



Tokat ili ve çevresinde yaşayan kişilerde alt ekstremitte aksiyel dizilimine ait veriler

Data on axial alignment of the lower extremity of individuals
living in the district of Tokat, Turkey

Mehmet Erdem, Cengiz Şen, Taner Güneş, Bora Bostan

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Amaç: Tokat ili ve çevresinde yaşayan kişilerde alt ekstremitenin frontal plandaki normal dizilim ve yönelimi incelendi.

Olgular ve yöntemler: Çalışmaya gönüllü olarak katılan sağlıklı 26 erkek ve 25 kadının ayakta yük vererek ortoröntgenogramları çekildi ve alt ekstremitenin aksiyel dizilimi değerlendirildi. Erkeklerin ortalama yaşı 34 (dağılım 19-59), kadınlarınki ise 41 (dağılım 19-63) idi. Ölçüm sonuçları benzer çalışmalarla kıyaslandı.

Bulgular: Ölçümler, femur ve tibia mekanik eksenleri arasındaki açının ortalama 1.2° varusta olduğunu ve alt ekstremitte mekanik ekseninin diz merkezinin ortalama 4.8 mm iç tarafından geçtiğini gösterdi. Proksimalde femur boyun açısı ortalama 127.6° ölçülürken, femur mekanik eksenini ile anatomik eksenini arasındaki açının ortalama 7.4° valgusta olduğu; femur anatomik ekseninin distalde interkondiler çentiğinin orta noktasından geçmeyip, ortalama 9 mm iç tarafında sonlandığı görüldü. Distal femurun mekanik eksenle oluşturduğu yönelim açısı ortalama 88.2° ve yaklaşık 2° valgusta, proksimal tibia yönelim açısı ortalama 87.8° ve yaklaşık 2° varusta idi. Distal tibia yönelim açısı ortalama 88.2° ve yaklaşık 2° valgusta ölçüldü.

Sonuç: Bulgularımız, literatürdeki benzer çalışmaların bulguları ile uyumludur. Bu bulgular ülkemizin belirli bir yöresindeki insanlara ait olduğundan, Türk toplumunun ortalama dizilim ve yönelim değerlerinin daha sağlıklı belirlenebilmesi için çokmerkezli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar sözcükler: Biyomekanik; diz eklemi/anatomi ve histoloji; bacak/anatomi ve histoloji/radyografi; referans değeri.

Objectives: We investigated frontal plane alignment and orientation features of individuals living in the district of Tokat, Turkey.

Subjects and methods: Axial alignments were evaluated on standing weight-bearing orthoroentgenographies of 26 male and 25 female healthy volunteers. The mean age was 34 years (range 19 to 59 years) in males, and 41 years (range 19 to 63 years) in females. The results of the measurements were compared to those reported in the literature.

Results: Measurements showed that the angle between the mechanical axes of the femur and tibia was 1.2° of varus and that the mechanical axis of the lower extremity passed 4.8 mm medial to the center of the knee. The mean femoral neck-shaft angle was 127.6° , and the angle between the mechanical and anatomical axes of the femur was 7.4° of valgus. The anatomical axis of the femur passed 9 mm medial to the intercondylar notch, not through the center of the notch. The mean orientation angle of the distal femur with the mechanical axis measured 88.2° with approximately 2° of valgus, and the mean proximal tibial orientation angle measured 87.8° with approximately 2° of varus. The mean distal tibial orientation angle was 88.2° with approximately 2° of valgus.

Conclusion: Our results are consistent with those of similar studies in the literature. Since our data concern only individuals from a specific part of the country, multicenter studies are needed to draw average reference values of the Turkish population regarding alignment and orientation of the lower extremity.

Key words: Biomechanics; knee joint/anatomy & histology; leg/anatomy & histology/radiography; reference values.

• Geliş tarihi: 08.01.2007 Kabul tarihi: 10.09.2007

• İletişim adresi: Dr. Mehmet Erdem, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, 60100 Tokat.
Tel: 0356 - 212 95 00 Faks: 0356 - 213 31 79 e-posta: mehmederdem71@hotmail.com

• (Erdem, Bostan) Yrd. Doç. Dr.; (Şen, Güneş) Doç. Dr.

Bir toplumda alt ekstremitenin aksiyel diziliminin normal değerlerinin bilinmesi, özellikle alt ekstremitenin deformite tanımında ve tedavisinde büyük önem taşımaktadır. Femur ve tibianın aksiyel dizilimindeki önemli değişiklikler diz ekleminde yük dağılımını etkiler. Dejeneratif artropati etyolojisinde en önemli faktörün mekanik olduğu^[1] ve deformitenin oluşturduğu dizilim bozukluğunun tek kompartman diz artrozu ile yakın ilişkisi olduğu bildirilmiştir.^[1,2] Tek kompartman diz osteoartritte oldukça yaygın kullanılan tedavi yöntemlerinden biri olan yüksek tibia osteotomisi sonrası başarılı sonuçlar, dizilimin normal değerlerinin bilinmesi ile doğrudan ilişkilidir.^[2-7] Total diz artroplastisinde (TDA) de komponentlerin normal dizilimde yerleştirilmesi uzun dönem sağkalım açısından oldukça önemlidir.^[8,9]

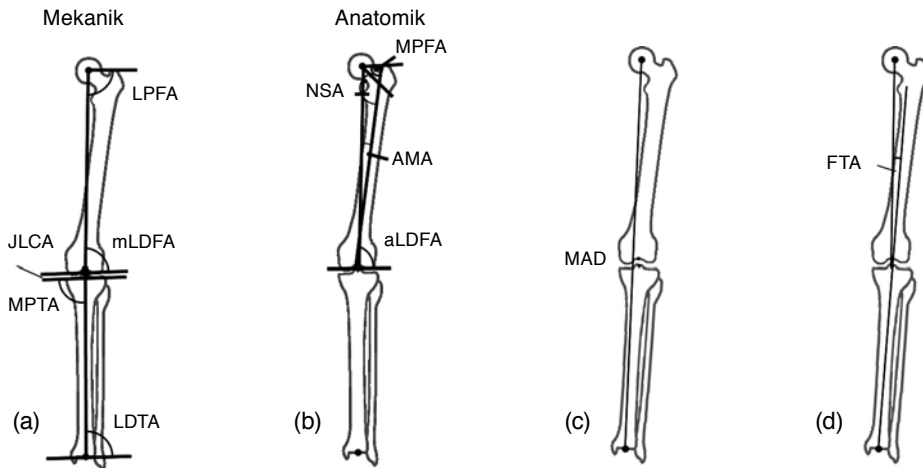
Alt ekstremitenin aksiyel dizilimi ile ilgili yapılan pek çok çalışmada toplumlar arasında farklılıklar olabileceği gösterilmiştir.^[2-4,8,10] Örneğin, Çin toplumunda yapılan çalışmada, proksimal tibianın normale göre daha fazla varusta olduğu ortaya konmuştur.^[8] Bu nedenle, Türk toplumundaki alt ekstremitte dizilim değerlerinin diğer toplumlara göre farklı olması mümkündür. Bu çalışmada, Tokat ili ve çevresinde yaşayan kişilerde alt ekstremitenin frontal plandaki normal dizilim ve yönelimi incelendi.

OLGULAR VE YÖNTEMLER

Çalışmaya gönüllü olarak katılan sağlıklı 26 erkek ve 25 kadının ayakta yük vererek ortorönt-

genogramları çekildi. Erkeklerin ortalama yaşı 34 (dağılım 19-59), kadınlarınki ise 41 (dağılım 19-63) idi. Alt ekstremitede Amerikan Romatoloji Derneği'nin (American College of Rheumatology) diz osteoartriti ölçütlerine uyan şikayet veya bulgusu,^[11] geçirilmiş cerrahi veya kırık öyküsü, belirgin klinik deformite ve şikayeti olan olgular çalışmaya alınmadı. Grafiler, 130 cm gridli kasete, 305 cm mesafeden, 32 mA ve 77-95 kV ışınla, kalça ve diz ekstansiyonda, patella orta hatta iken, diz merkezi odaklanarak çekildi.

Alt ekstremitenin eklem yönelim açılarına literatürde farklı isimler verilmiştir; çalışmamızda ise Paley ve ark.nın oluşturduğu adlandırma kullanıldı.^[3,4,10,12-14] Kalça, diz ve ayak bileği yönelim açıları Şekil 1'de gösterildi.^[4] Femur proksimalindeki femur proksimal yönelim açıları; femur mekanik eksenini ile yönelim çizgisinin dış tarafta oluşturduğu açı (LPFA - lateral proksimal femur açısı), femur anatomik eksenini ile yönelim çizgisinin iç tarafta oluşturduğu açı (MPFA - medial proksimal femur açısı) ve femur boynu çizgisi ile anatomik eksen arasındaki açı (NSA - neck-shaft angle - boyun diyafiz açısı) ölçüldü. Femur distalindeki femur mekanik eksenini ile anatomik ekseninin supra-kondiler bölgede oluşturduğu femur valgus açısı (AMA - anatomo-mekanik eksen açısı), femur mekanik eksen ile femur distal yönelim çizgisinin dış tarafta oluşturduğu açı (mLDFA - mekanik lateral distal femur açısı), femur mekanik eksen ile distal femur yönelim çizgisinin dış tarafta oluştur-



Şekil 1. Frontal planda yapılan ölçümler: (a) Mekanik ölçümler; (b) anatomik ölçümler; (c) mekanik eksen sapmasının (MAD) ölçümü; (d) mekanik femur-tibia açısının (FTA) ölçümü.

NSA: Boyun diyafiz açısı (neck shaft angle), LPFA: Lateral proksimal femur açısı; MPFA: Medial proksimal femur açısı; AMA: Anatomo-mekanik eksen açısı; MAD: Mekanik eksen sapması (mekanik aks deviyasyonu); mLDFA: Mekanik lateral distal femur açısı; aLDFA: Anatomik lateral distal femur açısı; JLCA: Eklem çizgileri yönelim açısı (joint line convergence angle); MPTA: Medial proksimal tibia açısı; LDFA: Lateral distal tibia açısı; FTA: Mekanik femur-tibia açısı.

TABLO I
Alt ekstremitte aksiyel diziliminin ölçüm değerleri

	Erkek (n=26)	Kadın (n=25)	Tümü (n=51)	Dağılım aralığı
Ort. yaş	34.4±0.7	41.5±13.5	37.8±12.5	19 – 63
Boyun diyafiz açısı (NSA) (°)	126.8±4.9	128.5±4.7	127.6±4.9	118 – 139
Lateral proksimal femur açısı (LPFA) (°)	89.7±4.6	89.2±4.8	89.4±4.7	78 – 100
Medial proksimal femur açısı (MPFA) (°)	82.3±4.9	82.5±4.9	82.4±4.9	71 – 96
Anatomo-mekanik eksen açısı (AMA) (°)	7.5±0.8	7.3±0.9	7.4±0.9	5 – 9
Mekanik eksen sapması (MAD (mm))	4.7±4.5	5.0±4.6	4.8±4.5	-4 – 15
Mekanik lateral distal femur açısı (mLDFA) (°)	87.9±1.4	88.5±1.6	88.2±1.6	85 – 92
Anatomik lateral distal femur açısı (aLDFA) (°)	80.6±1.8	81±1.6	80.8±1.7	78 – 85
Eklem çizgileri yönelim açısı (JLCA) (°)	1.1±0.8	1.0±0.9	1.0±0.9	-1 – 2
Medial proksimal tibia açısı (MPTA) (°)	87.6±1.9	87.8±1.6	87.8±1.5	85 – 91
Lateral distal tibia açısı (LDTA) (°)	87.8±2	88.6±1.9	88.2±2	85 – 92
Mekanik femur-tibia açısı (FTA) (°)	1.0±1.2	1.4±1.3	1.2±1.3	-1 – 3

duğu açı (aLDFA - anatomik lateral distal femur açısı) ölçüldü. Tibiada, tibia mekanik eksenini ile tibia proksimal yönelim çizgisinin iç tarafta oluşturduğu açı (MPTA - medial proksimal tibia açısı) ve tibia mekanik eksen ile ayak bileği yönelim çizgisinin dış tarafta oluşturduğu açı (LDTA - lateral distal tibia açısı) ölçüldü. Diz eklemine, femur distal yönelim çizgisi ile tibia proksimal yönelim çizgisi arasındaki eklem çizgileri yönelim açısı (JLCA - joint line convergence angle) ölçüldü. Alt ekstremitenin varus veya valgus dizilimi hakkında bilgi veren, femur mekanik eksenini ile tibia mekanik eksenini arasındaki açı (FTA - mekanik femur-tibia açısı) ile kalça merkezinden ayak bileği merkezine çizilen alt ekstremitte mekanik ekseninin diz merkezine olan uzaklığı (MAD - mekanik aks deviyasyonu-eksen sapması) değerlerine bakıldı.^[4] Bu açısal değerler aynı kişi tarafından ölçüldü.

İstatistiksel değerlendirmede, değişkenlerin ortalamaları karşılaştırılırken parametrik varsayımlar altında (varyansların homojenlik testi=Levene testi sonucuna göre; $p>0.05$) “iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi” uygulandı.

BULGULAR

Kalça, diz ve ayak bileği yönelim açılarının ölçüm sonuçları Tablo I’de özetlendi. Proksimal femur yönelim açılarından proksimal femur mekanik yönelim açısı (LPFA) ortalama $89.4\pm 4.7^\circ$ olup 90 dereceye yakındı. Proksimal femur anatomik yönelim açısı (MPFA) ortalama $82.4\pm 4.9^\circ$, femur boyun açısı (NSA) $127.6\pm 4.9^\circ$ ölçüldü (Tablo I).

Distal femur anatomik yönelim açısı (aLDFA) ortalama $80.8\pm 1.7^\circ$ ve mekanik eksen ile yaklaşık 7° valgusta, distal femur mekanik yönelim açısı (mLDFA) ortalama $88.2\pm 1.6^\circ$ ve 2° valgusta ölçüldü. Femur valgus açısı olan anatomo-mekanik eksen açısı (AMA) ortalama $7.4\pm 0.9^\circ$ ölçüldü. Femur ve tibia mekanik eksenleri arasındaki açı (FTA) ortalama $1.2\pm 1.3^\circ$ varusta ve alt ekstremitte mekanik ekseninin diz merkezine uzaklığı olan MAD ortalama 4.8 ± 4.5 mm iç tarafta ölçüldü.

Eklem çizgileri yönelim açısı JLCA ise ortalama $1.0\pm 0.9^\circ$ bulundu. Femur anatomik ekseninin distal ucu femur interkondiler orta noktanın ortalama 9 mm iç tarafından geçmekteydi.

Tibia proksimal yönelim açısı MPTA ortalama $87.8\pm 1.5^\circ$ olup yaklaşık 2° varusta, tibia distal yönelim açısı LDTA ise ortalama $88.2\pm 2^\circ$ olup 2° valgusta ölçüldü (Tablo I). Erkekler ile kadınlar arasında sadece NSA ($t= 2.015$, $p= 0.049$) ve aLDFA ($t=2.027$, $p=0.048$) değerlerindeki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulundu ve diğer değerlerde istatistiksel bir farklılık bulunmadı ($p>0.05$).

TARTIŞMA

Dejeneratif artropatinin nedeninin mekanik olduğu, enflamatuvar olmadığı^[4] ve enflamasyonun dejeneratif değişikliğe bağlı olduğu kabul edilir. Dejeneratif değişikliklere neden olan önemli faktörlerden biri dizilim bozukluğudur. Tek kompartman diz artrozunun sıklıkla deformitenin bir sonucu olan dizilim bozukluğuyla ilişkili olduğu bildirilmiştir.^[4,15,16] Bunun nedeni, dizilim bozuklu-

ğunun özellikle dizde olmak üzere alt ekstremite eklemlerine gelen stres dağılımını değiştirmesidir. Bu nedenle, alt ekstremitenin normal diziliminin bilinmesi önemlidir. Yük taşıma eksenini mekanik eksen, normalde diz merkezinin hemen iç tarafından geçer. Mekanik eksen iç taraftan geçerse varus mekanik eksen sapması (MAD) ve varus dizilim bozukluğu; dış taraftan geçerse valgus MAD ve valgus dizilim bozukluğundan söz edilir. Mekanik eksen sapmasının diz merkezi iç veya dış tarafından geçmesi, iç veya dış tibiofemoral kompartmanda taşınan yükü artırır. Normal dizilimde, dize gelen yüklenmelerin dağılımı iç ve dış kompartmanlar arasında eşit olarak paylaşılmakta, dize aktarılan yükün %75'i iç kompartman yoluyla taşınmaktadır.^[3,4,17] Varus deformitesinin 4°-6° olduğu dizlerde ise, diz eklemine gelen yüklenmenin %90'ı iç kompartman yoluyla taşınır.^[5] Paley ve ark.^[12] MAD'yi 9.7±6.8 mm ölçmüşken, çalışmamızda MAD 4.8±4.5 mm bulundu. Bunun yanında mekanik femur-tibia açısı FTA, MAD değeri ile yakından ilişkilidir. Çalışmamızda 1.2±1.3° varus olarak bulunan FTA değeri literatürle uyumlu idi.^[2,3,5,8,13]

Femur veya tibia kırığı sonrası oluşan kötü pozisyonda kaynamaya bağlı dizilim bozukluğunun uzun dönem takiplerinde, dizde unikompartmental dejeneratif artrit geliştiği bildirilmiştir.^[18,19] Yüksek tibia osteotomisinin uzun dönem sonuçlarında, normal dizilimin elde edilemediği düzeltmelerde, varus deformitesinin yinelediği ve medial kompartman artrozunun ilerlediği gözlenmiştir.^[5] Ayrıca, TDA'da normal aksiyel dizilimin sağlanamaması, komponentlerin erken dönemde gevşemesinin önemli nedenlerinden biridir.^[9,20] Bu sonuçlar, alt ekstremite diziliminin normal değerlerinin bilinmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Trokanter majör ucundan femur başı merkezine çizilen çizgi ile femur mekanik eksenini arasındaki açı lateral proksimal femur açısı (LPFA), ilk olarak Paley ve Tetsworth tarafından tanımlanmıştır; bu açı ile boyun-diyafiz açısı (NSA) ve medial proksimal femur açısı (MPFA) kalça yönelim açılarını oluştururlar.^[21] Kalça eklemi, femur başının yuvarlak olmasından dolayı femur proksimalindeki bir deformiteye iyi uyum sağlar. Fakat, bu açısal değerler, kalça replasmanı ve deformite düzeltme osteotomisi sonrası anatomik ve fonksiyonel sonuçları değerlendirmek için önemlidir. Çalışmamızda, LPFA ortalama 89.4±4.7°, MPFA 82.4±4.9° ölçüldü.

Bu iki değer arasındaki fark femur proksimalinde 7° valgusu gösterir. Bu açıdan, bulunan değerler literatürle uyumludur.^[2,12] Yoshioka ve ark.^[22] NSA açısını 129°, Paley ve ark.^[12] 129.7±6.2° bulmuşlardır. Çalışmamızda ise NSA 127.6±4.9° ölçüldü. Femurun mekanik eksenini ile anatomik eksenini distal metafizer bölgede çakışır. Medial proksimal femur açısı (AMA) 7.4±0.9° valgusta ölçüldü. Bu açısal değer, TDA'da distal femur valgus kesim açısı olduğu bilinmektedir.

Yapılan çalışmalarda, distal femur mekanik yönelim açısı mLDFa hafif valgusta, proksimal tibia yönelim açısı MPTA ise hafif varusta bulunmuştur.^[2,12,13] Fakat, Çin toplumunda yapılan bir çalışmada proksimal tibia yönelim açısı MPTA'nın, normalden daha fazla varusta olduğu bulunmuş; proksimal tibia erkeklerde 4.9±2.3°, kadınlarda ise 5.4±2.5° varusta ölçülmüştür.^[8] Bu değerler, TDA'da fleksiyon dikdörtgen aralığını elde etmek için posterior femoral kondiler kesimin 3° yerine 5° eksternal rotasyonda kesilmesini gerektirir. Çalışmamızda distal femurun mekanik eksenle oluşturduğu yönelim açısı yaklaşık 2° valgusta olup literatürle uyumludur. Proksimal tibia yönelim açısı MPTA ise klasik 3° yerine, yaklaşık 2° varusta bulunmuştur. Distal femurun anatomik yönelim açısı aLDFa'yı 80.8±1.7° ve mekanik eksenine göre yaklaşık 7° valgusta bulduk. Bu açısal değer, femur deformitelerinde düzeltici osteotominin planlanmasında önemlidir.^[4] Çalışmamızda, femur anatomik ekseninin distal femurun interkondiler orta noktasından geçmeyip, ortalama 9 mm iç tarafından geçtiği görüldü. Bulduğumuz sonuçla uyumlu olarak, bu mesafeyi 5-10 mm iç tarafta ölçen Laskin,^[23] TDA'da distal femur kesimi için kılavuz çubuğun medüller kanala orta noktadan girmesinin, kılavuzun femoral kanala diverjans olarak gitmesine ve hipervalgusta kesime neden olacağını bildirmiştir. Bu nedenle, TDP ameliyatlarından önce ayakta alt ekstremite ortoröntgenografinin çekilmesi ve femur anatomik ekseninin femur distal noktasının belirlenmesinin, doğru femur distal kesimi için önemli olduğunu düşünüyoruz. Ayrıca, bu distal femur giriş noktasının, suprakondiler femur deformitesi ve kırığı tedavisinde de önemli olduğu kanısındayız.

Eklem çizgileri yönelim açısı JLCA'nın varus veya valgus yönünde artması, iç yan bağ veya dış yan bağın laksitesi sonucu oluşan deformiteyi gösterir ve ayakta yük vererek çekilen ortoröntgenog-

ramda ölçülmesi önemlidir. Bu açıda artış, kemik deformitesine bağlı olarak veya primer bağ laksitesinin neden olduğu dinamik deformite sonucu oluşur ve alt ekstremitede dizilim bozukluğuyla sonuçlanır.^[4] Normal JLCA değeri 0°-2° varusta kabul edilir;^[4] bizim çalışmamızda ise ortalama 1° varusta ölçüldü. Dinamik deformitenin neden olduğu dizilim bozukluğu olan diz tek kompartman artrozunda, dizilimi yeniden sağlamak için yapılacak yüksek tibia osteotomisinin, bağ dengesinin de göz önünde tutularak planlanması gerektiğini düşünüyoruz.

Tibia plafondun varus ve valgus deformiteleri, normal hareket açıklığına sahip bir subtalar eklem tarafından kompanse edilir. Subtalar eklem 30° inversiyon ve 15° eversiyon hareketine sahiptir ve distal tibianın 30° valgus ve 15° varusta olduğu ayak bileği deformiteleri, subtalar eklem kompanse edilebilir hareketiyle tolere edilir.^[4] Ancak, ayak bileğinin valgus deformiteleri varus deformitelerine göre daha iyi kompanse edilse de, varus deformitelerinin dejeneratif değişikliklere neden olduğu kesin değildir. Bunun nedeni, yük binme vektörünün normalde ayak bileği anterolateralinden geçmesi ve talus ile iç malleol arasında yük aktarımını sağlayan çok geniş yüzeyin olmasıdır. Tibia plafond valgus deformiteleri ise ayak bileği dejeneratif değişikliklerine daha fazla sıklıkta yol açabilir. Bu durum, normalde ayak bileği dış tarafından geçen yük binme vektörünün valgus deformitesinde daha dış tarafa alınması ve tibiofibuler eklem yüklenmesinin artması sonucu ayak bileği artrozuna neden olur.^[4] Ayak bileği deformiteleri, subtalar eklem yakınlığından dolayı diz çevresi deformitelerine göre daha iyi tolere edilebilirse de, ayak bileği normal yöneliminin sağlanması, normal fonksiyonlarının korunması için önemlidir. Distal tibia eklem yönelim açısı LDTA, ortalama 3° valgus ile varus arasında bildirilmiştir.^[2-4,12,21] Çalışmamızda da, literatürle uyumlu olarak, yaklaşık 2° valgusta ölçüldü.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular, güncel uygulanan tedavilerde herhangi bir değişikliği gerektirmemektedir. Bununla birlikte, alt ekstremitenin normal dizilim ve yönelimi değerlerinin bilinmesinin, özellikle ülkemizde yaygın olarak yapılan total diz artroplastilerinin erken ve uzun dönem sonuçlarının başarısına doğrudan etki edeceğine inanıyoruz. Ayrıca, rekonstrüktif girişimlerin başarılı olması için de

bu değerlerin bilinmesi önemlidir. Alt ekstremitenin rekonstrüktif girişimleri öncesinde ortoröntgenografi çekilmesi tedavide kolaylık sağlayabilir. Bulgularımız sınırlı bir yöredeki kişilere ait alt ekstremita dizilim ve yönelim değerlerini yansıttığından, Türk toplumunun ortalama dizilim ve yönelim değerlerini belirlemek için çokmerkezli çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Tetsworth K, Paley D. Malalignment and degenerative arthropathy. *Orthop Clin North Am* 1994;25:367-77.
2. Chao EY, Neluhani EV, Hsu RW, Paley D. Biomechanics of malalignment. *Orthop Clin North Am* 1994;25:379-86.
3. Hsu RW, Himeno S, Coventry MB, Chao EY. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1990;255:215-27.
4. Paley D. Principles of deformity correction. 2nd ed. Berlin: Springer; 2003.
5. Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D. Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg [Am]* 1987;69:332-54.
6. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL. Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg [Am]* 1993;75:196-201.
7. Sen C, Kocaoglu M, Bilen E, Dikici F, Hepgur G. Comparison of two different techniques for high tibial osteotomy: internal fixation vs circular external fixator. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* 2001;35:382-389.
8. Tang WM, Zhu YH, Chiu KY. Axial alignment of the lower extremity in Chinese adults. *J Bone Joint Surg [Am]* 2000;82A:1603-8.
9. Lotke PA, Ecker ML. Influence of positioning of prosthesis in total knee replacement. *J Bone Joint Surg [Am]* 1977;59:77-9.
10. Moreland JR, Bassett LW, Hanker GJ. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. *J Bone Joint Surg [Am]* 1987;69:745-9.
11. Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brandt K, et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification and reporting of osteoarthritis. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. *Arthritis Rheum* 1986;29:1039-49.
12. Paley D, Herzenberg JE, Tetsworth K, McKie J, Bhava A. Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am* 1994;25:425-65.
13. Cooke TD, Li J, Scudamore RA. Radiographic assessment of bony contributions to knee deformity. *Orthop Clin North Am* 1994;25:387-93.
14. Cooke TD, Pichora D, Siu D, Scudamore RA, Bryant JT. Surgical implications of varus deformity of the knee with obliquity of joint surfaces. *J Bone Joint Surg [Br]*

- 1989;71:560-5.
15. Barrett JP Jr, Rashkoff E, Sirna EC, Wilson A. Correlation of roentgenographic patterns and clinical manifestations of symptomatic idiopathic osteoarthritis of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1990;253:179-83.
 16. Hernborg JS, Nilsson BE. The natural course of untreated osteoarthritis of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1977;123:130-7.
 17. Johnson F, Leitel S, Waugh W. The distribution of load across the knee. A comparison of static and dynamic measurements. *J Bone Joint Surg [Br]* 1980;62:346-9.
 18. Kettelkamp DB, Hillberry BM, Murrish DE, Heck DA. Degenerative arthritis of the knee secondary to fracture malunion. *Clin Orthop Relat Res* 1988;(234):159-69.
 19. Merchant TC, Dietz FR. Long-term follow-up after fractures of the tibial and fibular shafts. *J Bone Joint Surg [Am]* 1989;71:599-606.
 20. Bryan RS, Rand JA. Revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1982;(170):116-22.
 21. Paley D, Tetsworth K. Mechanical axis deviation of the lower limbs. Preoperative planning of uniapical angular deformities of the tibia or femur. *Clin Orthop Relat Res* 1992;(280):48-64.
 22. Yoshioka Y, Siu D, Cooke TD. The anatomy and functional axes of the femur. *J Bone Joint Surg [Am]* 1987; 69:873-80.
 23. Laskin RS. Instrumentation pitfalls: you just can't go on autopilot! *J Arthroplasty* 2003;18(3 Suppl 1):18-22.