approach. *Pediatr Radiol.* 2023 Nov;53(12):2411–23.
20. Barlow KA, Krol Z, Skadlubowicz P, Dong C, Zivkovic V, Krieg AH. The “true” acetabular anteversion angle (AV angle): 2D CT versus 3D model. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2022 Dec;17(12):2337–47.
21. Park J, Kim JY, Kim HD, Kim YC, Seo A, Je M, et al. Analysis of acetabular orientation and femoral anteversion using images of three-dimensional reconstructed bone models. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2017 May;12(5):855–64.
22. Arıncı K, Elhan A. *Anatomi.* 5th ed. Vol. 1. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2014.
23. Delaere O, Kok V, Nyssen-Behets C, Dheni A. *Ossification of the Human Fetal Ilium.* 1992.
24. Friedrich Paulsen. *Sobotta Atlas of Anatomy.* 17th ed. Paulsen Friedrich, editor. Vol. 1. Munich, Germany: Elsevier GmbH; 2023.
25. Standring Susan MBEPDsFKCHFASHF. Pelvic girdle, hip, gluteal region and thigh. In: Standring Susan MBEPDsFKCHFASHF, editor. *Gray's Anatomy [Internet].* Forty Second edition. 2021. p. 1352-1394.e2. Available from: <https://www.clinicalkey.com/#!/content/3-s2.0-B978070207705000077X>
26. Köhnlein W, Ganz R, Impellizzeri FM, Leunig M. Acetabular morphology: Implications for joint-preserving surgery. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research.* Springer New York; 2009. p. 682–91.
27. Cho Y, Shin J, Kim S. Acetabular, Femoral, and Combined Anteversion in a Province in South Korea: Computed Tomography-Based Study. *Clin Orthop Surg [Internet].* 2023 Aug 1;15(4):567–73. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/37529189>
28. Jamali AA, Mladenov K, Meyer DC, Martinez A, Beck M, Ganz R, et al. Anteroposterior pelvic radiographs to assess acetabular retroversion: High validity of the “cross-over-sign.” *Journal of Orthopaedic Research.* 2007 Jun;25(6):758–65.
29. Turgut A. Kalça eklemi anatomisi ve biyomekaniği. *TOTBID Dergisi.* 2015;
30. Merle C, Grammatopoulos G, Waldstein W, Pegg E, Pandit H, Aldinger PR, et al. Comparison of native anatomy with recommended safe component orientation in total hip arthroplasty for primary osteoarthritis. *Journal of Bone and Joint Surgery.* 2013 Nov 20;95(22).
31. Judet R, Judet J, Letournel E. Fractures of the acetabulum: classification and surgical approaches for open reduction. preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1964 Dec;46:1615–75.
32. Gilligan I, Chandraphak S, Mahakkanukrauh P. Femoral neck-shaft angle in humans: Variation relating to climate, clothing, lifestyle, sex, age and side. *J Anat.* 2013 Aug;223(2):133–51.
33. Fuss FK, Bacher A. New aspects of the morphology and function of the human hip joint ligaments. *American Journal of Anatomy.* 1991 Sep 22;192(1):1–13.
34. Neumann DA, Garceau LR. A proposed novel function of the psoas minor revealed through cadaver dissection. *Clinical Anatomy.* 2015 Mar 16;28(2):243–52.

35. Beaton LE, Anson BJ. The relation of the sciatic nerve and of its subdivisions to the piriformis muscle. *Anat Rec.* 1937 Dec 3;70(1):1–5.
36. Woo RY, Morrey BF. Dislocations after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1982 Dec;64(9):1295–306.
37. Herrlin K, Pettersson H, Selvik G. Comparison of two- and three-dimensional methods for assessment of orientation of the total hip prosthesis. *Acta Radiol.* 1988;29(3):357–61.
38. Murphy SB, Kijewski PK, Millis MB, Harless A. Acetabular dysplasia in the adolescent and young adult. *Clin Orthop Relat Res.* 1990 Dec;(261):214–23.
39. Loftus M, Ma Y, Ghelman B. Acetabular Version Measurement in Total Hip Arthroplasty: the Impact of Inclination and the Value of Multi-Planar CT Reformation. *HSS J.* 2015 Feb;11(1):65–70.
40. Meunier P, Lefevre C, Le Saout J, Kerboul B, Riot O, Meriot P, et al. [A simple method for measuring anteversion of the acetabulum from a frontal radiograph of the hip]. *J Radiol.* 1987 Dec;68(12):799–804.
41. Ghelman B, Kepler CK, Lyman S, Della Valle AG. CT outperforms radiography for determination of acetabular cup version after THA. *Clin Orthop Relat Res.* 2009 Sep;467(9):2362–70.
42. Nho JH, Lee YK, Kim HJ, Ha YC, Suh YS, Koo KH. Reliability and validity of measuring version of the acetabular component. *J Bone Joint Surg Br.* 2012 Jan;94(1):32–6.
43. Lu M, Zhou YX, Du H, Zhang J, Liu J. Reliability and validity of measuring acetabular component orientation by plain anteroposterior radiographs. *Clin Orthop Relat Res.* 2013 Sep;471(9):2987–94.
44. Anda S, Svenningsen S, Grontvedt T, Benum P. Pelvic inclination and spatial orientation of the acetabulum. A radiographic, computed tomographic and clinical investigation. *Acta Radiol.* 1990 Jul;31(4):389–94.
45. Zhang H, Wang Y, Ai S, Chen X, Wang L, Dai K. Three-dimensional acetabular orientation measurement in a reliable coordinate system among one hundred Chinese. *PLoS One.* 2017;12(2):e0172297.
46. Welton KL, Kraeutler MJ, Garabekyan T, Mei-Dan O. Radiographic Parameters of Adult Hip Dysplasia. *Orthop J Sports Med.* 2023 Feb;11(2):23259671231152868.
47. Sharp IK. ACETABULAR DYSPLASIA. *J Bone Joint Surg Br.* 1961 May;43-B(2):268–72.
48. Decker S, Suero EM, Hawi N, Müller CW, Krettek C, Citak M. The physiological range of femoral antetorsion. *Skeletal Radiol.* 2013 Nov;42(11):1501–5.
49. Sutter R, Dietrich TJ, Zingg PO, Pfirrmann CWA. Assessment of Femoral Antetorsion With MRI: Comparison of Oblique Measurements to Standard Transverse Measurements. *AJR Am J Roentgenol.* 2015 Jul;205(1):130–5.
50. Lerch TD, Todorski IAS, Steppacher SD, Schmaranzer F, Werlen SF, Siebenrock KA, et al. Prevalence of Femoral and Acetabular Version Abnormalities in Patients With Symptomatic Hip Disease: A Controlled Study of 538 Hips. *Am J Sports Med.* 2018 Jan;46(1):122–34.
51. Cibulka MT. Determination and significance of femoral neck anteversion. *Phys Ther.* 2004 Jun;84(6):550–8.

52. Chadayammuri V, Garabekyan T, Bedi A, Pascual-Garrido C, Rhodes J, O'Hara J, et al. Passive Hip Range of Motion Predicts Femoral Torsion and Acetabular Version. *J Bone Joint Surg Am*. 2016 Jan 20;98(2):127–34.
53. van Arkel RJ, Amis AA, Jeffers JRT. The envelope of passive motion allowed by the capsular ligaments of the hip. *J Biomech*. 2015 Nov 5;48(14):3803–9.
54. Chaibi Y, Cresson T, Aubert B, Hausselle J, Neyret P, Hauger O, et al. Fast 3D reconstruction of the lower limb using a parametric model and statistical inferences and clinical measurements calculation from biplanar X-rays. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2012;15(5):457–66.
55. Rippstein J. [Determination of the antetorsion of the femur neck by means of two x-ray pictures]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1955;86(3):345–60.
56. Dunlap K, Shands AR, Hollister LC, Gaul JS, Streit HA. A new method for determination of torsion of the femur. *J Bone Joint Surg Am*. 1953 Apr;35-A(2):289–311.
57. Dunn DM, Notley B. Anteversion of the neck of the femur; a method of measurement. *J Bone Joint Surg Br*. 1952 May;34-B(2):181–6.
58. Ogata K, Goldsand EM. A simple biplanar method of measuring femoral anteversion and neck-shaft angle. *J Bone Joint Surg Am*. 1979 Sep;61(6A):846–51.
59. Beebe MJ, Wylie JD, Bodine BG, Kapron AL, Maak TG, Mei-Dan O, et al. Accuracy and Reliability of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging Compared With True Anatomic Femoral Version. *J Pediatr Orthop*. 2017 Jun;37(4):e265–70.
60. Park KK, Tsai TY, Dimitriou D, Kwon YM. Utility of Preoperative Femoral Neck Geometry in Predicting Femoral Stem Anteversion. *J Arthroplasty*. 2015 Jun;30(6):1079–84.
61. Murphy SB, Simon SR, Kijewski PK, Wilkinson RH, Griscom NT. Femoral anteversion. *J Bone Joint Surg Am*. 1987 Oct;69(8):1169–76.
62. KINGSLEY PC, OLMSTED KL. A study to determine the angle of anteversion of the neck of the femur. *J Bone Joint Surg Am*. 1948 Jul;30A(3):745–51.
63. Egund N, Palmer J. Femoral anatomy described in cylindrical coordinates using computed tomography. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*. 1984;25(3):209–15.
64. Maheshwari A V, Zlowodzki MP, Siram G, Jain AK. Femoral neck anteversion, acetabular anteversion and combined anteversion in the normal Indian adult population: A computed tomographic study. *Indian J Orthop*. 2010 Jul;44(3):277–82.
65. Weiner DS, Cook AJ, Hoyt WA, Oravec CE. Computed tomography in the measurement of femoral anteversion. *Orthopedics*. 1978;1(4):299–306.
66. Yoshioka Y, Siu D, Cooke TD. The anatomy and functional axes of the femur. *J Bone Joint Surg Am*. 1987 Jul;69(6):873–80.
67. Castagnini F, Giardina F, Tassinari E, Biondi F, Bracci G, Traina F. Measuring stem anteversion after total hip arthroplasty: posterior condylar tangent versus transepicondylar axis. *Skeletal Radiol*. 2021 Sep;50(9):1775–9.
68. Ruby L, Mital MA, O'Connor J, Patel U. Anteversion of the femoral neck. *J Bone Joint Surg Am*. 1979 Jan;61(1):46–51.

69. Tanoğlu O. Determination of the Gender-Related Differences on Native Femoral Anatomy Using Three-Dimensional Computerized Tomography Models in Caucasian Population. *Cureus*. 2021 Jul;13(7):e16235.
70. Strayer LM. Embryology of the human hip joint. *Clin Orthop Relat Res*. 1971 Jan;74:221–40.
71. Watanabe RS. Embryology of the human hip. *Clin Orthop Relat Res* [Internet]. 1974 [cited 2023 Dec 28];No. 98(98):8–26. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4817247/>
72. Lee MC, Ebersson CP. Growth and Development of the Child's Hip. *Orthopedic Clinics of North America*. 2006 Apr;37(2):119–32.
73. Ponseti I V. Growth and development of the acetabulum in the normal child. Anatomical, histological, and roentgenographic studies. *J Bone Joint Surg Am*. 1978 Jul;60(5):575–85.
74. Harrison TJ. The influence of the femoral head on pelvic growth and acetabular form in the rat. *J Anat*. 1961 Jan;95(Pt 1):12–24.
75. Jouve JL, Glard Y, Garron E, Piercecchi MD, Dutour O, Tardieu C, et al. Anatomical study of the proximal femur in the fetus. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2005 Mar;14(2):105–10.
76. Fabry G, MacEwen GD, Shands AR. Torsion of the femur. A follow-up study in normal and abnormal conditions. *J Bone Joint Surg Am*. 1973 Dec;55(8):1726–38.
77. Pierrepont JW, Marel E, Baré J V, Walter LR, Stambouzou CZ, Solomon MI, et al. Variation in femoral anteversion in patients requiring total hip replacement. *Hip Int*. 2020 May;30(3):281–7.
78. Waisbrod G, Schiebel F, Beck M. Abnormal femoral antetorsion-a subtrochanteric deformity. *J Hip Preserv Surg*. 2017 Jul;4(2):153–8.
79. Zippel H. [Normal development of the structural elements of the hip joint in adolescence]. *Beitr Orthop Traumatol*. 1971 May;18(5):255–70.
80. Polkowski GG, Clohisy JC. Hip Biomechanics. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2010 Jun;18(2):56–62.
81. Dewberry MJ, Bohannon RW, Tiberio D, Murray R, Zannotti CM. Pelvic and femoral contributions to bilateral hip flexion by subjects suspended from a bar. *Clinical Biomechanics*. 2003 Jul;18(6):494–9.
82. Önal A, Özler T, Güven M. Kalça eklemleri biyomekaniği ve artroplasti uygulamaları. *TOTBID Dergisi*. 2013;12(3):197–200.
83. Murray R, Bohannon R, Tiberio D, Dewberry M, Zannotti C. Pelvifemoral rhythm during unilateral hip flexion in standing. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002 Feb;17(2):147–51.
84. Ganz R, Parvizi J, Beck M, Leunig M, Nötzli H, Siebenrock KA. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res*. 2003 Dec;(417):112–20.
85. Johnston RC, Smidt GL. Hip motion measurements for selected activities of daily living. *Clin Orthop Relat Res*. 1970;72:205–15.
86. Byrne DP, Mulhall KJ, Baker JF. Anatomy & Biomechanics of the Hip. *The Open Sports Medicine Journal*. 2010 Jan 1;4(1):51–7.
87. İSSİN A, GÜRSU ŞŞ, ŞAHİN V. Normal ve Displazik Kalça Eklemlerinde Biyomekanik. *Türkiye Klinikleri J Orthop & Traumatol-Special Topics*. 2013;6(3):16–21.

88. Rydell NW. Forces Acting on the Femoral Head-Prosthesis: A Study on Strain Gauge Supplied Prostheses in Living Persons. *Acta Orthop Scand*. 1966 May 4;37(sup88):1–132.
89. Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wootten ME, Gaine J, Gorton G, Cochran GVB. Repeatability of kinematic, kinetic, and electromyographic data in normal adult gait. *Journal of Orthopaedic Research*. 1989 Nov 18;7(6):849–60.
90. Bergmann G, Deuretzbacher G, Heller M, Graichen F, Rohlmann A, Strauss J, et al. Hip contact forces and gait patterns from routine activities. *J Biomech*. 2001 Jul;34(7):859–71.
91. Hodge WA, Carlson KL, Fijan RS, Burgess RG, Riley PO, Harris WH, et al. Contact pressures from an instrumented hip endoprosthesis. *J Bone Joint Surg Am*. 1989 Oct;71(9):1378–86.
92. Reikerås O, Gunderson RB. Components anteversion in primary cementless THA using straight stem and hemispherical cup: a prospective study in 91 hips using CT-scan measurements. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2011 Oct;97(6):615–21.
93. Emerson RH. Increased anteversion of press-fit femoral stems compared with anatomic femur. *Clin Orthop Relat Res*. 2012 Feb;470(2):477–81.
94. Suzuki D, Nagoya S, Takashima H, Tateda K, Yamashita T. Three-dimensional orientation of the acetabulum. *Clin Anat*. 2017 Sep;30(6):753–60.
95. Higgins SW, Spratley EM, Boe RA, Hayes CW, Jiranek WA, Wayne JS. A novel approach for determining three-dimensional acetabular orientation: results from two hundred subjects. *J Bone Joint Surg Am*. 2014 Nov 5;96(21):1776–84.
96. Perreira AC, Hunter JC, Laird T, Jamali AA. Multilevel measurement of acetabular version using 3-D CT-generated models: implications for hip preservation surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 2011 Feb;469(2):552–61.
97. Veilleux NJ, Kalore N V, Vossen JA, Wayne JS. Automatic Characterization of Pelvic and Sacral Measures from 200 Subjects. *J Bone Joint Surg Am*. 2020 Dec 2;102(23):e130.
98. Cai Z, Zhao Q, Li L, Zhang L, Ji S. Can Computed Tomography Accurately Measure Acetabular Anteversion in Developmental Dysplasia of the Hip? Verification and Characterization Using 3D Printing Technology. *J Pediatr Orthop*. 2018 Apr;38(4):e180–5.
99. Jóźwiak M, Rychlik M, Musielak B, Chen BPJ, Idzior M, Grzegorzewski A. An accurate method of radiological assessment of acetabular volume and orientation in computed tomography spatial reconstruction. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015 Feb 25;16:42.
100. Wang RY, Xu WH, Kong XC, Yang L, Yang SH. Measurement of acetabular inclination and anteversion via CT generated 3D pelvic model. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017 Aug 29;18(1):373.
101. Fuller CB, Farnsworth CL, Bomar JD, Jeffords ME, Murphy JS, Edmonds EW, et al. Femoral version: Comparison among advanced imaging methods. *J Orthop Res*. 2018 May;36(5):1536–42.
102. Brooks JT, Bomar JD, Jeffords ME, Farnsworth CL, Pennock AT, Upasani V V. Defining a new three-dimensional method for determining femoral torsional pathology in children. *J Pediatr Orthop B*. 2021 Jul 1;30(4):331–6.
103. Davis E, LeBrun DG, McCarthy T, Westrich GH. Femoral Neck Anteversion: Which Distal Femur Landmark Matters? *Arthroplast Today*. 2024 Apr;26:101318.

104. Chen J, Yin B, Yao J, Zhou Y, Zhang H, Zhang J, et al. Femoral anteversion measured by the surgical transepicondylar axis is a reliable parameter for evaluating femoral rotational deformities in patients with patellar dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2023 Aug;31(8):3061–9.
105. Dorr LD, Wan Z, Malik A, Zhu J, Dastane M, Deshmene P. A comparison of surgeon estimation and computed tomographic measurement of femoral component anteversion in cementless total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2009 Nov;91(11):2598–604.



**ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU**

ÇALIŞMANIN AÇIK ADI	Femoral Anteverziyon Açılarının 3 Boyutlu Anatomik Modellemeler ile İncelenmesi
---------------------	--

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	EBYU Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ	EBYU Tıp Fakültesi Dekanlığı
	TELEFON	(0446) 226 18 18
	FAKS	-
	E-POSTA	ketik@erzincan.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Dr. Öğr. Üyesi İzzet Özay SUBAŞI			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Ortopedi ve Travmatoloji ABD			
	YARDIMCI ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	-Doç. Dr. Oğuzhan TANOĞLU -Arş. Gör. Mahmut OTUGÜZEL			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	EBYU Mengücek Gazi EAH Ortopedi Kliniği			
	DESTEKLEYİCİ	-			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ	-			
	ÇALIŞMANIN TÜRÜ	Uzmanlık Tezi			
	ÇALIŞMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☐	ULUSLARARASI ☐

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	07.09.2023	2	Türkçe ☒	İngilizce ☐	Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	07.09.2023	2	Türkçe ☒	İngilizce ☐	Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe ☐	İngilizce ☐	Diğer ☐
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı		Açıklama			
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☒	Araştırma bütçesi bulunmamaktadır.			
	SİGORTA	☐				
	İLAN	☐				
	YILLIK BİLDİRİM	☐				
	SONUÇ RAPORU	☐				
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐				
	DİĞER:	☐				

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: ~~Doç. Dr.~~ Ertuğrul ERHAN
İmza:

**ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU**

ÇALIŞMANIN AÇIK ADI	Femoral Anteversiyon Açılarının 3 Boyutlu Anatomik Modellemeler ile İncelenmesi
----------------------------	--

KARAR BİLGİLERİ	Klinik Araştırma Toplantı No: 15 Karar No: 2023-15/9	Tarih: 07.09.2023
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üyelerin oy çoğunluğu karar verilmiştir. Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.	

EBYU KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu, Helsinki Bildirgesi
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Doç. Dr. Ertuğrul ERHAN

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Doç. Dr. Ertuğrul ERHAN	Kulak Burun Boğaz	EBYU Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Dr. Öğr. Üyesi Bahtınur YETER	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	EBYU Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Dr. Öğr. Üyesi Sara SALTAN	Halk Sağlığı	EBYU Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Didem ONK	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	EBYU Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Doç. Dr. Sonay AYDIN	Radyoloji	EBYU Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Dr. Öğr. Üyesi Betül KALKAN YILMAZ	Kadın Hastalıkları ve Doğum	EBYU Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Dr. Öğr. Üyesi Ferdane DANIŞMAN KALINDEMİR	Fizyoloji	EBYU Tıp Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Dr. Öğr. Üyesi Serhat HAYME	Biyoistatistik	EBYU Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Dr. Öğr. Üyesi Abdussamed Yasin DEMİR	Nanobiyoteknoloji	EBYU Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Uzm. Dr. Özlem ÇELİK AYDIN	Tıbbi Farmakoloji	EBYU Mengücek Gazi EAH	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Avukat Yasemin TOSYALI	Hukuk	Serbest Avukat	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Eczacı Tuğba KAYA	Eczacılık	Erzincan İl Sağlık Müdürlüğü	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Mühendis Utku KUYRUKLUYILDIZ	Orman Endüstri Mühendisliği	Erzincan Belediyesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	

Etik Kurul Başkanı
Unvanı/Adı/Soyadı: Doç. Dr. Ertuğrul ERHAN
İmza: