T.C.
Sağlık Bakanlığı
Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi
II. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği
Klinik Şefi: Prof. Dr. Arslan BORA

SKAFOİD KIRIKLARINDA KİRSCHNER TELİ İLE FARKLI AÇILARDA TESPİTİN BİYOMEKANİK DEĞERLENDİRİLMESİ

DR. ZAFER VOLKAN GÖKÇE

Tez Danışmanları: Prof. Dr. İzge GÜNAL
Prof. Dr. Arslan BORA

UZMANLIK TEZİ

2007 - İZMİR

ÖNSÖZ

Eğitimime katkısı olan ve asistanlık hayatım boyunca bilgilerinden fayda gördüğüm sayın hocalarım; Prof.Dr. Arslan Bora, Op.Dr. R. Gür Ustaoğlu, Op.Dr. Hüseyin Durmaz, Op.Dr. Ali M. Dülgeroğlu, Op.Dr. Zeki Sertöz, Op.Dr. Kemal Özkaya ve Op.Dr. Mehmet Özdemir' e teşekkür ederim.

Tezime başlamamda bana yol gösteren ve sonuca ulaşmasında yardımlarını esirgemeyen ve tez danışmanlığımı yapan sayın Prof.Dr. İzge Günal'a ve Prof.Dr. Arslan Bora'ya teşekkür ederim.

Tezimin biyomekanik ölçümleri sırasında özveri ile yardımlarını esirgemeyen DEÜTF Biyomekanik AD asistanlarından Hakan Oflaz'a ve istatistiksel analizlerin yapılmasındaki katkılarından dolayı İsmail Tokmak'a teşekkür ederim.

Asistanlık eğitimim boyunca acı tatlı günde beraber çalıştığım asistan arkadaşlarıma, ameliyathane hemşirelerimize, pansumancılarımıza, servis hemşirelerimize, sekreterlerimize ve personelimize teşekkür ederim.

Tezimin başlangıç aşamasında skafoid modelleri edinmemi sağlayan ve birçok zorlukta yardımcı olan kardeşim Özgün Gökçe'ye teşekkür ederim. Tezimin hazırlığında bana destek ve yardımcı olan eşim Emel'e teşekkür ederim.

Gerçekte, benim bu tezi bitirip, bu günlere ulaşmam için yıllarca zorluklara göğüs germiş olan annem Süheyla Gökçe'ye ve babam Hikmet Gökçe'ye çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

1. Giriş 1

2. Genel bilgi 2

2.1.Skafoid Anatomisi 3

2.1.1. Kemiksel anatomi 3

2.1.2. Ligamantöz Anatomi 5

2.1.3.Skafoid kinematiği 9

2.1.4.Skafoidin Kanlanması 10

2.1.4. Skafoid Kırıkları ve Sağaltımı 12

3. Materyal metod 15

3.1.Deney Modelinin Oluşturulması 15

3.2.İstatistik Analiz Yöntemi 28

4. Bulgular 29

4.1. Birinci Grup Grafikleri 33

4.1.1. A kesisi grafikleri 33

4.1.2. B kesisi grafikleri 34

4.1.3. C kesisi grafikleri 35

4.2. Birinci Grup İstatistiksel Sonuçları 36

4.3. İkinci Grup b Kesisi grafikleri 37

4.4. İkinci Grup İstatistiksel Sonuçları 38

4.5. Birinci Grup ile İkinci Grup İstatistik Sonuçları 38

5. Tartışma 41

6. Sonuç 47

Özet 49

Summary 50

Kaynaklar 51

1. GİRİŞ

Skafoid kırığı, karpal kemik kırıkları içinde en sık görülen kırıktır (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) ve genellikle tanısı gecikmiştir (8). Tanı ve sağaltımdaki bu gecikme, kırıkların prognozunu değişmektedir (8).

Fizik bakı, tanı için en değerli yöntemdir, ancak radyolojik tetkik genellikle bizi kesin tanıya götürür (5, 9). Kırık hattında kayma olmamış kırıklar için öncelikle alçı ile takip tercih edilirken, deplasman, çıkık ve tanıda gecikme cerrahi için kesin endikasyonlardır (10). Günümüzde skafoid kırıkları tedavisi için Herbert vidası, Acutrak vidası, AO vidası, Kirschner teli ve eksternal fiksatör gibi birçok tespit materyalleri yaygın şekilde kullanılmakta ve klinik sonuçları bildirilmektedir (10).

Tespit gerektiren skafoid kırıklarında ilk tercih, vida ile osteosentezdir (10). Ancak vida ile tespitin de kendine özgü uygulama sorunları mevcuttur. İyi pozisyonda yerleştirilmemiş vida uygulaması sonucunda ve vida ile tespit edilmiş ama kaynamama, psödoartroz gibi durumlarda yeniden tespit için belki de Kirschner teli en iyi tercih olacaktır (10).

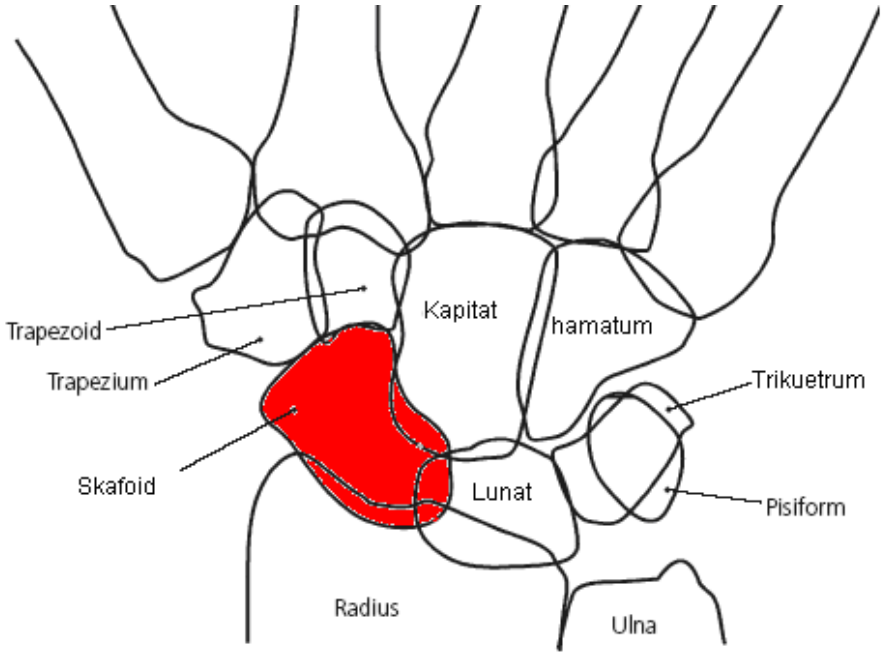
Bizim çalıştığımız hastane şartlarında ekonomisi ve vidanın uygulama sorunları nedeniyle Kirschner telini daha sık tercih ediyoruz.

Kendi günlük sorunsalımızdan yola çıkarak; acaba skafoid kırığında Kirschner teli nasıl kullanılırsa daha stabil ve dış güçlere karşı daha direngen olacağını anlamak istedik.

2. GENEL BİLGİ

El bileği geleneksel olarak sanki tek bir eklem gibi görünse de metakarpların basisiyle, distal radius ve triangular fibrokartilaj kompleks arasındaki karpal kemikleri içeren karmaşık bir eklemler sistemidir (11).

El, anatomik olarak üç alt gruba ayrılır. Bunlar; el bileği, avuç ve parmaklardır. El bileği kemikleri iki sıra halinde 8 adettir. Proksimal sıra radialden ulnara doğru skafoid, lunatum, küneiform ve pisiformdan oluşur. Distal sıra ise radialden ulnara doğru trapezium, trapezoideum, kapitatum ve hamatumdan oluşur (12). (şekil 1)



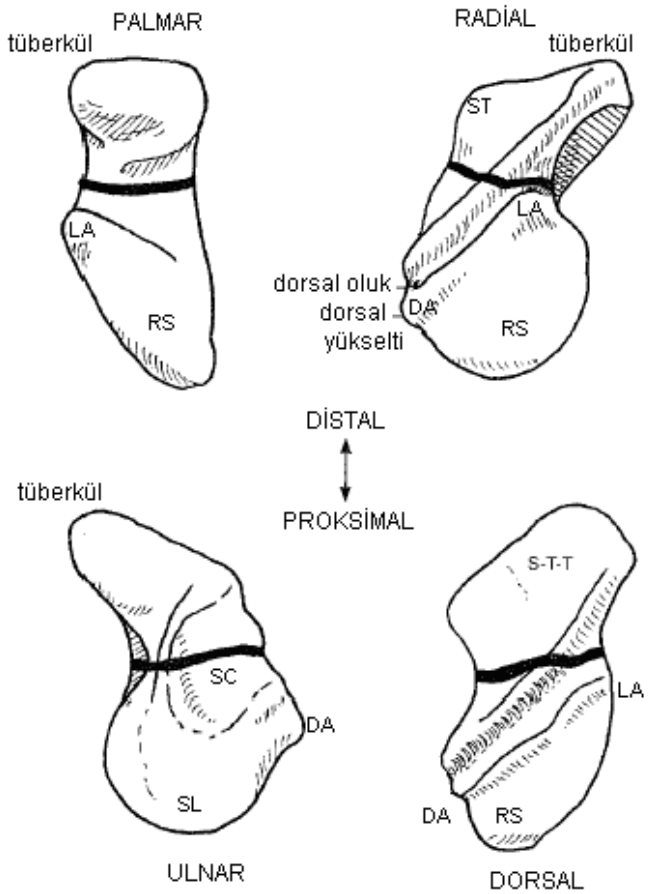
Şekil 1: El bileği kemiklerinin anterior-posterior görünümde çizimi (13)

2.1.Skafoid Anatomisi

2.1.1. Kemiksel anatomi

Skafoid proksimal sıradaki en büyük kemiktir (12, 14). Yunanca kayık, sandal anlamına gelen “scaphe” kelimesinden esinlenilmiştir (15). Sanki gemi pruvası gibi kemik proksimalde genişlerken distalde daralmaktadır (12). Skafoidin çok karmaşık üç boyutlu bir geometrisi ve oblik yönelimi vardır (şekil 3) (14, 11).

Skafoid anatomisi, yüklenme mekaniği ve kinematiği nedeniyle el bileği fonksiyonlarında çok önemli bir yere sahiptir. Proksimal ve distal sıra karpal kemiklerle radius arasında mekanik bir bağlantıdır (11).

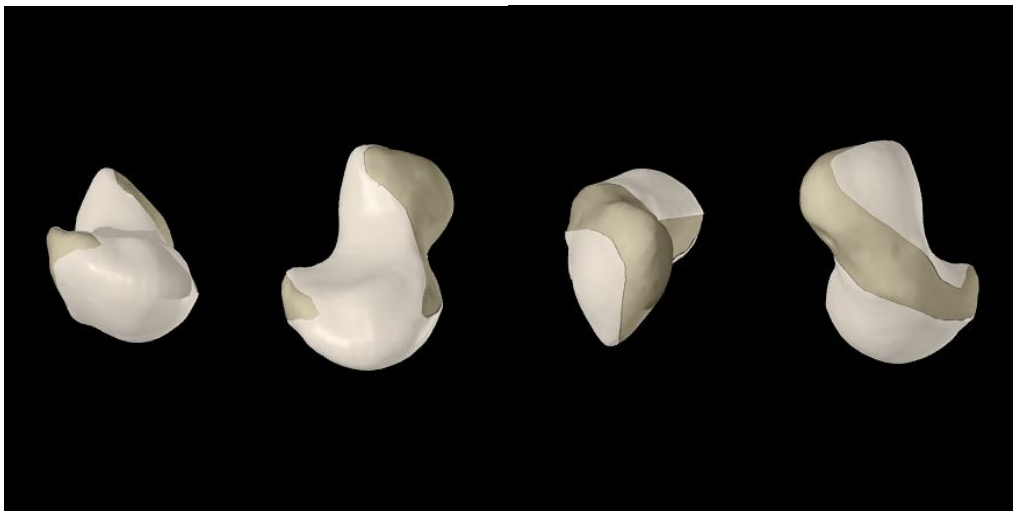


Şekil 2: Tipik bir skafoidin dört yönden görünümü. Anatomik bel, koyu çizgi ile gösterilmiştir. ST:skafotrapezial eklem, LA:dorsal yükseltinin lateral apeksi, DA:dorsal yükseltinin dorsal apeksi, RS:radioskafoid eklem, STT:skafotrapeziotrapezoidal eklem, SC:skafokapitat eklem, SL:skafolunar eklem (16)

Bir skafoid kemiği üzerindeki anatomik köşe taşlarına dikkat etmeliyiz. Bunlar; tüberkül, bel, dorsal tünel, dorsal yükseltinin dorsal apeksi, dorsal yükseltinin lateral apeksi, skafokapitat interosseöz ligamentin origosu ve fleksör karpi radialis tendonunun oluğudur (17). (şekil 2)

Skafoidin hangi ele ait olduğunu anlamak için; radial eklem yüzünü superior ve dorsal yüzü posteriora çevirdiğimizde; tüberkülün yöneldiği taraf, kemiğin ait olduğu eli gösterir (12).

Skafoid 5 eklem yüzüne sahiptir ve yaklaşık yüzeyinin %80'i kıkırdak ile kaplıdır. Bu eklem yüzlerinin karşılıkları; radius, lunatum, kapitatum, trapezium ve trapezoideum üzerindedir. Skafoid kemiği proksimal ve distal karpal sıralar arasında mekanik ve dinamik bir köprü işlevi de görür (11, 18).(şekil 2,3)



Şekil 3: Skafoidin üç boyutlu karmaşık şekli. Beyaz renkli alanlar eklem yüzeylerini göstermektedir. Şekilde sağ skafoid izlenmektedir. Soldan sağa doğru; skafoidi proksimalden, ulnardan, distalden ve radialden görünümünü izlemekteyiz.(15)

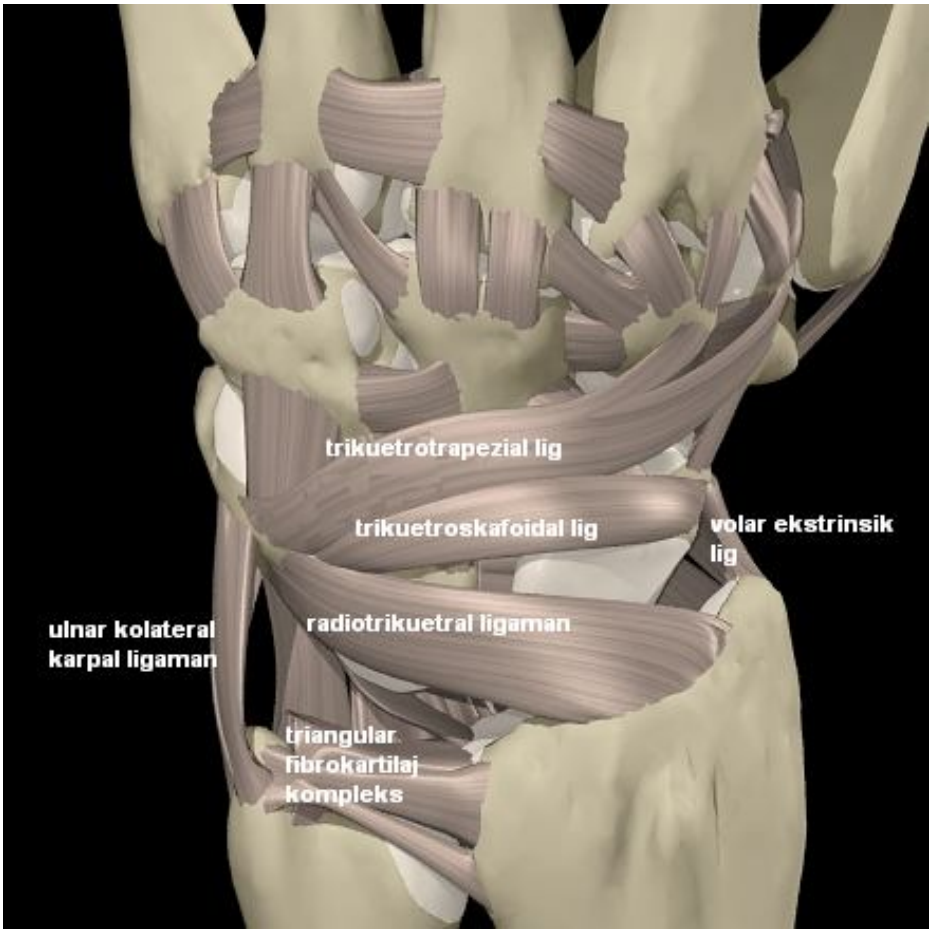
2.1.2. Ligamantöz Anatomi

El bileği ligamanlarını intrensek ve ekstrensek olarak ikiye ayırabiliriz. Ekstrensek ligamanlar radiokarpal, midkarpal veya her iki eklemi de geçen kapsuler ligamanlardır. İntrensek ligamanlar ise başlangıç ve sonlanış yapışma yerleri karpal kemikler üzerinde olan intrakapsüler ligamanlardır (19).

Dorsal ekstrensek ligamanlar, eksternal retinakulum insize edilip, ekstansör tendonlar retrakte edildiğinde görülebilirler (18, 19). Klinik olarak dorsal ligamantöz yapılar; skafoidin stabilitesinin ve karpal hareket sırasında skafoidin diziliminin korunması için önemlidir (11).

Dorsal radiokarpal ligaman ya da dorsal radiotrikuetral ligaman; distal radius üzerindeki lister tüberkülünden başlar ve oblik olarak ilerler. Dört ayrı varyasyonuna rastlanmıştır. Direk olarak skafoide yapışmaz. Bu ligamanın derin dalları lunatumun dorsal boynuzuna, yüzeyel dalları ise trikuetrumun dorsaline yapışır (11, 19).(şekil 4)

Dorsal interkarpal ligaman, trikuetrumdan başlar sonra skafoidin dorsal yükseltisine, trapeziuma ve trapezoideuma yapışır (19). Proksimali distaline göre daha kalındır (11). Dorsal interkarpal ligamanın derin dalları skafolunat ve lunotrikuetral interosseöz ligamanların liflerine katılarak onları güçlendirir (11,19) (şekil 4). Dorsal radiokarpal ligamanla birlikte dorsal instabiliteyi sağlar (11).



Şekil 4: El bileği dorsal ligamanları (15)

Palmar ekstrensek ligamanlar ise radioskafokapitat, radioskafolunat uzun ve kısa radiolunat ligamanlardır (19).

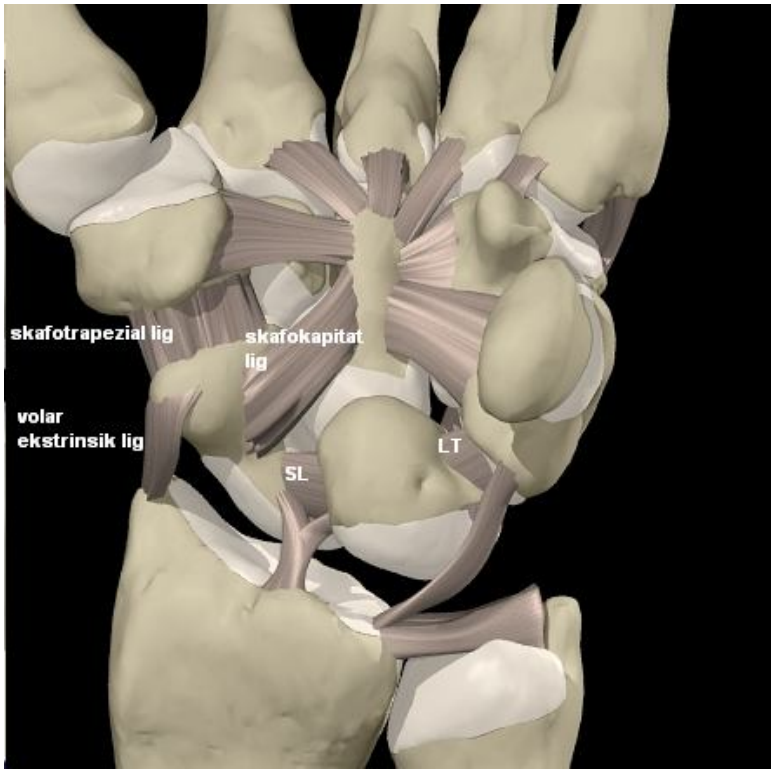
Radioskafokapitat ligaman radiusun palmar dudağından birçok noktadan başlar(19). Geniş kapsüler bir ligamandır (11). Radioskafokapitat ligament skafoidin bel bölgesinin lateral palmar yüzüne ve distal kutbun proksimal yüzüne (18) ve kapitatumun beline yapışır. Bu ligamanın gücü 100 – 150 newton ölçülmüştür (11). Ayrıca ulnokapitat ligaman ile birleşerek arkuat ligamanı (deltoid ligamanı) oluşturur. (19)

Radioskafolunat ligaman veya diğer adıyla Testut ligamanı bilek stabilitesinde çok az rol alır. Uzun ve kısa radiolunat ligamanlar arasındadır (11). Bu ligamanın histolojik değerlendirmeleri organize kollajen demetlerinin olmadığını ortaya koymuştur. Bu nedenle gerçek bir ligaman olmadığı

söylenmektedir (11) Asıl görevi içinde vasküler ve nöral yapılar taşımaktır (19). Hesaplanan gücü ise 40 Newton olarak hesaplanmıştır (11).

Uzun radiolunat ligaman radioskafokapitat ligamanın ulnar tarafındadır. Bu ligaman radiusun palmar dudağından orijin alarak yükselir. Skafoidin proksimal kutbu üzerinden geçerek lunatumun palmarına yapışır. Radioskafokapitat ve uzun radiolunar ligamanlar arasında kalan boşluğa "Poirier aralığı" adı verilir (19).

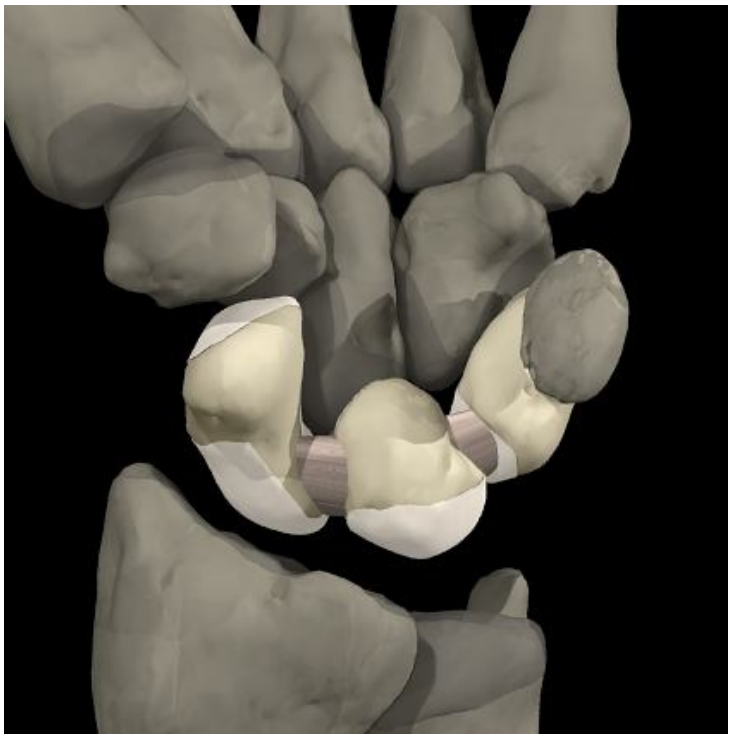
Kısa radiolunat ligaman lunat fossanın yanından radius dudağından orijin alır ve lunatumun palmarına yapışır. Bu ligamanın lifleri uzun radiolunat ligaman, ulnolunat ligaman ve palmar lunotrikuetral ligamanın lifleri ile kaynaşır. Kısa radiolunat ligaman lunatum kemiğinin en önemli stabilizatörüdür (19).



Şekil 5: Palmar intrensek el bileği ligamanları ve skafoid çevresi yapılar (15)

Skafoid üzerinde birçok ligamentöz yapışma yeri mevcuttur. Skafoide yapışan ligamanları palmar, dorsal, radiokarpal ve midkarpal olarak dörde ayırabiliriz (11).

Skafolunat interosseöz ligaman proksimal kutbun, dorsal, proksimal ve palmar kenarına yapışır, “C” şeklindedir ve bu üç bölümden oluşur. Bu parçaların güçleri ise sırasıyla 300, 150 ve 50 newtondur (11). Skafolunat ligaman dorsalde kalın liflerden oluşur ve bu yüzden en güçlü parçası dorsaldedir (19). (şekil 5, 6)



Şekil 6: Skafolunat ve lunotrikuetral ligamanların palmardan görünümü ve karpal kemiklerle ilişkisi (15)

Skafotrapezial ligament, skafoidin distal kutbunun lateral yüzüne yapışır. **Skafokapitat ligament** ise distal kutbun palmar ve lateral nonartikular yüzüne yapışır. Kısa bir ligamandır (11,18).

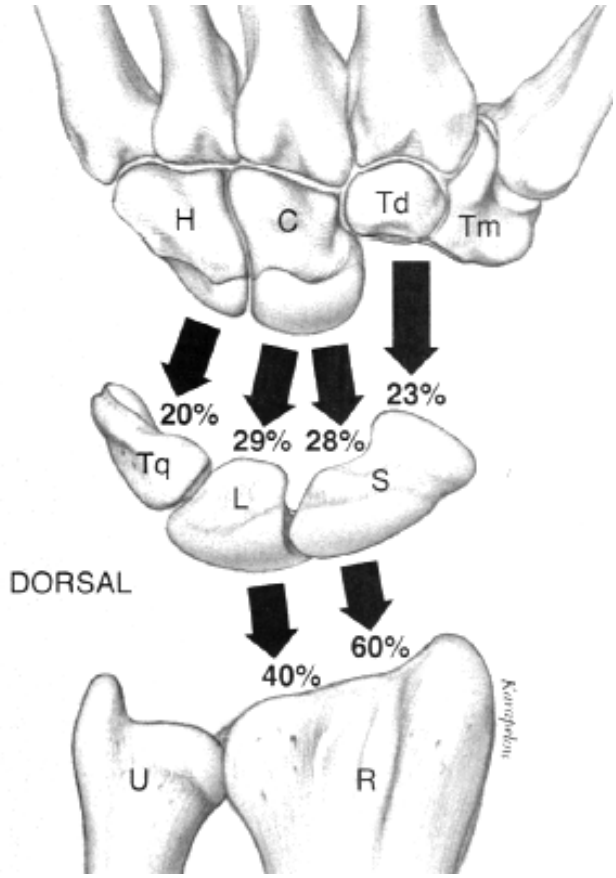
2.1.3.Skafoid kinematiği

Skafoid ve lunat kemiğin radius distalinde ayrı ayrı eklem yüzleri mevcuttur. Skafoidin radiusla olan temas yüzeyi el bileği pozisyonuna göre değişmektedir. El bileği ulnar deviasyondayken, skafoidin temas yüzeyi lunar yüzeyin 1.47 katıdır

Skafolunat temas alanı ise el bileği radialden ulnar deviasyona doğru ve fleksiyondan ekstansiyona doğru gittikçe artar (11).

Distal sıradan proksimal sıraya yük aktarımı ve ardından da radiusa yük aktarımı lunat ve skafoid üzerinden olur (11).(şekil 7)

Kompleks “S” şeklinde bir eklem olan skafoid ile trapezium - trapezoideum - kapitat arasındaki eklem skafolunat ve skafokapitat ligamanları tarafından desteklenir. Bu sayede ulnar fleksiyon ve radial ekstansiyon hareketini yapabilir (11).



Şekil 7:El bileği yüklenme mekaniği (11)

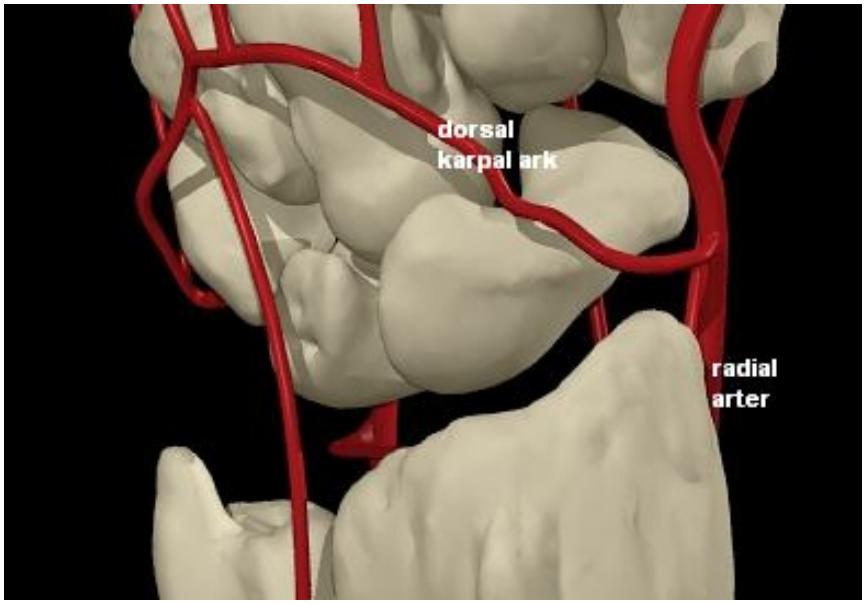
Proksimal sıra kinematiği araştırmaları sonucunda; el bileği ekstansiyonu fleksiyonu sırasında skafoidin radiusa göre 68,5° ve lunat kemiğe göre 30°lik hareket açıklığına sahip olduğu bulunmuştur (11).

El bileğinin radial ulnar deviasyonu sırasında ise skafoid iki farklı harekette bulunur. Hem fleksiyon ekstansiyon hem de ulnar radial deviasyon hareketi yapar. El bileğinin ulnar deviasyonu sırasında skafoid de ulnara döner ancak ekstansiyonu daha fazladır. Bu pozisyonda çekilen radyografilerde skafoidin uzun aksı ölçülür. El bileğinin radial deviasyonu sırasında ise skafoid radiale döner ve palmar fleksiyon yapar (11).

Skafoid akut kırıklarının ve kaynamamalarının tedavi zorluklarından biri de gerçek deplasmanın klasik düz grafilerden hesaplanamamasıdır. Karpal kemiklerin üst üste görüntü vermesi ve skafoidin üç boyutlu oblik oryantasyonu yanlış ölçümlere neden olur.

2.1.4.Skafoidin Kanlanması

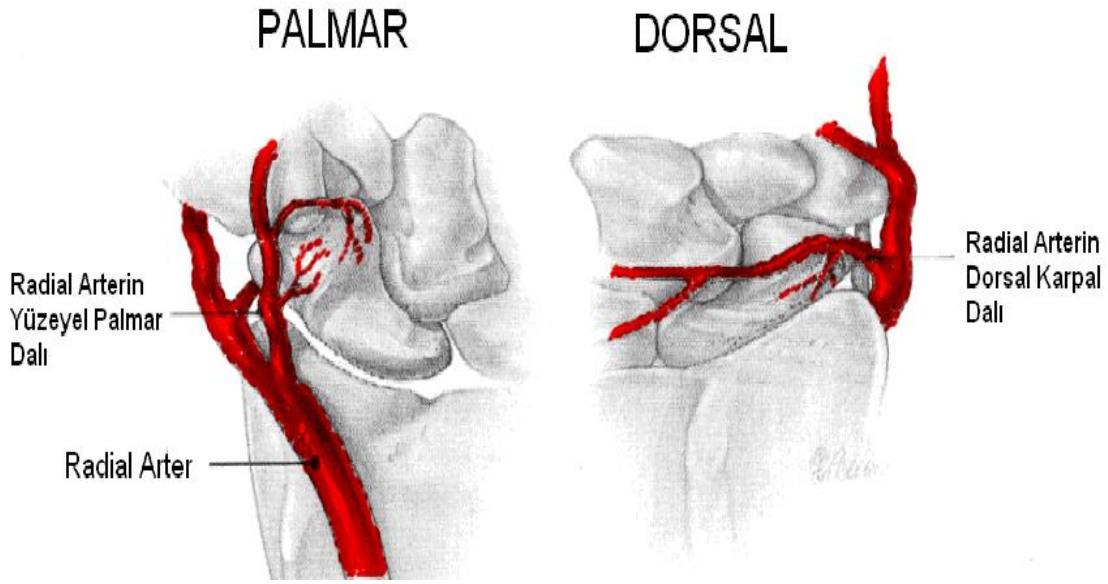
Skafoidin kanlanması kırık iyileşmesinde kritik bir role sahiptir. Radial arterden ayrılan skafoidal dal, proksimal kutbu distal kutuptan endosteal olarak besler. Bu kanlanma bel ve proksimal kutup kırıklarında bozulur. Böylece proksimale kan sağlanması engellenmiş olur (20).



Şekil 8: Skafoid kemiğinin kanlanmasının dorsolateralden görünümü ve skafoidin bel bölgesinden geçen dorsal karpal ark (15)

Skafoid kemiği kanlanmasını ligamantöz yapışma yerlerinden sağlarlar. Üç arteryal grup skafoidin kanlanmasını sağlar. Bu gruplar lateral palmar, dorsal ve distal arteryal gruplardır. Ancak daha sonraki araştırmalarda iki gruptan oluşan vasküler sistem tanımlanmıştır. Biri dorsal diğeri palmar yüzden skafoidin kanlanmasını sağlamaktadır (18).(şekil 8, 9)

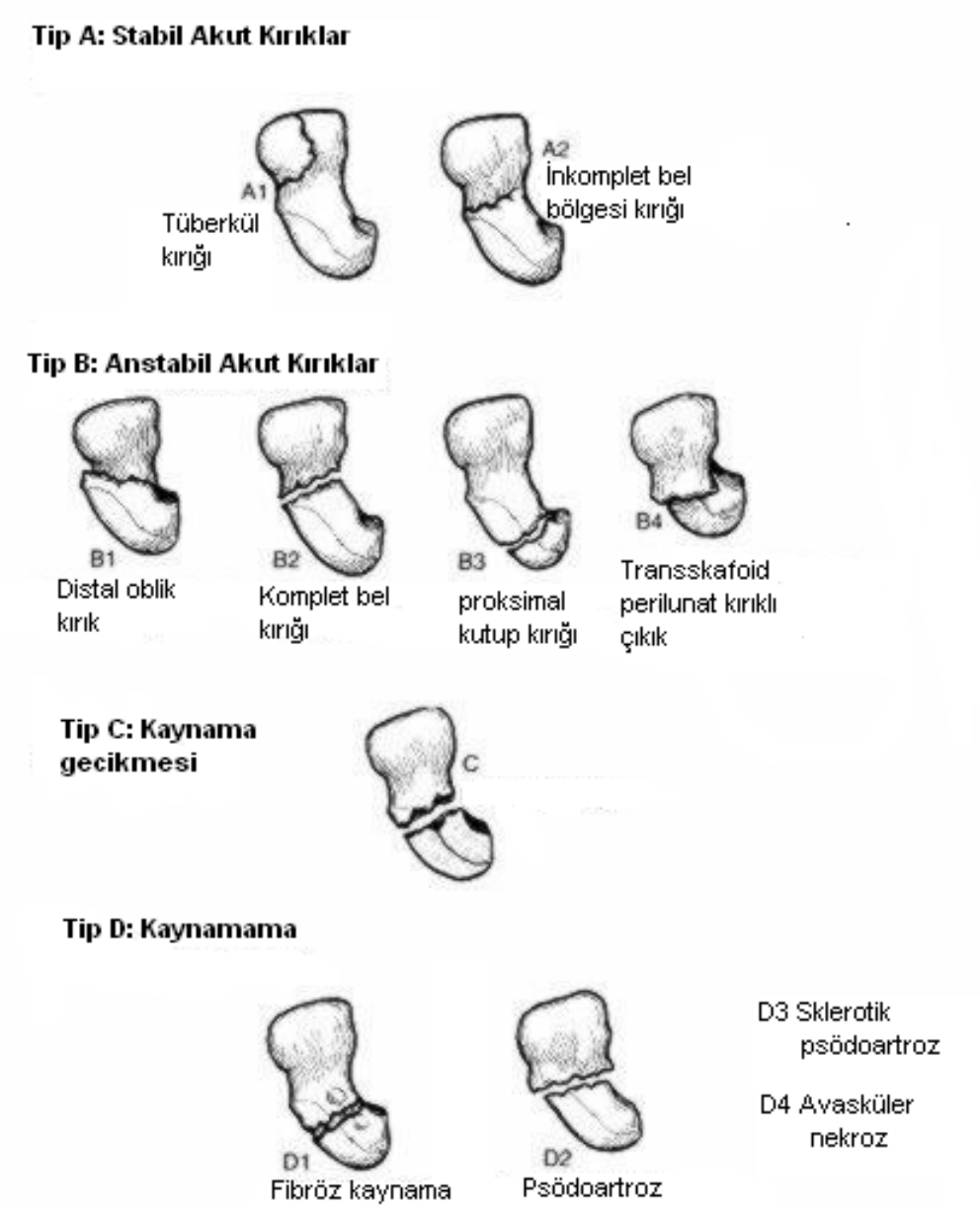
Skafoidin proksimal kutbu en az kanlanmaya sahiptir. Bu bölge radioskafolunar ligamanın derin liflerinin yapışma yeri hariç tamamen hyalin kıkırdak ile kaplıdır. Bu nedenle kanlanmasını bel bölgesinden geçerek gelen intraosseöz kan akımıyla sağlar (18).(şekil 9)



Şekil 9: Skafoid kemiğinin distalden kanlanmasının şematik görünümü (18)

2.1.4. Skafoid Kırıkları ve Sağaltımı

Skafoid kırıklarının sağaltımını kırığın deplasmanı, stabilitesi ve zamanı belirler (8). Skafoid kırıklarını temel olarak akut (<2 ay) ve kronik (>2 ay) olarak ikiye ayrılır (8). Russe skafoid kırıklarını, horizontal oblik, transvers ve vertikal oblik olarak üçe ayırmıştır. Herbert'in kırık sınıflamasında ise, skafoid kırıkları, stabil akut, anstabil akut, kaynama gecikmesi ve kaynamama olarak dörde ayrılır (8, 18).(şekil 10)



Şekil 10: Skafoid kırık sınıflaması (8, 18)

Skafoid kırıkları tüm el kırıklarının %11'ini ve tüm karpal kırıkların %60'ını oluşturur. Bu kırıklarının %70-80 ise bel bölgesinde oluşur (18).

Skafoid kırıklarının iyileşmesi, benzersiz anatomisinin tamir potansiyelini sınırlaması nedeniyle zor gerçekleşir. İnce damar yapısı, kırık hattındaki yüksek makaslama kuvvetleri, kartilaj yapıdaki kemiğin stabil bir kallus oluşturmadaki yetersizliği ve eklem sıvısının kırık hattındaki lokal hormon ve stimulanları dilue etmesi; başarılı bir osteosentez için karşımızda duran doğal engellerdir (20).

Skafoid üzerindeki eğilme momenti nedeniyle; kırık oluşturan kuvvetler, palmar kortekste kompresyon oluştururken, dorsal kortekste gerilim oluştururlar. Eğer kırık hattı bel bölgesinden daha proksimalde olursa deplase olma olasılığı daha fazladır. Çünkü proksimal ve distal ligamentler arasındaki zıt kuvvetler kaymaya neden olur (18).

En sık karşılaşılan kırıklar üç temel kırık oluşum şekline sahiptirler; cerrahi bel, dorsal sulkus ve proksimal kutup (16). Compton'un çalışmasında incelenen 24 bel bölgesi kırığından sadece bir tanesi anatomik bel bölgesi kırığı olarak değerlendirilmiştir (16).

Skafoid kırıklarının tedavisinde maluniondan kaçınmak için anatomik redüksiyon ve stabil bir tespit gereklidir. Erken hareket artrit riskini azaltırken kaynamama ihtimalini de arttırır (20, 23).

Akut skafoid kırıklarında, tip A1'de 2 - 3 hafta, tip B2'de ise 6-8 hafta alçılı tedavi uygulanır. Tip B1 ve B2 de kırık hattındaki açıklık 1 milimetreden daha az ise 8 -12 haftalık alçılı tedavi denenir. Takipte gerekirse tespit yapılır. Kırık hattında 1 milimetreden fazla açıklık bulunan B grubunda ise açık redüksiyon internal tespit uygulanır. Tip C ve D kırıklarda birçok teknik ile grefleme seçenekleri mevcuttur (8, 18).

Skafoid kırıklarının büyük bir yüzdesi alçılı tespit ile başarıya ulaşmıştır. Buna rağmen bazı olgularda, -anstabil veya deplase kırıklardaki kaynamama gibi- kemik fragmanlar arasındaki kaynamayı desteklemek ve tespit süresini azaltmak için internal fiksasyon tercih edilir. İnternal fiksasyondaki amaç, kırık hattında stabiliteyi koruyarak kaynamayı

hızlandırmaktır. Vidalar ve Kirschner telleri skafoid kırıkları için en sık kullanılan tespit materyalleridir (14).

Skafoid distal kutuptaki fleksiyon kuvveti ve proksimal kutuptaki ekstansiyon momenti nedeniyle karakteristik yuvarlak sırt kamburluğu deformitesi kronik skafoid malunionlarında görülür (18).

Deneysel olarak, herbert vidasının ve kanüle vidaların, bir çift paralel Kirschner teline göre eğme kuvvetlerine dayanma gücü daha fazladır (14, 21, 22). Bu sonuca ulaşan araştırmacılar Kirschner teli ile tespit için paralel olarak gönderilen iki adet Kirschner teli kullanmışlardır. Ancak Kirschner tellerinin olası başka konfigürasyonları göz önüne alınmamıştır (14).

Bir başka açıdan da; kolay kullanımı, stabil bir fiksasyon sağlaması ve minimal diseksiyon ile ligaman hasarlarına neden olmaması Kirschner telleri uygulamalarının faydalı yönleridir (14).

Trapeziolunat eksternal fiksatörün en temel avantajı basit uygulanabilirliğidir. İnternal fiksasyona göre daha minimal cerrahi beceri gerektirir. Trapeziolunat eksternal fiksatör kullanımının orta dönem sonuçları cesaretlendiricidir (23). Eksternal fiksatör kullanımının bir avantajı da, postoperatif birinci gün ellerini serbest kullanabilmesini sağlaması ve stabilite kaybı olmamasıdır (24).

3. MATERYAL METOD

3.1.Deney Modelinin Oluşturulması

Bu çalışmada; köpükten skafoid modeli üzerinde yapılan üç farklı bel bölgesi kırığının, üç farklı Kirschner teli yönelimi ile tespitinin biyomekanik olarak değerlendirilmesi planlandı.

Bu amaçla Sawbones firması tarafından üretilen (Sawbones Europe AB Malmö Sweden) her biri aynı özelliklere sahip “solid foam” sert köpükten poliüretan sol skafoid kemik modelleri üzerinde çalışıldı. (şekil 11)

Şekil 11: Sert köpükten poliüretan skafoid modeli (25)

Üç ayrı bel bölgesi kırığı planlandı. Skafoidin uzun aksına dik olan kesiye “A kırık grubu”, bu kırığı 0 derece kabul ederek x-y düzleminde “+30°”deki kesiye “B kırık grubu” ve “-20°”deki kesiye “C kırık grubu” adı verildi.

A grubu: Bel bölgesi

- ♦ Cerrahi bel bölgesi
- ♦ Transvers

Şekil 12: A grubu

B grubu: Bel bölgesi kırığına (+) açılı (+30°)

- ♦ Dorsal çıkıntının lateral apeksinin distalinden geçen kesi hattı
- ♦ Horizontal oblik kırık
- ♦ Ulnar-proksimalden radial-distale uzanan kırık hattı

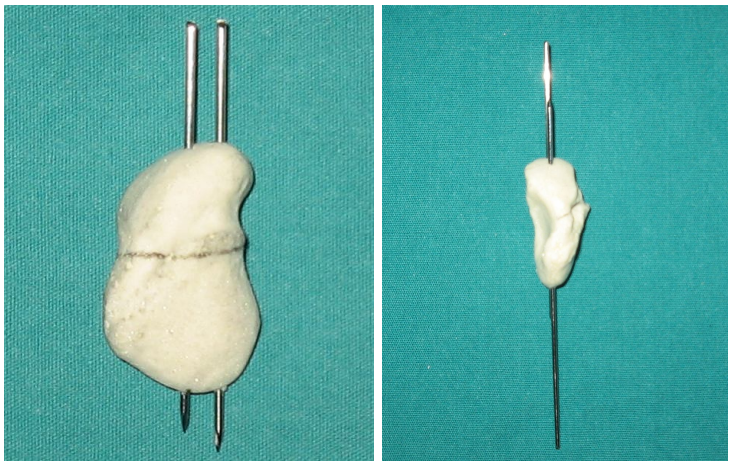
Şekil 13: B grubu

C grubu: Bel bölgesi kırığına (-) açılı (-20°)

- ♦ Dorsal çıkıntının lateral apeksinin proksimalinden geçen kesi hattı
- ♦ Vertikal oblik kırık
- ♦ Ulnar-dorsal-distalden radial-palmar-proksimale uzanan kırık hattı

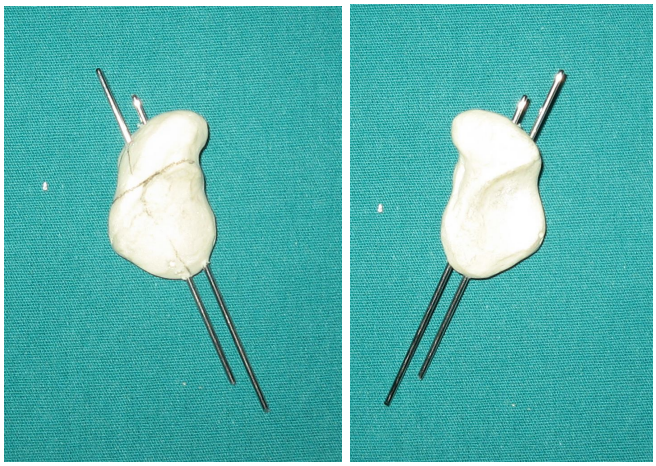
Şekil 14: C grubu

S grubu: paralel, santral (skafoid uzun aksında)



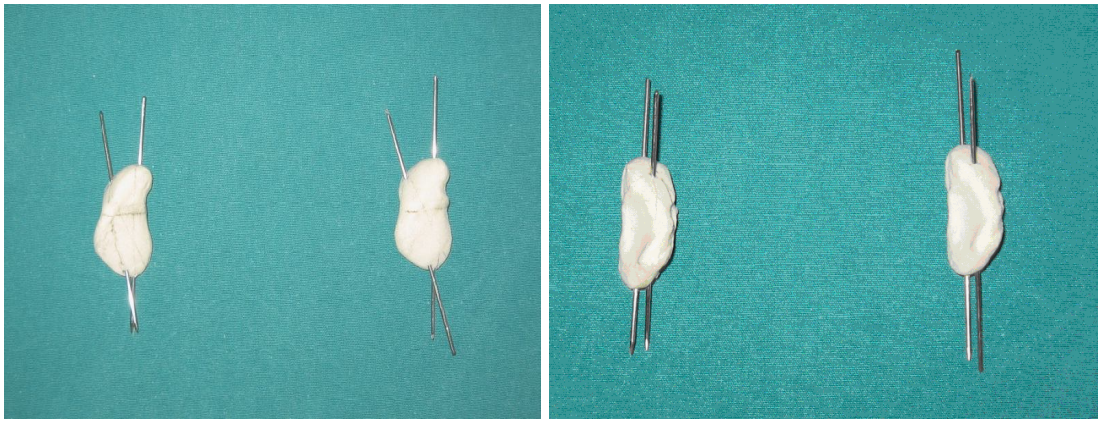
Şekil 15: S grubu, iki planda paralel Kirschner teli çifti

O grubu: paralel, oblik (skafoid uzun aksına göre 25° dorsale açılı)



Şekil 16: O grubu, skafoidin uzun aksına 25 derece oblik olarak yerleştirilmiş bir çift Kirschner teli

X grubu: çapraz (teller arasında 20° açı mevcut)



Şekil 17: X grubu, birbirleri arasında 20° açı ile yerleştirilmiş bir çift Kirschner telinin ulnoradial ve dorsal palmar görüntüleri

Bu kırıkları tespit için ise bir çift Kirschner teli kullanıldı. İlk grupta skafoid tüberkülünden proksimal kutba skafoid uzun ekseni doğrultusunda birbirine paralel bir çift Kirschner teli gönderildi.(şekil 15) Kirschner tellerinin birbirlerinden uzaklıkları 2 mm idi.(S grubu; santral grup)

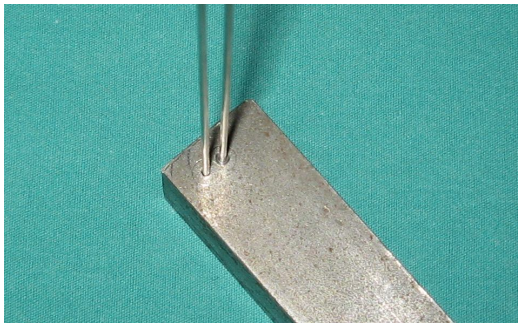
Skafoid uzun ekseni ile koronal planda 25° açı yapacak şekilde birbirinden 2mm aralıklı paralel iki adet Kirschner teli yerleştirdiklerimize ise "O grubu" (oblik grup) adı verildi. (şekil 16)

Üçüncü ve son grupta ise Kirschner telleri paralel olarak yerleştirilmedi. Tellerden biri santral, diğeri ise oblik açılı olarak yerleştirildi. (şekil17) Teller arasında 20 derece açı mevcuttu. (X grubu; çapraz grup) Teller arasındaki açı röntgenogramlarda ölçüldü.

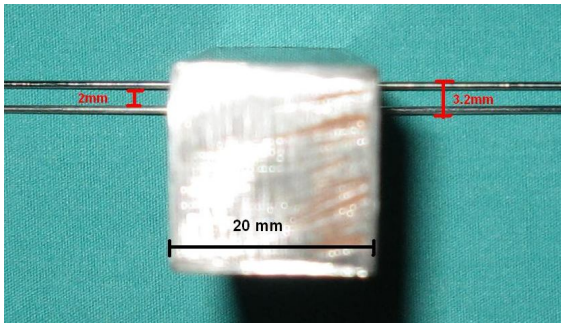
Tüm skafoidler, standart üretim oldukları için öncelikle köpükten skafoid modelleri üzerinde çizim ile kesi hatları belirlendi. Her skafoid modeldeki bir çift Kirschner teli için proksimalde ve distalde olmak üzere dört adet giriş çıkış deliği işaretlendi. Kirschner telleri arasında 2 mm aralık olması planlandı.

Kullanılması planlanan Kirschner telleri 1,2 mm çapındaydı. (Orcer İzmir Türkiye çap:1,2 mm x 290 mm)

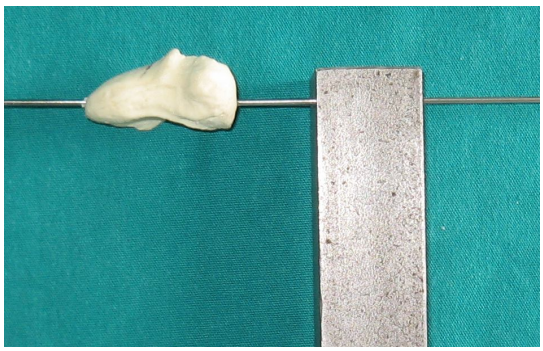
İki adet Kirschner telini birbirlerine paralel gönderebilmek için metal bir blok kullanıldı. 20 mm kalınlığındaki metal blokta 1,2 mm çapında metal drili ile merkezler arası 3,2mm ve kenarları arası 2 mm olacak şekilde 2 adet tünel açıldı. (şekil 18, 19)



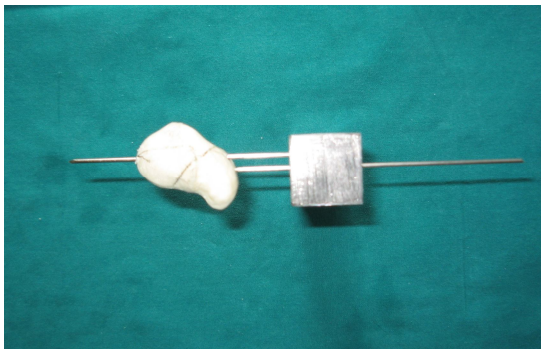
Şekil 18:Metal blok üzerinde aralarında 2 mm uzaklık bulunan 1,2 mm çapında 2 adet paralel tünel içine yerleştirilmiş 1,2 mm çapında iki adet Kirschner teli



Şekil 19: İçinde 1,2 mm çapında iki tünel bulunan metal blok içinde paralel iki adet Kirschner teli



Şekil 20: Metal blok kullanılarak skafoide yerleştirilen paralel Kirschner telinin palmar dorsal görünümü



Şekil 21: Metal blok kullanılarak skafoide yerleştirilen paralel Kirschner telinin radial ulnar görünümü

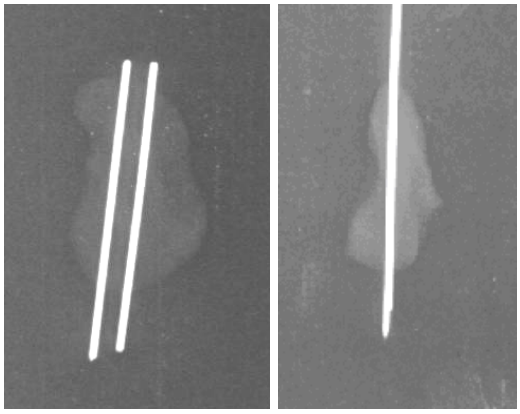
Köpükten skafoid modeli üzerinde önceden belirlenen giriş ve çıkış noktalarına bir adet Kirschner teli yerleştirildi. Skafoid model üzerindeki bu tel metal bloktaki tünellerden birinin içinden geçirilerek ikinci Kirschner teli için hazırlık yapıldı. Önceden işaretli noktadan girilerek ve metal blok sayesinde paralellik korunarak ikinci Kirschner telinin planlanan noktadan geçmesi sağlandı. (şekil 20,21)

Paralel olarak gönderilen Kirschner telleri arasındaki aralık giriş ve çıkış deliklerinde tekrar ölçüldü. Ardından skafoid modeline iki yönlü röntgenogram çekilerek paralellik radyolojik olarak doğrulandı. (şekil 22, 23, 24) Paralel olmayanlar deneyden çıkartıldı.

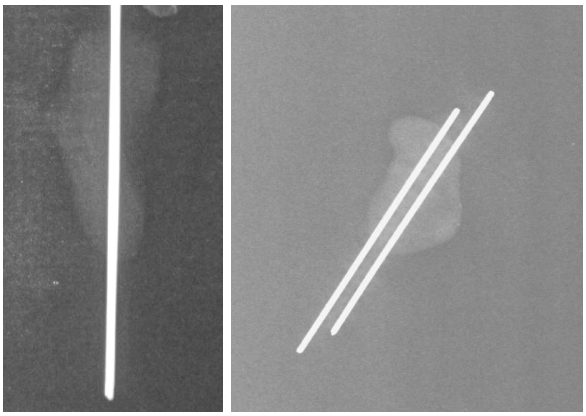
Birbirine paralel olarak gönderilen santral ve oblik Kirschner tellerinden sonra çapraz grup için Kirschner telleri yönelimleri planlandı. X grubunun birinci Kirschner teli, S grubunda daha palmarda olan Kirschner teliydi. İkinci tel ise O grubunda daha dorsalde olan seçildi.(şekil 17) Önceden işaretlenen giriş ve çıkış noktalarından geçen Kirschner tellerinin giriş delikleri sagital olarak aynı düzlemdeyken çıkış deliklerinin sagital olarak aynı düzlemde olmaması planlandı. Çıkış delikleri arasında koronal planda 2 mm uzaklık olması sağlandı.

Radyolojik olarak köpükten imal edilmiş skafoidlerin ve tespit materyallerinin görüntülenmesi düşük dozda çekilen röntgen grafileri ile sağlandı. (şekil 22, 23, 24) Skafoid ile görüntü arka planı arasındaki farkın az olması nedeniyle net bir görüntü elde edilemedi.

Röntgenogramlar üzerinde yapılan ölçümde; Kirschner telinin dansitesi 30 - 40 HU (Hansfield Unit; röntgen ışınlarının dijial ortamdaki birimidir; bilgisayarlı tomografi, dijital düz grafi görüntülerinde kullanılıyor. Klasik düz grafilerde ise kilovolt birimi kullanılır.) iken; köpükten skafoidin dansitesi 180 - 220 HU ve dijital röntgen kasetinin arka planının dansitesi 190 - 250 HU olarak elde edildi. Bu ölçümler TSI Viewer (version 3.5.1.0, 2005, GWI - Medica, France) görüntüleme yazılımı ile yapıldı.

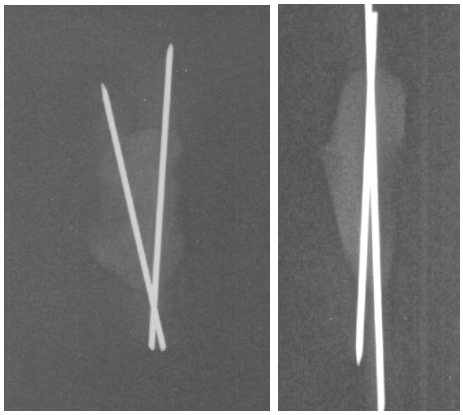


Şekil 22: S grubunda yerleştirilen tellerin paralelliğinin röntgenogram ile değerlendirilmesi



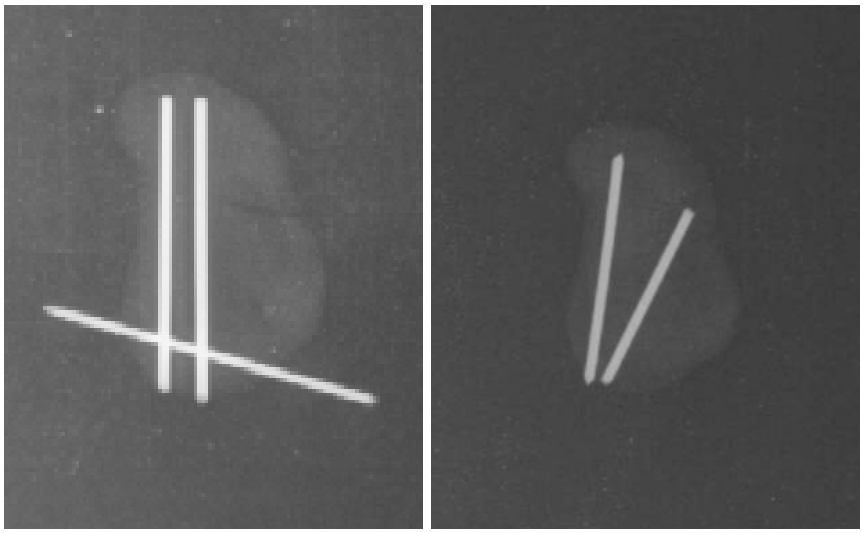
Şekil 23: O grubunda yerleştirilen tellerin paralelliğinin röntgenogram ile değerlendirilmesi

İçinden Kirschner telleri geçirilmiş köpük skafoidler üzerinde üç ayrı bel bölgesi kırığı için kesiler yapıldı. Tellerinden biri çıkartılarak kıl testeresi ile tek Kirschner teli çevresinde kesi tamamlandı. Ardından ikinci Kirschner teli yerine tekrar yerleştirildi.



Şekil 24: X grubunun röntgenogramları

Kesileri tamamlanmış uzun aksı 30 mm olan ve 1,2 mm çapında Kirschner teli kullanılarak skafoid modelin içindeki Kirschner tellerinin distal yüzeyden 3 mm daha derinde olması planlandı. Kısaltma miktarının, skafoid uzun aksının %10'u kadar ve açılan tünelin en az iki katı olması planlanarak, proksimal kutuptan kısaltma yapılıp radyolojik olarak doğrulandı. (şekil 25) Yüklenme aygıtında distal kutba uygulanacak basıncın, köpük maddeyi ezerek Kirschner teline temas etmesinin engellenmesi için kısaltma yapıldı. Böylece yüklenme sırasında direncin kırık hattından kaynaklanması planlandı.



Şekil 25: Skafoid içine yerleştirilen Kirschner telleri distal uçtan 3mm kısaltıldı ve bu kısaltma röntgenografi ile kontrol edildi. Rotasyonu engellemek için 1mm çaplı Kirschner teli proksimal kutba yerleştirildi.

Hazırlanan köpükten skafoid modellerinin, proksimalden stabilizasyonu için akrilik çimento kullanıldı. (Imident powder Imicriyl Diş Malzemeleri Tic. Ltd. Şti. Konya Türkiye ve Akribel akrilik likidi Atlas Enta A.Ş. İzmir Türkiye)

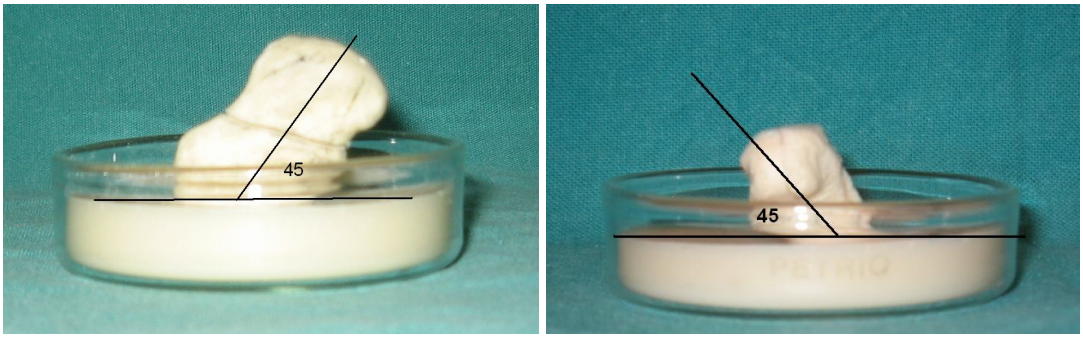
Çimento içine yerleştirilecek köpükten skafoid modelinde bası altında rotasyonu engellemek için proksimal uca 1.00 mm kalınlığında (Orcer İzmir Türkiye çap:1,0 mm x 290 mm) ve yaklaşık 20 mm uzunluğunda Kirschner teli yerleştirildi.(şekil 25)

Bu çalışmamızda,1. grup köpükten skafoid modelleri dorsal palmar düzlemde 45 derece (şekil 26) ve ulnoradial düzlemde 0 derece açı ile (şekil 24) petrie kabının (Petrie kabı çapı; 50 mm, derinliği; 15 mm) içine akrilik çimento yardımıyla yerleştirildi.

Şekil 26: 1. grup deney modelinde skafoide akrilik çimento içinde verilen 45° dorsal palmar açı ve ulnoradial 0° pozisyonu

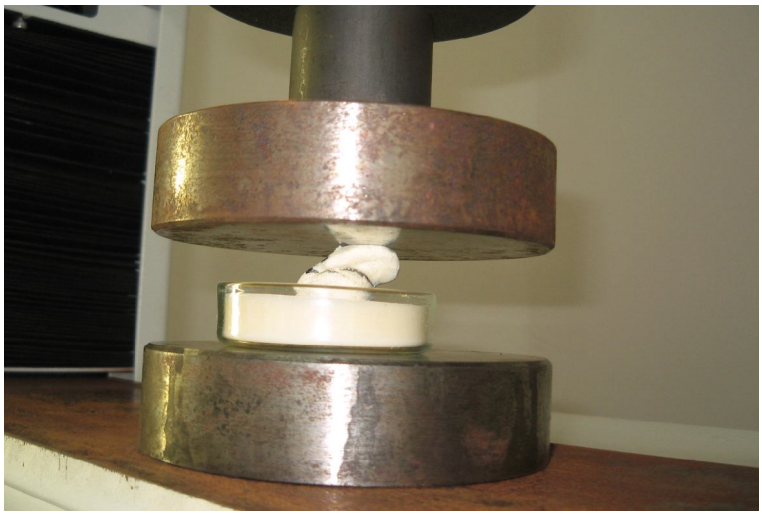
Radius distal eklem yüzünün yük binen orta noktasından çizilen çizgi ile skafoidin uzun aksı arasındaki açı, hem anteroposterior hem de lateral grafilerde ölçüldü. (şekil 27)

Şekil 27: Yumruk yapmış bir el bileğinde skafoidin 45° ulnoradial ve 45° dorsal palmar pozisyonu.



Şekil 28: İkinci grup deney modelinde skafoide verilen 45° dorsal palmar açı ve 45 ° ulnoradial açı

Ancak çalışmamızın sonunda bu iki açı ile yapılan deney modelinin hayata en uygun fonksiyonel pozisyon olmadığını gözlemlendi. Radyolojik olarak skafoidi günlük yaşam aktivitesinde skafoide en çok yük binen, el ve el bileğinin yumruk sıkar pozisyonunda değerlendirildi. Bu pozisyonlarda çekilen grafilerde yaptığımız ölçümlerde skafoidin ulnoradial düzlemde 45 derece ve dorsal palmar düzlemde 45 derece açıya sahip olduğu görüldü. Bu nedenle 2. grubu oluşturuldu. 2. grup skafoidleri ulnoradial düzlemde 45 derece (şekil 28) ve dorsal palmar düzlemde 45 derece açıyla (şekil 26) petrie kabına yerleştirildi.

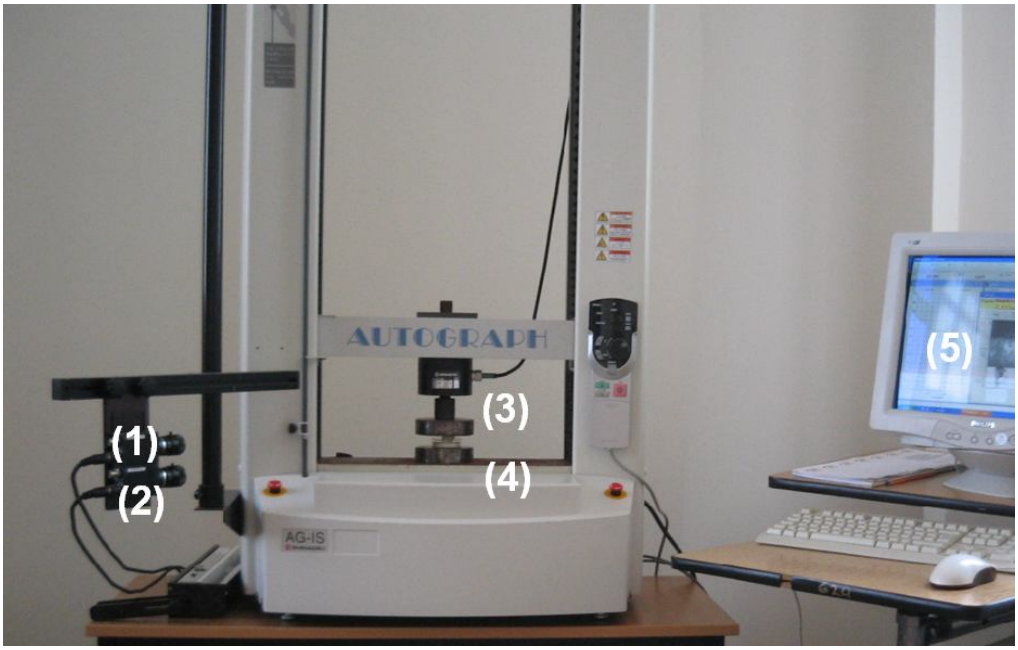


Şekil 29: 1. grupta skafoidin akrilik çimento içinde dorsal palmar 45°, ulnoradial 0° pozisyonu ve “Shimadzu load-cell” ile dorsalden palmara doğru kompresyon sırasında görünümü

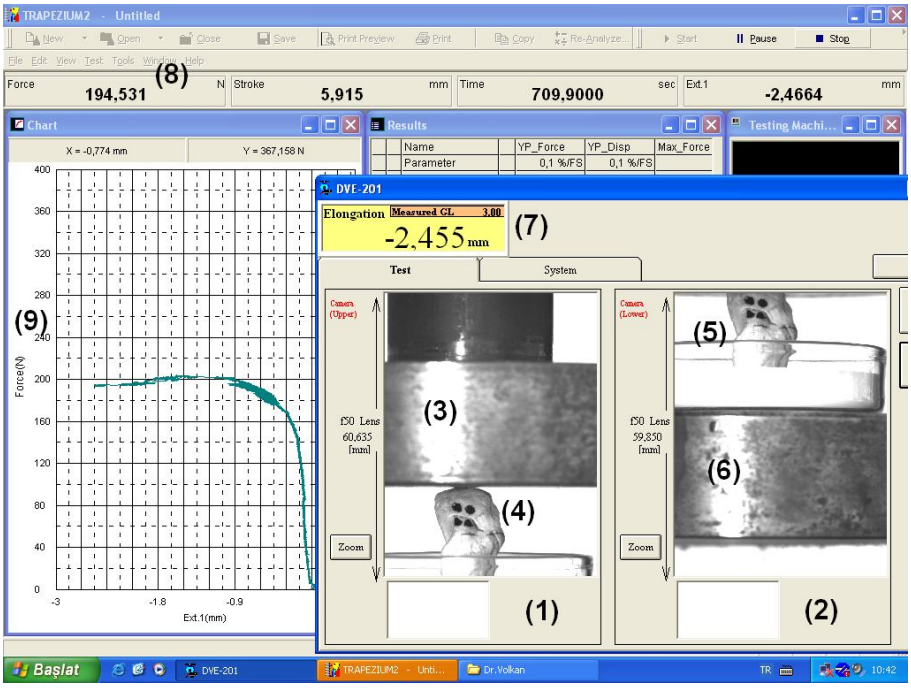
Proksimalden sabitlenmiş kemik modeli, yüklenme cihazına yerleştirildi. (Autograph AG-IS 10Kn Shimadzu Co. Kyoto Japan) (şekil 29, 30)

Shimadzu yüklenme aygıtı üzerinde bulunan iki kameranın (DVE 101-201 Digital Video Extensometer) (şekil 28) kesi hattının proksimaline ve distaline konulan iki noktanın birbirlerine göre hareketlerini takip etmesi sağlandı. Bu noktalar tüm skafoid modellerde, skafoid dorsalinde kapitat eklem yüzü sınırı ile dorsal oluk arasına yerleştirildi. Kamera tarafından bu iki nokta dik açıyla karşıdan izlendi. (şekil 31)

Deney materyalinin altından ve üstünden metal iki tabla ile dorsalden palmara doğru basınç uygulandı.(şekil 28) Bu basınç 0,5mm/dk hız ile distalden proksimale uygulandı. Basınç newton cinsinden kaydedildi. Kameranın takip ettiği iki noktanın hareketinin ve uygulanan basıncın yardımcı bir bilgisayar programı (Shimadzu Corporation Trapezium2 Data Processing System) (şekil 30) sayesinde Şekil olarak çıktısı alındı.



Şekil 30: Shimadzu yüklenme aygıtı (load-cell) (1)skafoid üzerinde kesi hattının distalini takip eden kamera (2)kesi hattının proksimalini takip eden kamera (3)yukarıdan aşağı doğru basınç uygulayan tabla (4)aşağıdan yukarıya basınç uygulayan tabla (5)shimadzu kompresyon cihazının kontrolünü sağlayan bilgisayar



Şekil 31: Shimadzu yüklenme aygıtı ile birlikte çalışan “Trapezium 2” yazılımı sayesinde elde edilen Şekil (1) üst kameradan alınan ilk görüntü (2) alt kameradan alınan ilk görüntü (3) yukarıdan aşağı doğru basınç uygulayan tabla (4) kesi hattının distalindeki takip noktaları (5) kesi hattının proksimalindeki takip noktaları (6) aşağıdan yukarı doğru basınç uygulayan tabla (7) iki takip noktası arasındaki uzaklık (8) uygulanan basıncın Newton olarak takibi (9) Newton-mm olarak Şekil takibi

Tablo 1: DENEYİN YAPILIŞ BASAMAKLARI

1. Skafoid modeller üzerinde kesi yeri çizimleri
2. Skafoid modeller üzerinde Kirschner teli giriş çıkış noktalarının işaretlenmesi
3. İlk Kirschner telinin yollanması
4. Metal blok kullanılarak paralel ikinci Kirschner telinin yollanması
5. Röntgenogram ile kontrol
6. Bir Kirschner telinin geri çıkarılması
7. Skafoid kırığı kesilerinin kıl testeresi ile yapılması
8. Kirschner tellerinin distal yüzeyden 3mm derinde olacak şekilde kısaltılması
9. Proksimal kutba rotasyon önleyici 1mm çapında Kirschner teli yerleştirilmesi
10. Skafoidlerin akrilik çimento içine yerleştirilmesi
11. Kamera takip noktalarının işaretlenmesi
12. Yüklenme aygıtına deney modelinin yerleştirilmesi
13. Kamera ayarının yapılması
14. Basınç uygulamasının başlaması
15. Kırık hattında deplasman gözlenmesi
16. Şekil çıktısının alınması

3.2.İstatistik Analiz Yöntemi

Deney materyallerinin deformasyona uğramadan dayanabildikleri en yüksek değerler newton cinsinden kaydedildi. Bu kuvvet değerlerine ulaşıldığı andaki kayma miktarı ve o ana kadar geçen süre tespit edildi. İstatistiksel değerlendirme için SPSS 15,0 istatistik yazılımı kullanıldı. Karşılaştırmalar kuvvet ve zaman değerleri için yapıldı.

1. grup değerlendirildiğinde;

Gruplar arasında fark olup olmadığını anlamak için Kruskal Wallis Variance Analizi yapıldı (Grup sayıları parametrik test yapmak için yeterli değildi.)

Her üçlü kesi grubu için Friedman testi uygulandı ve aynı kesi grubu içindeki tespitler arası fark olup olmadığı araştırıldı.

Ortaya çıkan farkın hangi gruplar arasında olduğunu anlamak için ise Wilcoxon testi ve Mann-Whitney U testi yapıldı. Tüm gruplar ikişerli olarak karşılaştırıldı. “p=0,05” ten küçük değerler anlamlı kabul edildi.

2. grup değerlendirildiğinde;

B kesisi yapılmış, O,S ve X tespitleri arasında Kruskal Wallis Variance analizi ile fark olup olmadığı araştırıldı.

1. grup ve 2. grup Mann Whitney-U testi ile karşılaştırıldı.

4. BULGULAR

Bu çalışmamızda 2 ayrı grup oluşturuldu (1. ve 2. grup) Bu gruplar arasındaki fark, skafoidlerin akrilik çimento içindeki tespit açılarıydı.

Birinci grupta A, B ve C kesisi olmak üzere üç kırık şekli oluşturuldu. “A” kesi grubunda 25, “B” kesi grubunda 25, ve “C” kesi grubunda 25 adet skafoid kemik modeli kullanıldı. Her kesi grubu, santral (S), oblik (O) ve çapraz (X) olarak birer çift Kirschner teli tespit edildi. Sonuçta 1. grupta, farklı kesi ve tespite sahip 9 alt grup oluştu.

İkinci grupta ise “b” kesisi olarak 1.grup “B” kesiyle aynı olan tek kesi kullanıldı. Bu grup da üç ayrı şekilde; santral (s), oblik (o) ve çapraz (x) olarak bir çift Kirschner teli ile tespit edildi.

Bu çalışma 12 adet grup ile oluşturuldu. (tablo2)

Tablo 2: Birinci ve ikinci gruptaki alt gruplar (S,s:santral; O,o:oblik; X,x:çapraz)

	TESPİT	**1.grup =** 45° + 0°	**2. grup =** 45° + 45°
A kesisi anatomik bel bölgesi	*Santral*	**SA**	
	Oblik	**OA**	
	Çapraz	**XA**	
B kesisi bel (+) açılı kesi	*Santral*	**SB**	**bs**
	Oblik	**OB**	**bo**
	Çapraz	**XB**	**bx**
C kesisi bel (-) açılı kesi	*Santral*	**SC**	
	Oblik	**OC**	
	Çapraz	**XC**	

Tablo 3: Birinci grupta elde edilen ilk deformasyonun oluştuğu maksimum basınç değerleri (newton)

	1. GRUP (güç; newton)								
	A			B			C		
	S	O	X	S	O	X	S	O	X
	219,375	149,063	227,818	122,656	371,563	234,844	201,562	244,581	290,938
	248,125	216,25	234,688	179,844	212,813	250,212	201,25	143,906	196,719
	199,531	283,75	202,5	208,594	294,688	237,056	204,063	152,081	137,031
	206,094	220	221,25	163,906	375,313	269,375	204,688	154,063	237,344
	216,094	191,875	200,469	185,156	304,375	251,563	251,406	167,969	192,969
	173,126	216,313	185,781	147,031	299,844	209,531	133,906	181,406	186,719
	181,875	202,188	204,688	164,844	242,656	290,938	113,75	147,656	149,581
	199,375	162,5	198,125	191,406	148,844		209,219	112,5	293,594
			200,938	153,594	261,25			83,125	
Ortalama	205,449	205,242	208,473	168,559	279,038	249.074	189,98	154,143	210,611
Std.Sapma	23,3033	41,05	15,8806	25,8784	72,5653	26,0857	44,3595	44,7804	58,87

Tablo 4: Birinci grupta maksimum basınç değerleri elde etmek için geçen süre

	1. GRUP (zaman; saniye)								
	A			B			C		
	S	O	X	S	O	X	S	O	X
	695	538	748	483	919	588	619	464	519
	687	570	677	587	317	852	385	176	535
	720	768	682	679	600	933	598	399	362
	774	482	609	725	792	719	543	455	424
	548	551	542	503	651	758	522	239	508
	459	420	591	658	479	825	582	434	722
	428	474	794	465	638	852	354	253	448
	346	335	508	431	700		529	351	653
		690	506	506	536			163	
Ortalama	582.12	536.44	628,55	559,667	625,77	789,57	516,5	326	521,37
Std.Sapma	158,29	132.07	103,48	105,75	175,18	112,71	97,11	120,03	118,44

Birinci grupta en direngen kesi “B” kesisi (ort: 230,875±61,67 N) olarak görüldü. En zayıf kesi ise en erken deformasyona uğrayan (tablo 4) “C” kesisi (ort: 183,681±53,25 N) olarak değerlendirildi.

“A” ve “C” grubunda en stabil tespit çapraz tespitken, “B” grubunda ise oblik tespit en stabildi. Tüm gruplar içinde en stabil tespit “BO” (ort:279,038±72,56 N), en zayıf tespit ise “CO” (ort:154,1433± 4,78 N) idi.

. Üç kesi grubundaki en direngen tespit olan çapraz tespit, ortalama 221,027±40,73 newton kuvvete dayanabildi. Santral tespit ise en zayıf tespit şekliydi (ort: 187,218 ± 34,63 N).

Deformasyonun oluştuğu kuvvet değerine ulaşıncaya kadar en uzun süre direnen kesi “B” grubuydu (ort:647,84±61,52 saniye). Zamana en dayanıksız grup ise “C” grubu olarak değerlendirildi.

En yüksek basınç değerlerine en uzun süre dayanan “B” grubuyken, en düşük basınç değerlerine en kısa süre dayanabilen “C” grubuydu. (tablo 3,4)

Her üç grupta da en uzun süre direnç gösteren çapraz tespitti (ort: 639,79±51,86 sn). Zamana en dayanaksız ise “O” grubuydu. “BX” en uzun, “CO” ise en kısa sürede deforme olan gruplardı

Tablo 5:Kamera ile takip edilen kayma miktarı

	1. GRUP (kayma miktarı, mm)								
	A			**B**			**C**		
	S	**O**	**X**	**S**	**O**	**X**	**S**	**O**	**X**
	1,5	0,2	1,5	0,8	1,35	1,5	1,35	1	1,7
	1,5	0,7	2,8	0,8	0,3	1,9	1,05	0,2	1,35
	1,3	1,2	0,9	0,5	0,5	2,2	2	1,2	1,15
	1,6	1	1,1	1,5	0,45	1,9	1	1,65	1,2
	0,7	1	1,4	1,3	0,2	1,8	1,05	0,8	1,35
	1,6	0,9	1	0,5	1,1	2,3	1,8	1,6	1,65
	0,5	1	1,4	1,4	0,7	2,6	1,5	1,1	1
	0,5	1,1	1,3	0,9	1,1		2,2	0,75	1,1
		0,8	1,2	1	0,7			0,5	
Ortalama	1,15	0,87	1,4	0,96	0,71	2	1,49	0,97	1,31
Std.Sapma	0,495	0,294	0,561	0,367	0,395	0,363	0,464	0,477	0,253

Birinci grupta maksimum kuvvete maruz kaldığı andaki kayma miktarı en az “B” grubunda (ort:1,22±0,52 mm) ,en fazla “A” (ort:1,42±0,45 mm) grubundaydı. “B “kesisi ise birinci grup içindeki en fazla kuvvete en uzun sürede ve en az kayma miktarı ile cevap veren kesiydi.

Tablo 6: İkinci grupta elde edilen maksimum basınç değerleri (newton), süreler (saniye) ve kaydedilen kayma miktarları (mm)

	2. GRUP (b)								
	Güç - N			Zaman -sn			Kayma miktarı- mm		
	s	o	x	s	o	x	s	o	x
	316,719	398,32	239,53	772	972	847	0,85	2,3	1,8
	358,185	360,625	402,031	776	835	842	0,7	1,65	1,6
	341,406	317,344	322,021	344	864	696	0,35	1,5	0,8
	332,656	453,281	338,281	692	804	813	0,3	1,55	1,4
	440,656	370,781	384,375	820	923	990	1,4	2,5	1,25
	399,027	354,063	278,906	780	868	780	0,9	2,4	1,15
	344,688	400,781	441,719	780	448	1051	1,1	1,85	3,1
	370,469	384,044	389,219	852	768	368	1,4	1,1	0,5
	321,875	297,5	374,531	880	996	948	2,5	3,6	1,35
	361,875		222,818	1048		580	2,65		0,7
Ortalama	358,756	370,749	339.34	774,4	830,88	791,5	1,215	2,05	1,365
StdSapma	37,68	46,4338	72.76	178,33	161,79	202	0,807	0,745	0,732
Ortalama	355,78			797,87			1,52		
StdSapma	54,28			177,48			0,82		

İkinci grup ile birinci grubun farkı ulnoradial açılanmalarıydı. En güçlü ve en uzun süre direnen oblik tespitti. Ancak ortalama en fazla kayma miktarı da oblik tespitte meydana gelmişti. En az kayma santral tespitte meydana gelirken, en düşük kuvvete deformasyonla cevap veren çapraz tespit oldu.

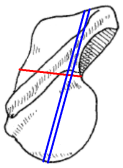
Bu grubun maksimum güç ortalaması 355,78 ±54,28 newtondu. “B” grubuna göre dirençte %54 artış meydana gelmişti.

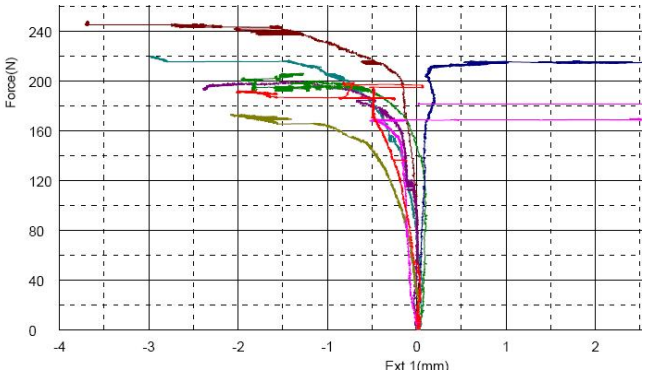
Birinci gruptaki tespit stabilitelerine göre artış olmuştu. En yüksek artış santral tespitte ile görüldü. (BS: 168,559±25,8784 N)

4.1. Birinci Grup

4.1.1. A kesisi grafikleri

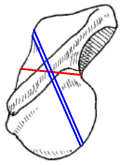
1.Grup - AS

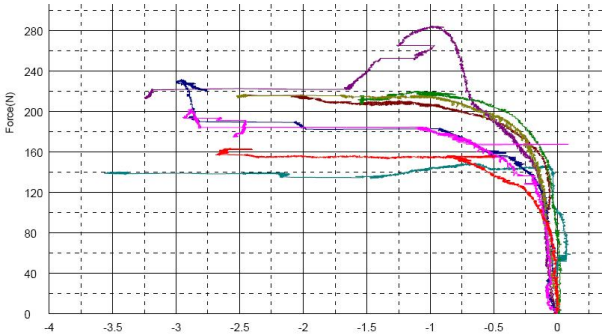




Şekil 32: 8 adet santral tespit edilmiş bel bölgesi kırık skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

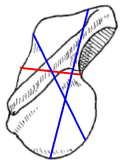
1.Grup - AO

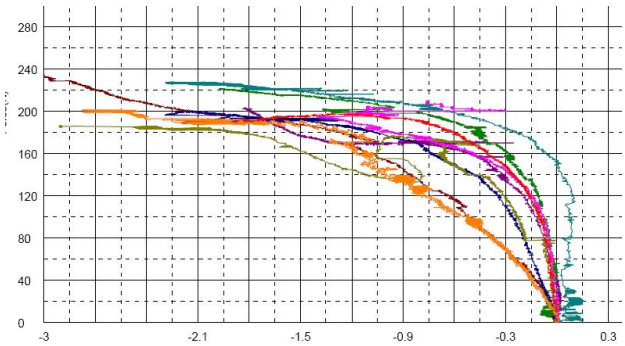




Şekil 33: 8 adet oblik tespit edilmiş bel bölgesi kırık skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

1.Grup - AX

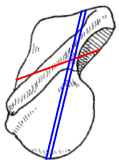


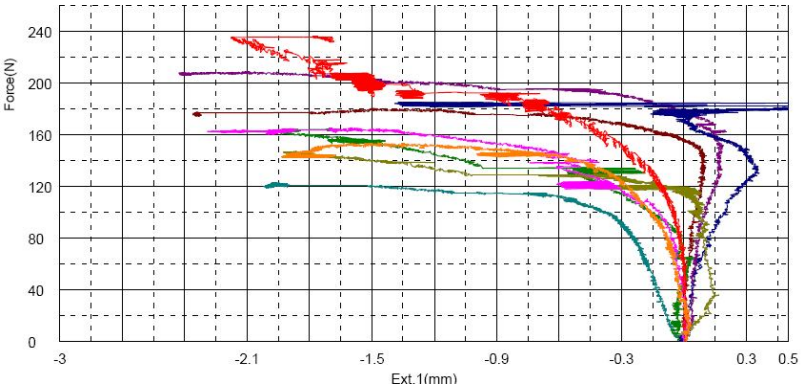


Şekil 34: 9 adet çapraz tespit edilmiş bel bölgesi kırık skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

4.1.2. B kesisi Şekilleri

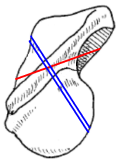
1.Grup - BS

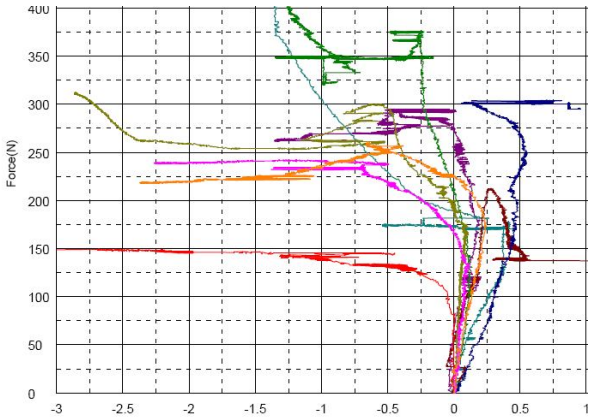




Şekil 35: 8 adet santral tespit edilmiş skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

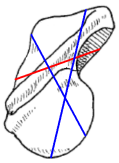
1.Grup - BO

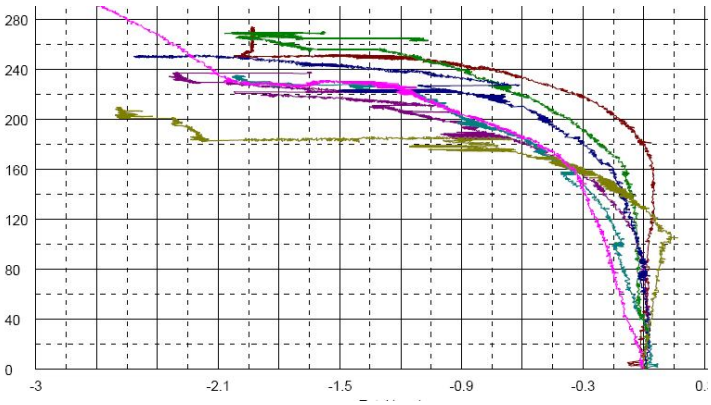




Şekil 36: 9 adet oblik tespit edilmiş skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

1.Grup - BX

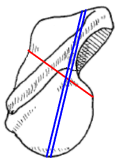


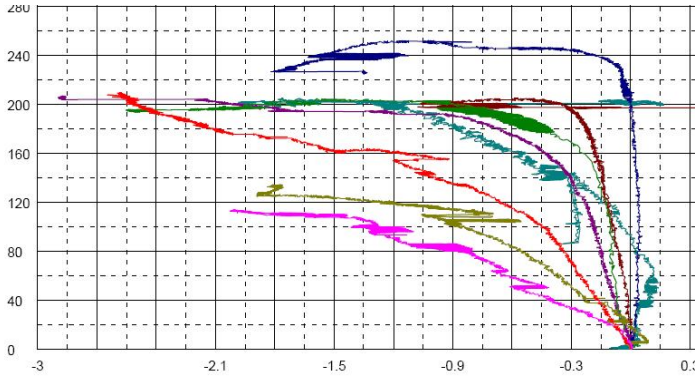


Şekil 37: 7 adet çapraz tespit edilmiş skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

4.1.3. C kesisi Şekilleri

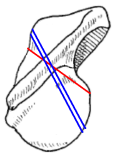
1.Grup - CS

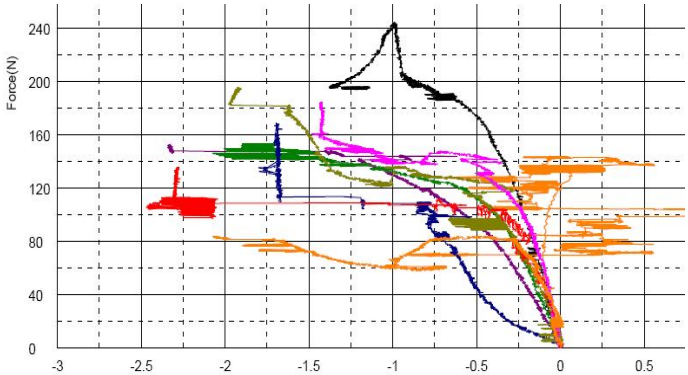




Şekil 38: 8 adet skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

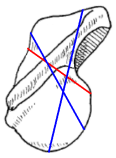
1.Grup - CO

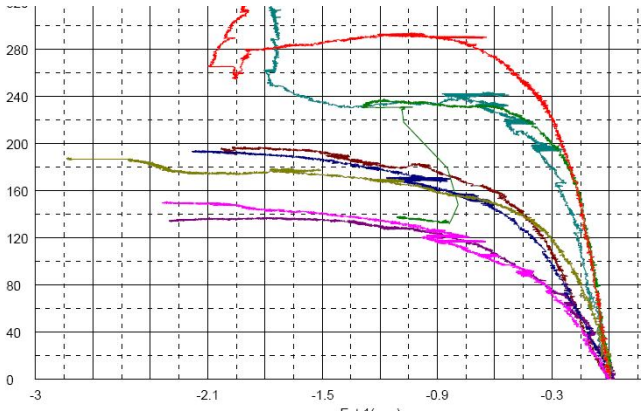




Şekil 39: 9 adet skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

1.Grup - CX





Şekil 40: 8 adet çapraz tespit edilmiş (-) açılı bel bölgesi kırık skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

4.2. Birinci Grup İstatistiksel Sonuçları

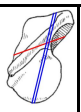
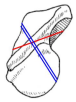
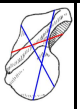
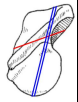
Birinci gruptaki A, B ve C kesileri arasında Kruskal Wallis analizi ile istatistiksel fark olduğu görüldü. Farkın nerden kaynaklandığını bulmak için kesi grupları Mann Whitney-U testi ile kendi içinde karşılaştırıldı. A ve C gruplarının kendi içinde istatistiksel olarak farklı olmadığı görüldü.

Birinci grupta elde edilen; maksimum kuvvet değerlerini elde ettiğimiz süreler (saniye) ile maksimum kuvvet değerlerini (newton), istatistiksel olarak karşılaştırdığımızda, anlamlı bir bağ veya ilişki saptanmadı. Korelasyon ve regresyon testleri kullanıldı.

İstatistiksel olarak B kesisinin Kirschner teli ile tespitlerinin arasında anlamlı bir fark olduğu Friedman testi ile görüldü.

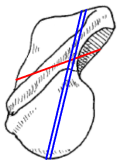
Ardından bu grup içindeki BO, BS ve BX grupları birbirleri ile karşılaştırıldı. Bu karşılaştırma için Wilcoxon testi ve Mann Whitney-U testi uygulandı. İkisinde de aynı sonuç alındı. “$p<0,05$” anlamlı kabul edildi. BS ile BO ve BS ile BX arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu. Ancak BO ile BX arasında fark bulunmadı.

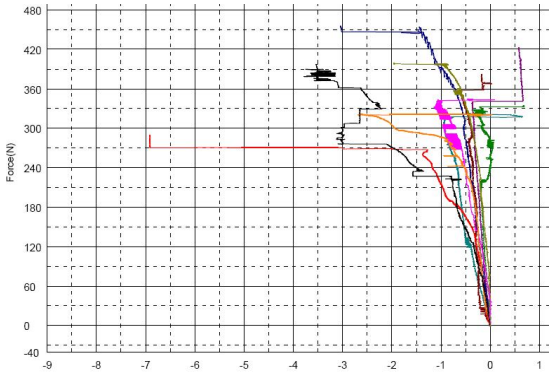
Tablo 7: 1.grup B bölgesi kesilerinin maksimum kuvvet değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

1.grup B bölgesi Kesileri		Wilcoxon Testi
BO 	**BS** 	**p=0,015**
BX 	**BS** 	**p=0,018**

4.3. İkinci Grup "b" Kesisi Şekilleri

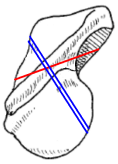
2.Grup – sb

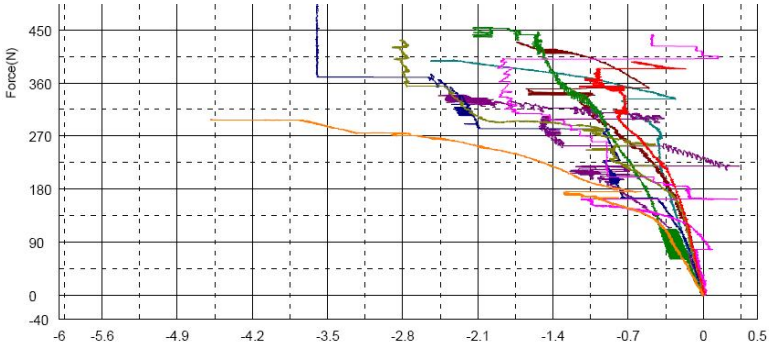




Şekil 41: 10 adet skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

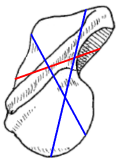
2.Grup – ob

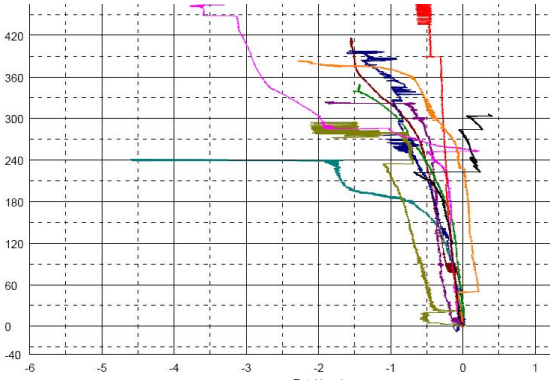




Şekil 42: 9 adet çapraz skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

2.Grup - xb





Şekil 43: 10 adet skafoid modelinin toplu grafik sonuçları (Newton/mm)

4.4. İkinci Grup İstatistiksel Sonuçları

2. grup sb, ob ve xb grupları arasında maksimum kuvvetlerin değerlendirilmesi sonucu istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü. (p>0,05)

2. grupta deney sırasında öncelikle kayma yerine, kırık hattında direnç ve kompresyon izlendi. Sonrasında ise 300 newton civarındaki basınç değerlerinde kayma görüldü.

4.5. Birinci Grup ile İkinci Grup İstatistik Sonuçları

1.grupta basınç sonucu ilk önce dorsal kesi hattında açılma ve palmar kesi hattında impaksiyon görüldü. Ardından kayma meydana geldiği izlendi.

2. grupta kesi hattında açılma görülmedi. Önce kesi hattında direnç ardından kayma gözlendi.

1 gruptaki B kesisi ile 2. grup b kesisinin istatistiksel olarak farklı olduğu görüldü. “b” kesisinin A ve C kesileri ile karşılaştırılmasına gerek görülmedi.

Tablo 8: Birinci gruptaki “B” kesisi ile ikinci gruptaki “b” kesisinin maksimum kuvvet açısından istatistiksel olarak karşılaştırılması

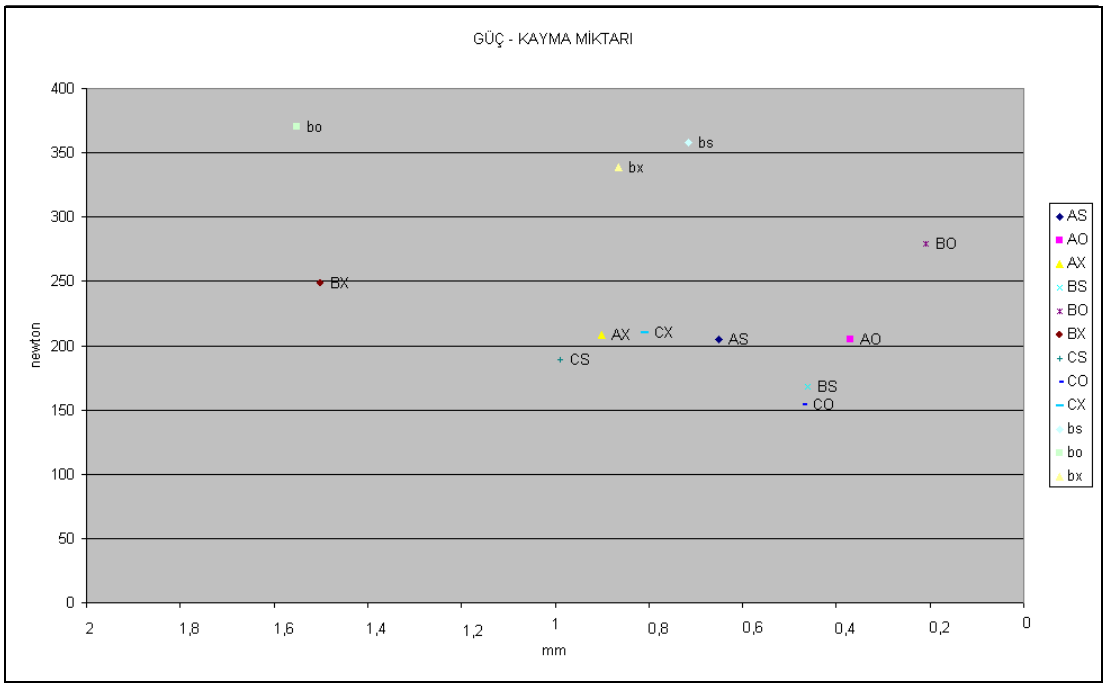
GÜÇ - Bel bölgesi (+) açılı kesilerin karşılaştırılması (Mann Whitney-U)	
BS - bs	**p=0,001**
BO - bo	**p=0,012**
BX - bx	**p>0,019**

Her iki radial distalden ulnar proksimale uzanan kesilerin tespit şekilleri karşılaştırıldığında anlamlı fark görüldü. İkinci gruptaki her tespit, birinci gruptaki eş tespitinden daha yüksek maksimum dayanma gücüne sahipti. Bu fark istatistiksel olarak da anlamlıydı.

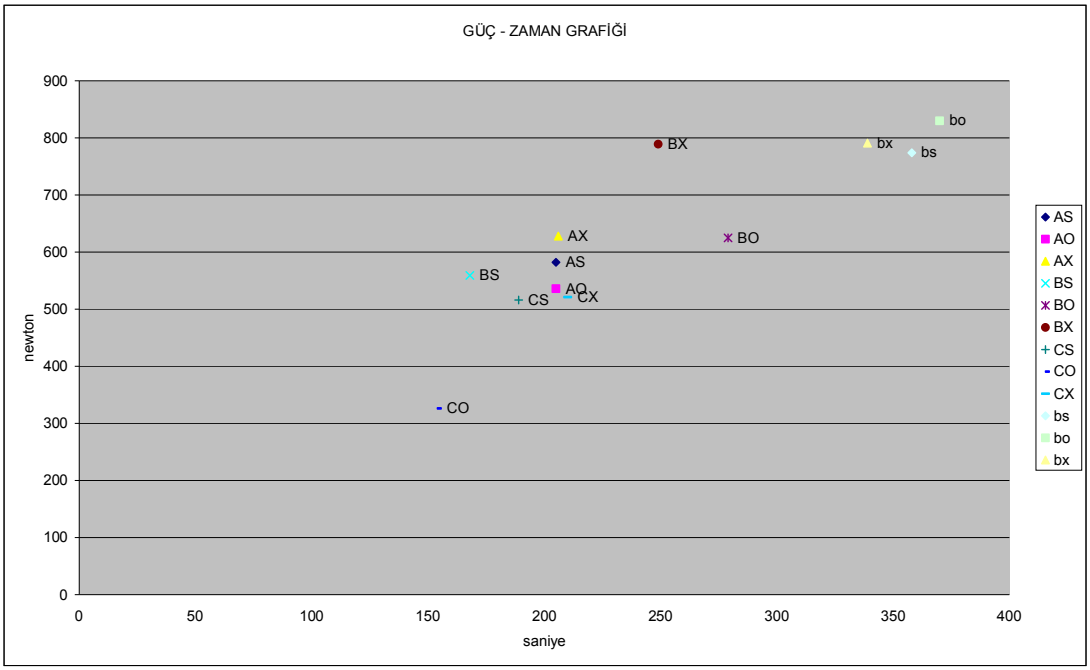
İkinci grupta maksimum kuvvet anına kadar geçen süreler birinci gruba göre daha uzun bulundu. “B” kesisiyle yapılan değerlendirmede santral ve oblik tespitler arasında anlamlı fark görülürken, çapraz tespitte anlamlı fark görülmedi.

Tablo 9:Birinci ve ikinci grup arasında maksimum kuvvete erişme süresi yönünden karşılaştırılmasının istatistiksel sonucu

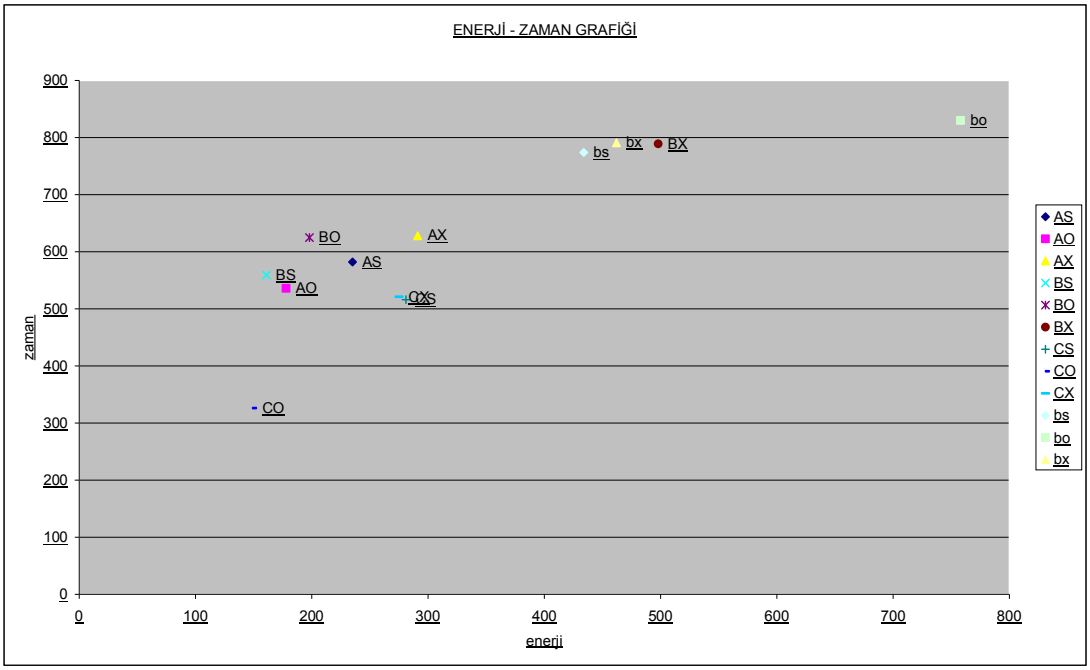
1. ve 2. grubun zaman açısından karşılaştırılması (b – B)		
1. grup	**2. grup**	**p**
BS	**bs**	**p=0,04**
BO	**bo**	**p=0,04**
BX	**bx**	**p=0,92**



Şekil 44: Güç – kayma miktarı grafiği (newton – mm) Oluşturulan 12 kırık tespit grubunun uygulanan güce karşı kayma miktarı açısından grafik ile değerlendirilmesi. Grafikte güç arttıkça azalan kayma miktarı gösterilmiştir.



Şekil 45: Güç- zaman grafiği (newton – saniye) Oluşturulan 12 kırık tespit grubunun uygulanan maksimum güce ulaşma zamanını gösteren grafik.



Şekil 46: Enerji zaman grafiği (joule – saniye) Oluşturulan 12 kırık tespit grubunun harcanan maksimum enerjiye ulaşma zamanını gösteren grafik

5. TARTIŞMA

Bu araştırmanın amacı akut skafoid bel kırıklarında kullanılan Kirschner tellerinin pozisyonlarını biyomekanik olarak değerlendirmekti. Bizim hipotezimiz skafoid bel kırıklarında santral yerleşimden başka pozisyonların da biyomekanik avantajlara sahip olabileceğiydi.

Genç erkeklerde sık görülen (26) skafoid kırıklarında kullanılan internal tespit yöntemlerinden biri Kirschner telleridir (10). Şimdiye kadar yapılmış mekanik çalışmalarda diğer tespit yöntemleri ile skafoid uzun eksenine paralel yerleştirilen bir çift Kirschner teli karşılaştırılmıştır (14). Bu çalışmada çeşitli pozisyonlardaki Kirschner teli çiftlerinin skafoidin farklı bel bölgesi kırıklarındaki dayanıklılığı gözlemlendi.

Skafoidin uzun (longitudinal) aksı incelendiğinde neredeyse her skafoidde ayrı bir tanımlama yapmamız gerekebilir (27). Skafoid anatomisinde yaş, cins, genetik gibi özelliklere bağlı varyasyonlar nedeniyle (11, 17, 27) kadavra skafoidlerinin birbirleri ile benzer olduğunu söyleyemeyiz. Bu farkı istatistiksel olarak azaltmak için ise kadavra skafoid sayısının artırılması gerekmektedir. Ancak ülkemizde kadavra sayısının az olması nedeniyle ve bekledikçe özelliklerini kaybedecekleri için bu sayıya ulaşmak imkansızdı.

Birçok araştırmacı doğal kemiği mekanik özellikleri ve yoğunlukları açısından taklit etmek amacıyla tahta (28), polistren (27), poliüretan (22, 29, 30) gibi malzemeler kullanmışlardır. Marshall ve arkadaşları poliüretan köpüğü insan kemiğine benzer mekanik özellikleri olduğu için tercih etmişlerdir (30). Sukul ve arkadaşları ise tahtadan (ash-wood) yapılmış skafoidleri, normal kansellöz kemik elastik modulusuna çok yakın bir elastik modulusa sahip olduğu için deney modellerinde kullanmışlardır (28). Shaw ise polistren pipet ve poliüretan köpük kullanma nedenini homojen olması ve mekanik özelliklerinin kansellöz kemiğe benzemesi olarak açıklamıştır (27).

Bu çalışmada poliüretan “sawbones” skafoid modeli tercih edildi. Böhler ve arkadaşlarının çalışmasında inceledikleri 734 skafoid kırığının %54,51’i sol skafoiddi (31). Bu çalışmada sol skafoid modeli kullanıldı.

Skafoid kırıklarında kaynama oranını etkileyen faktörlerden en önemlisi kırık yerleşimidir (3, 32). Compson'a göre bel bölgesinde üç tip anatomik kırık yerleşimi vardır. Skafoid dorsal yükseltisinin apeksinden, proksimalinden ve distalinden geçen kırık hatları olduğu tariflenmiştir (16). Bu kırık hatları bizim deneyimizdeki "A","B" ve "C" grubu kırık kesilerine uymaktadır.

Böhler ve arkadaşları skafoid kırığında kırık hattının uzanımına göre skafoid kırıklarını üçe ayırmışlardır; transvers, horizontal oblik ve transvers oblik (31). Transvers kırıklarda kırık hattı skafoid uzun aksına dik uzanırken, önkol-el aksına oblik uzandığını, %47,02 sıklıkla görüldüğünü bildirmişlerdir. (31). Bu çalışmadaki "A" grubu kesiler skafoid uzun aksına dikken, önkol-el aksına 45° açı ile oblik uzanıyordu. "A" grubunu Böhler'e göre transvers olarak adlandırabiliriz. Böhler, transvers kırıkları, kırık hattı ve prognoz açısından femur boyun kırıkları Pauwels tip2'ye benzetmiştir. Bu kırıklar sadece kompresyon güçlerine karşı değil, makaslama ve eğme güçlerine karşı da direnmeye çalışırlar. Bu kırık tipinin tanısı kolaylıkla konulur fakat kaynaması uzun sürebilir (31).

Horizontal oblik kırıklar Böhler'in araştırmasındaki kırıkların %49,85 'ini oluşturmuştur. Kırık hattı radial distalden ulnar proksimale doğru uzanmaktadır. Skafoid uzun aksına oblik olan bu kırık hattı önkol-el aksına dik görülmektedir (31). Bizim çalışmamızdaki "B" grubu kırıklar skafoid uzun aksı ile 60 derece açı yapmaktadır. Kompresyon kuvvetlerine karşı en direngen olan "B" kesileri, elin en zorlu kullanımı olan yumruk sıkma pozisyonunda önkol-el aksında dike yakın bir pozisyon almaktadır. Bu durumda, kayma ve açılanma etkisinin diğer kesilere göre minimuma indiği gözlemlenmiştir. Böhler tarafından kırık şekli ve prognoz açısından femur boyun kırıkları Pauwels Tip1'e benzetilen horizontal oblik kırıkların tanısı zor değildir ve prognozu memnun edicidir. Bu tip kırıkta parmaklar hareket ettirildiğinde kırık hatları makaslama kuvvetleri ile karşılaşmaz sadece kompresyon güçleri ile karşılaşır. Bu kırıkların 6 hafta gibi bir sürede iyileşebilmesini Böhler, sadece kompresyon güçlerine maruz kalmasıyla açıklamıştır (31). Bu çalışmada, "B" grubu kompresyona karşı en yüksek

dayanma gücüne (Ort: 230,875 ±.67,61 Newton) sahip olarak ve deforme edici güçlere en uzun süre (Ort: 647±161 saniye) direnerek, en stabil kırık grubu olarak değerlendirilmiştir. (maksimum kuvvet karşılaştırması için p=0,00)

Böhler'in serisinde %3.13 'lük payıyla en az görülen skafoid kırık tipi vertikal oblik kırıklar olarak bildirilmiştir. Kırık hattı radial palmar-proksimalden ulnar dorsal-distale uzanmaktadır. Skafoid uzun aksına oblik olan bu kırık hattı önkol-el aksına da paralel uzanmaktadır (31). Skafoid uzun aksına göre sulkus yönünde oblik kırıkların daha az stabiliteye sahip olduğu ve skafoid kamburluğu deformitesine yol açtığı bildirilmiştir (16). Bizim deney gruplarımızdan "C" grubu, skafoid uzun aksı ile 110 derece açı yapmaktadır. En düşük ortalama maksimum kuvvete (355,78 ± 54,28 newton) ve en kısa deforme olma süresine (221 ± 40,73 saniye) sahip olan "C" grubu bizim çalışmamızda da en anstabil kırık olarak görülmüştür. Vertikal oblik kırıklar Böhler'in çalışmasında kırık şekli ve prognoz açısından femur boyun kırığı Pauwels tip3'e benzetilmiştir. Bu kırıkların tanısının daha zor olduğu ve iyileşmenin daha uzun süre alacağı belki de kaynamanın olmayabileceği belirtilmiştir. (31).

Anstabil skafoid kırıklarında kırık iyileşmesi gerçekleştiği zaman karşılaşılan kötü kaynama nedeniyle yazarlar anstabil kırıklarda açık redüksiyon ve internal tespiti önermektedirler (22). Konservatif tedavi sonrası skafoid kırıklarının iyileşmesinde %10 kaynamama oranı ile karşılaşılır. Bu tedavide gecikmeye, uygun olmayan immobilizasyona (22), kırık tipine, kırığın yer değiştirip değiştirmediğine (10), ligamantöz yaralanmaya bağlı instabiliteye veya yetersiz kanlanmaya bağlanabilir (22).

Kirschner telleri uygulaması göreceli olarak kolay, sağlam, yumuşak doku için atravmatik ve skafoid hacmi düşünüldüğünde vidalara göre daha makul bir tespit yöntemidir (10, 32). Kirschner telleri ile tespitin bazı dezavantajları ise, tellerin el bileği hareketlerini kısıtlaması, atel kullanımı gerektirmesi, kırık hattında yeterli kompresyon meydana getirememesi ve tespit çıkımı için ikinci bir girişim gerekebilmesidir (10, 32, 33). Christodoulou ve arkadaşları, 11 hasta üzerinde tedavide kullandıkları Kirschner teli

kullanımı için basit bir teknik gerektirdiğini ve çift tel kullanıldığı için rotasyonel instabiliteden korkmadıklarını vurgulamışlardır. Uzun süre immobilizasyon gerektirdiğini ve Kirschner tellerinin protüzyonunun hastalara rahatsızlık verdiğini belirtmişlerdir (33). Vidaların dezavantajı ise kırık uçlarında rezorpsiyon sonucu ortaya çıkan stabilite kaybı, kullanım ve ülkemizde elde etme sorunları, teknik zorluklardır. Kirschner telleri ile tespit vidalar ile tespitte başarısızlığa uğrandığında başvurulacak bir tespit şekli olabilir (10).

Literatürde, skafoid kırıklarında vida kullanımının biyomekanik özellikleri geniş şekilde araştırılmıştır (1, 14, 27, 28). Yapılan ağırlıklı çalışmalarda, skafoid vidalarının dışarıdan uygulanan güce yanıtı değil, vidalar arasındaki interfragmanter kompresyon güçleri karşılaştırılmıştır (22, 29, 30). Ancak Kirschner teli pozisyonları için belirgin bir araştırma sonucu mevcut değildir. Çalışmamızdaki farklı Kirschner teli yönelimlerinin biyomekanik olarak değerlendirilmesinin sonuçlarını karşılaştırabileceğimiz başka bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Ezquerro ve arkadaşlarının sonlu elemanlar çalışmasında anatomik bel bölgesi kırığında beş farklı Kirschner teli yönelimini denemişler, elde ettikleri sonuçlarda bazı paralel olmayan Kirschner teli yönelimlerinin, paralel tespitlerden daha az interfragmantar kaymaya neden olduğunu bildirmişlerdir (14). Çalışmamızdaki çapraz tespitin biyomekanik sonuçlarının skafoid uzun aksına paralel tespitten daha güçlü olması da Ezquerro ve arkadaşlarının sonuçları ile uyumludur. “B” kırığı için yapılan güç karşılaştırmasında ise hem oblik, hem çapraz tespite göre daha stabil olduğu saptanmıştır($p=0,015$, $p=0,018$).

Bu aşamadan sonra oluşturulan deney modelinde bazı değişiklikler yapılmıştır; El bileğinin sıkıca yumruk yapar durumda çekilen radyografilerde skafoid pozisyonlarının (palmara 45° ve radiale 45°) eğimi olduğu düşünülmüştür. McCallister ve arkadaşlarının çalışmasında skafoidin pozisyonunun, bizim birinci deney grubumuz gibi skafoidin el bileğindeki duruşunu temsil etmediğini düşünüyoruz (34). Bu yüzden deneyi skafoidin 45°palmara 45° radiale eğik durumdaki modellemesi ile yineledik.

Normal fizyolojik yüklenme pozisyonunda el bileğine etkiyen kuvvetin ortalama 200 newton olduğu ve bunun %44-55'inin radioskafoid eklemden geçtiği bildirilmiştir (14). Bizim tüm kesi gruplarımızda ortalama maksimum kuvvete dayanma gücü 100 newtondan yüksek olarak ölçülmüştür. Bu grupların yüke karşı dayanma güçleri açısından en güçlü grup "b" ve ardından "B" grubu olarak göze çarpmaktadır."C" kesi grubu ise en zayıf grup olarak değerlendirilmiştir (tablo3, 6).

Skafoid kırıklarının vida ile tespiti klinik ve biyomekanik çalışmalarla incelenmiştir. Herbert vidası, uzun süredir ve yaygın olarak kullanılmaktadır (7, 26) McCallister ve arkadaşları anatomik bel kırıklarında santral vida yerleşiminin egzantrik yerleşime göre daha güçlü bir stabilite sağladığını göstermişlerdir (34). Bizim çalışmamızda "A" bölgesi kırığının Kirschner teli ile tespitini karşılaştırdığımızda uzun aksa paralel "AS" tespitinin (205,449 ± 23,3Newton ile, 582sn'de, 1,15 ±0,45mm kayma) , oblik "AO" tespite (205,242 ±41,05 newton ile, 536 sn'de, 0,87 ± 0,49 mm kayma) göre daha güçlü stabilite sağlamadığı görülmüştür. ($p>0,05$)

[1]Ezquerro ve arkadaşları tarafından sonlu elemanlar çalışmasında bel bölgesi kırığını tespit için 3 farklı tespit kullanılmıştır (14). İlk grupta kullanılan Kirschner telleri kırık hattında birbirlerini çaprazlamışlardır. İkinci grupta ise, bizim çalışmamızdaki "BS" grubu gibi, santralden uzun aksa paralel tespit edilmiştir. Üçüncü gruptaki Kirschner telleri bizim çalışmamızdaki "BX" grubuna benzer şekilde, aralarında açı oluşturacak ama kırık hattında çapraz yapmayacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Çalışmayı deplasman miktarına göre yapan Ezquerro ve arkadaşları, en az deplasmanı üçüncü grup tespitlerinde elde etmişlerdir (14).

Kuvvet uygulanması sırasında skafoid modellerde üç boyutlu bir deformasyon gözlenilmektedir. Kırık hattında hem açılanma gözlemlenmekte, hem de kayma olabilmektedir. Ancak deney sırasında kullanılan Shimadzu yüklenme aygıtı sahip olduğu kamera ve yazılım ile sadece iki boyutlu bir takip yapabilmektedir. Bu durumda da elimizdeki veriler iki noktanın tek

---

[1] Sonlu elemanlar çalışması; Geometrisi karmaşık cisimleri esneklik, boyut, sertlik gibi özelliklerini bilgisayar ortamında simule ederek problemlerin çözümüne yardımcı olan programları kullanan çalışmalardır..

düzlemdeki hareketinin takibinden ibaret olmaktadır. Ezquerro ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada bilgisayar ortamında bu sorun çözülmüştür. Deplasmanı tüm yönlerde izleyebilmişlerdir (14).

Bizim çalışmamızda, maksimum güç uygulamasına en fazla direnen birinci grupta “BO” (279,038 ± 72,56newton); ikinci grupta ”bo” grubu (370,749 ± 46,43 newton) olmuştur. Ezquerro ve arkadaşlarının çalışmasında oblik tespit yapılmamış, sadece çapraz tespit ile santral tespit karşılaştırılmıştır (14).

Bu çalışmada ise oblik tespitin (p=0,03) hem çapraz (p=0,01) hem de santral tespitten daha dirençli olduğu görülmüştür.

6.SONUÇ

Skafoid kemiği, beş eklem yüzüyle el bileği hareketlerinde önemli işlev gören ve kırığının tedavisinde birçok sorunlarla karşılaşılan düzensiz anatomili bir kemiktir. Bizim çalışmamızda farklı açılardaki skafoid bel kırığının bir çift Kirschner teli ile nasıl daha stabil tespit yapabileceğimizi araştırıldı.

Bu çalışma, bel bölgesi kırıklarının açısının, tespit stabilitesini etkilediğini düşündürmüştür. Skafokapitat ve skafotrapeziotrapezoidal eklemlerden skafoide binen kuvvetin, kırık hattı ile yaptığı açı stabiliteyi değiştirmektedir.

Klasik olarak skafoid kırıklarında tespit materyali uzun aksa paralel yerleştiriliyordu. Ancak çalışmamız; çift Kirschner teli ile oblik ve çapraz olarak yapılan tespitlerin, distalden etkiyen kuvvete karşı, uzun aksta paralel yapılan tespitten daha dayanıklı olduğunu göstermektedir. Özellikle radial-distalden ulnar-proksimale uzanan kırıklarda oblik veya çapraz tespitin, santral tespitten daha stabil olduğu çalışmamızda gösterilmiştir ($p<0,05$). Ezquerro ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da iki Kirschner telinin birbirine göre açılı bazı pozisyonlarının, santral tespitten daha stabil olduğu vurgulanmıştır (14).

Yüklenme sırasındaki izlemin iki boyutlu olarak yapılması, birinci grup deney modelinin gerçek skafoid yük dağılımını istenen düzeyde modelleyememesi, deformasyona uğrayan maksimum güç noktalarının bu iki boyutlu takibe bağımlı olması bu çalışmayı kısıtlayan noktalardır.

Kullandığımız Sawbones modeli insan kemiğinin dansitesini, esnekliğini, ligamantöz ve kemiksel desteğini tam olarak taklit edememektedir. Gelişmekte olan sonlu elemanlar çalışmaları insan anatomisini daha iyi taklit edecektir.

İncelediğimiz üç tespit yönelimini karşılaştırdığımızda, kırık hattının stabiliteyi etkilediğini bilmemiz, Kirschner telinin tercih edildiği operasyonlarda eskisine oranla daha geniş bir hareket alanı sağlayabilir. Christodoulou ve arkadaşlarının vurguladığı gibi skafoid için en iyi tespit yöntemi henüz bulunmamıştır(33).

Tespit gerektiren akut skafoid kırıklarında, Kirschner ile tespit sırasında santral olmayan Kirschner tellerinin dayanıklılığı ve bu dayanıklılığın neye göre değiştiği araştırılması gereken noktalardır.

Kirschner telinin vidalar gibi kompresyon yapamaması (27) kullanımında karşılaşılan bir dezavantajdır, ancak pratik kullanımı, kolay bulunması, öğrenme sürecinin vidalara göre daha kısa olması nedeniyle uzun süre skafoid tedavisinde kullanılabilir.

Bizim çalıştığımız modelde radial-distalden ulnar-proksimale uzanan “B tipi” kırık modelinin ve oblik tespitin daha stabil olduğunu gözlemledik.

ÖZET

Skafoid kırığı, karpal kemik kırıkları içinde en sık görülen kırıktır ve genellikle tanısı gecikmiştir. Günümüzde skafoid kırıkları tedavisi için Herbert, Acutrak, AO vidaları, Kirschner teli, eksternal fiksatör gibi birçok tespit materyali kullanılmaktadır.

Kirschner telleri uygulaması ve elde etmesi kolay, sağlam, atravmatik, ekonomik ve skafoid hacmi düşünüldüğünde vidalara göre daha makul bir tespit yöntemidir. Kirschner telleri ile vidalara oranla daha az çalışma yapılmıştır.

Çalışmamızda 3 kırık şekli (anatomik bel bölgesi, birinci kırığa horizontal ve oblik kırıklar), 3 tespit yönelimi (santral, oblik, çapraz) ve 2 ayrı skafoid pozisyonu (dorsovolar 45° - ulnoradial 0° veya 45°) planlandı. Oluşturulan 12 gruba özel bir yüklenme aygıtı ile (Shimadzu load cell) basınç uygulandı. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildi.

Horizontal oblik skafoid bel bölgesi kırıklarında oblik ve çapraz tespitin, santral tespitten daha dayanıklı olduğu görüldü ($p<0,05$)

Çalışmamızdaki kırıklardan horizontal oblik bel kırığının daha stabil ve bu kırıkları oblik tespitin daha güçlü olduğunu düşündük. Skafoid kırık şeklinin stabiliteyi etkilediği ve skafoid kırıklarının kirschner ile tespitinde santral tespit dışında seçeneklerimizin olduğu sonucuna ulaştık.

Anahtar sözcükler: bel bölgesi kırıkları, Kirschner teli, santral tespit, skafoid,

SUMMARY

Scaphoid fractures are most common observed carpal fracture type and often its diagnosis done late. Today for the treatment of scaphoid fractures variety of tools are being used such as Herbert, Acutrak, AO screws, Kirschner wires and external fixation. Kirschner wires have application and economical advantages over other techniques. Especially when the scaphoid volume considered, they are more suitable then the screws. However scientific literature on Kirschner wires is much weaker than the screws.

In our study we investigate the resistance of 3 Kirschner Wire fixation methods (central placement, oblique, cross) on 2 different positioned (dorsovolar 45° - ulnoradial 0° and dorsovolar 45° - ulnoradial 45°) 3 alternative scaphoid fractures (transvers fracture of scaphoid, horizontal oblique fracture of scaphoid waist and vertical oblique fracture of scaphoid waist). In order to compare this 12 different groups' stability resistance we applied pressure by Shimadzu load-cell and then mobility of the fracture recorded by 2 cameras for computerized analysis.

Our results showed that Horizontal oblique scaphoid waist fractures that are fixed oblique and cross are significantly ($p<0.05$) more resistant than the central placement fixations.

In conclusion of our study, horizontal oblique scaphoid waist fractures are more stable than transvers and vertical fractures. For immobilisation of this type of fractures Kirschner wire cross fixation method is more resistant than other methods.

In treatment of scaphoid fractures, treatment should be planed according to the fracture shape and alternatives of central placement fixation should be considered.

Key words: central placement fixations, kirschner wires, scaphoid, waist region fractures

KAYNAKLAR

1. Bagatur E. Zorer G. Karpal skafoidin ayrışmış kırıklarında Herbert-Whipple screw Acta Orthop Traumatol 2002;36:341-345
2. Fortis AP, Panagiotopoulos E, Kostopoulos V, Tsantzalis S, Boudouris T. Strain development in carpal scaphoid for various wrist positions: a cadaveric study using strain gauges. Injury. 2000 Sep;31(7):529-35.
3. Tunca I, Doğan A, Alparslan S. Skafoid psödoartrozlarının tedavisinde Herbert vidası ve Kirschner teliyle tespitin karşılaştırılması. Acta Orthop Traumatol Turc 2002;36:17-21
4. Chan KW, McAdams TR. Central screw placement in percutaneous screw scaphoid fixation: a cadaveric comparison of proximal and distal techniques. J Hand Surg [Am]. 2004 Jan;29(1):74-9.
5. Fortis AP, Panagiotopoulos E, Strain development in carpal scaphoid for various wrist positions: a cadaveric study using strain gauges. 2000 sep; 31(7):529-35
6. Wildin CJ, Bhowal B, Dias JJ. The incidence of simultaneous fractures of the scaphoid and radial head. J Hand Surg [Br]. 2001 Feb;26(1):25-7.
7. Lo IK, King GJ, Patterson SD, Johnson JA, Chess DG, A biomechanical analysis of intrascaphoid compression using the 3.00 mm Synthes cannulated screw and threaded washer an in vitro cadaveric study. J Hand Surg (Br) 2001 Feb; 26(1): 22-4
8. Canale ST Campbell's Operative Orthopaedics 10th Edt. Philadelphia, Pennsylvania Mosby p:3554-3560
9. Ozçelik A, Günal I, Köse N. Stress views in the radiography of scapholunate instability.Eur J Radiol. 2005 Dec;56(3):358-61.
10. Günal İ, Barton N, Çallı İ. Current management of scaphoid fractures. First ed. London, Royal Society of Medicine Pres Ltd. 2002, s 51
11. Patterson R, Morimoto H. Scaphoid anatomy and Mechanics:Update and review. Operative Techniques in Orthopaedics 2003;Vol13(1):2-10
12. Gray, Henry F.R.S. Gray's Anatomy. London, Constable and Robinson Ltd. 2002, s 103-104, 177-178
13. Phillips TG, Reibach AM, Slomiany WP. Diagnosis and management of scaphoid fractures. Am Fam Physician 2004 Sep 1; 70(5) 879-84
14. Ezquerro F, Jiménez S, Pérez A, Prado M, de Diego G, Simón A. The influence of wire positioning upon the initial stability of scaphoid fractures fixed using Kirschner wires A finite element study. Med Eng Phys. 2007 Jul;29(6):652-60. Epub 2006 Oct 25.
15. Primal 3D Interactive Series – Hand. CD-ROM, Primal Pictures Ltd. 2003;159-165 Great Portland St. London, UK, www.primalpictures.com
16. Compson JP. The anatomy of acute scaphoid fractures: a three-dimensional analysis of patterns. J Bone Joint Surg Br. 1998 Sep;80(5):933.
17. Ceri N, Korman E, Gunal I, Tetik S. The morphological and morphometric features of the scaphoid. J Hand Surg [Br]. 2004 Aug;29(4):393-8.
18. Green DP, Pederson WC, Hotchkiss RN, Wolfe SW. Green's Operative Hand Surgery Philadelphia, Elsevier Churchill Livingstone. 2005, s 711-715
19. Bonzentka D. Scapholunate instability. UPOJ 1999spring;Vol12;27-32
20. Slade JF, Dodds SD. Minimally invasive management of scaphoid nonunions. Clin. Orthop Relat Res. 2006 Apr;445:108-19
21. Toby EB, Butler TE, McCormack TJ, Jayaraman G. A comparison of fixation screws for the scaphoid during application of cyclical bending loads. J Bone Joint Surg Am. 1997 Aug;79(8):1190-7.
22. Rankin G, Kuschner SH, Orlando C, McKellop H, Brien WW, Sherman R. A biomechanical evaluation of a cannulated compressive screw for use in fractures of the scaphoid. J Hand Surg [Am]. 1992 Jul;17(4):777-9.
23. Günal I, Oztuna V, Ozçelik A, Köse N, Turgut A, Göktürk E, Seber S. Medium-term results of trapezio-lunate external fixation for scaphoid fractures. J Hand Surg [Br].2002 Dec;27(6):588.

24. Günal I, Oztuna V, Seber S. Trapezio-lunate external fixation for scaphoid fractures. An experimental and clinical study. J Hand Surg [Br]. 1994 Dec;19(6):759-62.
25. www.sawbones.com/products/quickorder.aspx?q=1009
26. Haddad FS, Goddard NJ. Acute percutaneous scaphoid fixation. A pilot study. J Bone Joint Surg Br. 1998 Jan;80(1):95-9.
27. Shaw JA. A biomechanical comparison of scaphoid screws. J Hand Surg [Am]. 1987 May;12(3):347-53
28. Sukul K, Johannes EJ, Marti RK. Biomechanical measurements on scaphoid bone screws in an experimental model. J Biomechanics 1990;23(11):1115-1121
29. Hausmann JT, Mayr W, Unger E, Benesch T, Vécsei V, Gäbler C. Interfragmentary compression forces of scaphoid screws in a sawbone cylinder model. Injury. 2007 Jul;38(7):763-8. Epub 2007 Jan 30.
30. Marshall PD, Evans PD, Richards J. Laboratory comparison of the cannulated Herbert bone screw with ASIF cancellous lag screws. J Bone Joint Surg Br. 1993 Jan;75(1):89-92
31. Böhler L, Trojan E, Jahna H. The results of treatment of 734 fresh, simple fractures of the scaphoid. J Hand Surg [Br]. 2003 Aug;28(4):331
32. Ritter K, Giachino AA. The treatment of pseudoarthrosis of the scaphoid by bone grafting and three methods of internal fixation. Can J Surg. 2000 Apr;43(2):118-24
33. Christodoulou LS, Kitsis CK, Chamberlain ST. Internal fixation of scaphoid non-union: a comparative study of three methods. Injury. 2001 Oct;32(8):625-30
34. McCallister WV, Knight J, Kaliappan R, Trumble TE. Central placement of the screw in simulated fractures of the scaphoid waist: a biomechanical study. J Bone Joint Surg Am. 2003 Jan;85-A(1):72-7.