

## Büyüme plağının travmaya ve metalik implantlara cevabının immatür tavşan modelinde incelenmesi

A. Yalçın Tabak<sup>(1)</sup>, Suna Ömeroğlu<sup>(2)</sup>, Aışan Sarsu<sup>(3)</sup>, Ahmet Uçaner<sup>(1)</sup>, Meryem Çam<sup>(4)</sup>, Uğur Günel<sup>(5)</sup>, Deniz Erdoğan<sup>(6)</sup>

*Bu çalışmanın amacı büyük problem teşkil eden büyüme plağı zedelenmelerinin tedavisinde önemli yer teşkil eden implant seçimine değinmektir. Bu amaçla immatür beyaz Yeni Zelanda tavşanları iki gruba ayrılarak birinci gruptaki tavşanların sağ femoral distal epifizinde iatrojenik Salter-Harris tip 4 kırığı oluşturuldu ve anatomik olarak redükte edilerek fizisi çaprazlayan birbirine paralel iki adet 1 mm'lik Kirschner teli ile tespit edildi. İkinci grupta ise tavşanların sağ femoral distal epifizlerine kırık oluşturulmadan, fizisi geçen birbirine paralel iki adet 1 mm'lik Kirschner teli yerleştirildi. Kontrol grubu olarak kırık oluşturulmayan ikinci gruptaki tavşanların sol femoral distal fizisi kullanıldı. Tavşanlar 3. ve 6. haftada öldürüldüler. Yapılan histopatolojik incelemede Kirschner grubunun kontrol grubundan farkı görülmüdü. Kırık grubunda ise büyüme plağında daralma ve yer yer kanama odakları görüldü. Kompresyon vidası ya da yivli Kirschner yerine ince düz kirschner telleri kullanmanın daha avantajlı olduğu düşünöldü. Cerrahi olarak tedavi edilen epifiz kırıkları sonrası büyüme plağında görölen hasarın uygun implant kullanıldığı takdirde öncelikle kırığın kendisine ait olduğu sonucuna varıldı.*

**Anahtar kelimeler:** Epifiz kırığı, büyüme plağı, internal fiksasyon

### Response of growth plate to trauma and metallic implants in a rabbit model

*The aim of this study is to analyze the importance of the type of the implant, used in epiphysis fractures. For this purpose, immature New Zeland rabbits were divided into two groups. In the first group, Salter-Harris type IV epiphysis fracture was surgically produced at the right distal femoral epiphysis, then reduced anatomically and fixed with two parallel 1 mm. diameter Kirschner wires crossing the growth plate. In the second group two parallel Kirschner wires crossing the growth plate were placed at the right femoral distal epiphysis. Intact left distal femur of te second group were used as control group. Rabbits were killed at 3 rd and 6 th weeks postoperatively. During the histopathologic examination no significant difference was found between the Kirschner and control groups. Narrowing of the growth plate and haemorrhage were the findings observed in the fracture group. Kirschner wires were thought to be more advantageous than the screws or threaded pins in the surgical treatment of epiphysis fractures. It was concluded that, the damaae observed after the surgical treatment of epiphyseal fractures was primarily due to the fracture itself, if an appropriate implant had been used.*

**Keywords:** Epiphysis fracture, growth plate, internal fixation

Fizial zedelenmeler çocukluk çağı travmalarında önemli bir yer teşkil eder (26). Büyüme plağı çocukların kemik yapılarındaki en zayıf alan olarak bilinmektedir (5). Eğer normal büyümenin oluşması isteniyorsa mutlaka korunması gereken yapılardır (11). Zedelenen büyüme plağının ilerde oluşturacağı sekeller yaşamı olumsuz yönde etkilemekte, bedensel problemlerin yanısıra sosyal ve psikolojik çöküntüye yol açmaktadır (7).Büyüme plağındaki zedelenmelerin tedavisi hekimi her zaman güç durumda bırakmaktadır. Konservatif veya cerrahi tedavi seçimi, cerrahi tedavide implant seçimi konuları ise halen tam bir fikir birliğine varılamamış konular olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı, hayvan modelinde oluşturulan ve internal fiksasyon yapılan epifiz kırığında büyüme plağında oluşan hasarda kullanılan implantın rolünü araştırmaktır.

### Gereç ve yöntem

Bu çalışmada 2 aylık, erkek ve ağırlıkları 1200 ile 1400 gr arasında olan 20 adet beyaz Yeni Zelanda tavşanı kullanılmıştır. Anestezide ksalazin hidroklorid (Rompun®) 20 mg/kg İM ve Ketamin hidroklorür (Ke-

tarlar®) 70 mg/kg İM kullanıldı. Deneklerin barınmasında ve opere edilmesinde Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Hayvan araştırma Laboratuvarları kullanıldı. Denekler iki gruba bölündü. Birinci gruptaki tavşanların sağ femoral distal epifizinde iatrojenik Salter-Harris tip 4 epifiz kırığı (24) oluşturdu. Yumuşak doku diseksiyonunda vasküler hasar verilmemesi için azami dikkat sarfedildi. Kırığın intraartiküler olması gerektiğinden eklem açıldı. Thurston Holland üçgenin küçük olmasına özen gösterildi. Çünkü amacımız fizisi geçen tespit uygulamaktır. Kırık oluşturulduktan sonra anatomik olarak redükte edildi. Redüksiyonu takiben kırıklar, fizisi çaprazlayan iki adet 1 mm'lik Kirschner teli ile tespit edildi (Şekil 1). Kirschner telleri migrasyonu önlemek için kenarda büküldüler. Operasyon sonu katlar anatomik olarak kapatıldı.

İkinci grupta ise tavşanların sağ femoral distal epifizlerine aynı şekilde ulaşıldı. Fakat bu grupta kırık oluşturulmadan, fizisi geçen birbirine paralel iki adet 1 mm'lik Kirschner teli yerleştirildi (Şekil 2). Teller birinci gruptaki gibi kenarda büküldü ve operasyon sonu katlar anatomik kapatıldı. Kontrol grubu olarak kırık oluşturulmayan ikinci gruptaki tavşanların sol femoral distal fizisi kullanıldı. Tüm tavşanların anesteziden uyanır uyanmaz serbest yük vermelerine izin

(1) Ankara Numune Hastanesi 3. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğı Başasistanı, Op. Dr.

(2) Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Öğretim Görevlisi

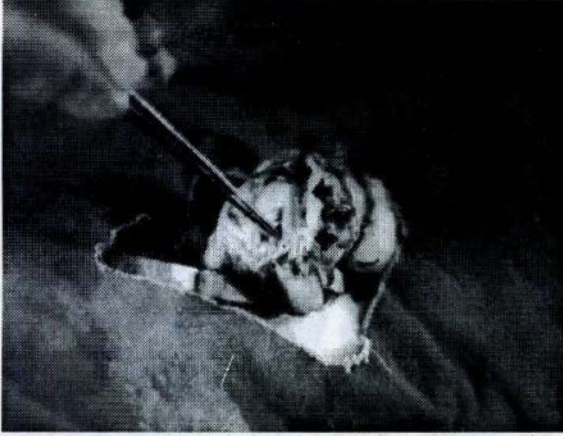
(3) Ankara Numune Hastanesi 3. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğı, Uzman Dr.

(4) Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı

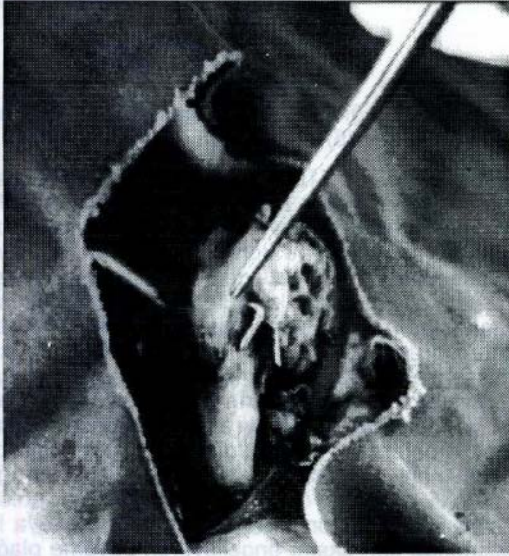
(5) Ankara Numune Hastanesi 3. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğı Şefi, Yrd., Doç. Dr.

(6) Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı Başkanı, Prof. Dr.





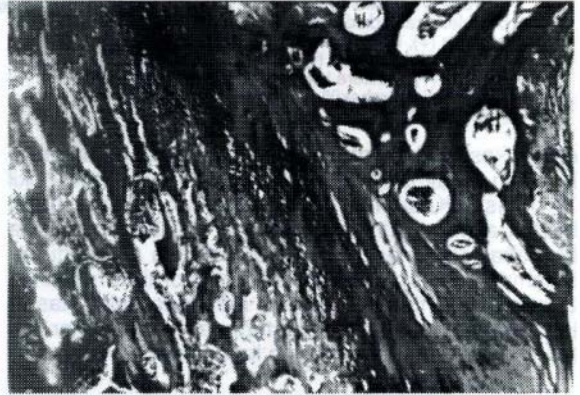
Şekil 1: Tavşan distal femoral epifizinin Salter-Harris tip 4 kırık (↓) oluşturulduktan ve Kirschner teli ile tespit edildikten hemen sonraki durumu



Şekil 2: Tavşan distal femoral epifizinin kırık oluşturulmadan Kirschner yerleştirildikten hemen sonraki durumu



Şekil 3: Kontrol grubu (sağlam büyüme plağı) epifiz plağı (EP), metafizer trabekülleri (↓), epifiz bölgesindeki yağ dokusu (↓↓), kemik iliği (Kl) etrafındaki osteositler (\*). (HEx40)



Şekil 4: 3. hafta Kirschner grubu epifiz plağı (EP), Kemik matrisi (\*), yağ dokusu (↓↓), metafizer trabekülleri (↓), 3. hafta kontrol grubu ile benzerlik göstermektedir. (HEx40)

Dekalsifiye edilen parçalar rutin ışık mikroskop takibi için çeşitli artan derecelerdeki alkol serilerinden geçirildi. Şeffaflandırma işleminden sonra parafin bloklama işlemi yapıldı. Elde edilen parafin bloklardan alınan kesitler Hematoksisilen Eozin ile boyandı. Mikroskopik inceleme Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı tarafından yapıldı.

## Bulgular

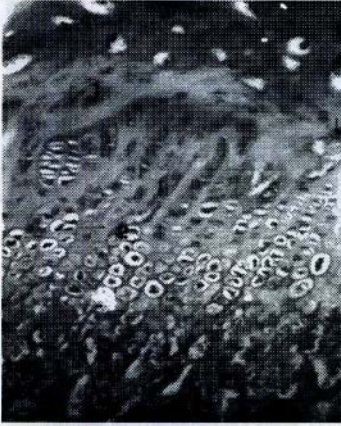
3. haftada öldürülen Kirschner grubu tavşanlardan elde edilen kesitlerin incelenmesinde elde edilen bulguların kontrol grubundan farkı olmadığı görüldü (Şekil 3 ve Şekil 4). 3. haftada öldürülen Salter Harris tip 4 kırığı oluşturulup Kirschner teli ile tespit edilen tavşanlardan elde edilen kesitlerde ise istirahat halindeki hücreler ile prolifer kıkırdak hücreleri arasında kanama dikati çekmekte idi (Şekil 5). 6. haftada öldürülen Kirschner grubu tavşanlardan elde edilen kesitlerin incelenmesinde elde edilen bulguların kontrol grubundan farkı olmadığı görüldü (Şekil 3 ve Şekil 6). Epifiz plağı, epifizin kemik matrisi ve gelişmekte olan trabeküller kontrol grubundan farksızdı.

Kirschner tellerinin çıkarılmasına bağlı boşluk alanları, fiziste bir hasar ve defekt veya vasküler bir hasar görülmedi. 6. haftada öldürülen Salter Harris tip 4 kırığı oluşturulup Kirschner ile tespit edilen tavşanlardan elde edilen kesitlerde kontrol ve Kirschner gruplarına oranla fizisin tespit edilen tavşanlardan elde

verildi. Operasyondan 3 hafta sonra her iki gruptaki tavşanların tespit materyallerinin çıkarılması için re-operasyon yapıldı. Her iki gruptaki tüm tavşanların Kirschner telleri çıkarıldı. İncelemek için her iki gruptan 5'er olmak üzere toplam 10 tavşan intraperitoneal sodium thiopental kullanılarak öldürüldü. Dizler an-blok çıkarıldı yumuşak dokulardan arındırıldı. Kırık oluşturmayan ikinci gruptaki tavşanların sol dizleri de kontrol grubu olarak çıkarıldı. Toplam 15 diz histopatolojik incelemeye alındı. Deney protokolümüze göre implant materyalleri çıkarılan her iki gruptaki tavşanlar postoperatif altıncı haftada tekrar incelendi. Bu esnada kırık oluşturulan grupta iki, kırık oluşturulmayan grupta bir tavşan altıncı hafta dolmadan öldükleri için çalışma dışında bırakıldılar.

Kırık oluşturulan birinci gruptaki üç tavşan ve kırık oluşturulmayan gruptaki dört tavşan altıncı haftada öldürüldüler. Toplam 11 diz histopatolojik incelemeye alındı. Femur distalinden 2 cm olarak alınıp yumuşak dokulardan arındırılan parçalar %10'luk formalinle tespit edildikten sonra yeterli süre yıkandı. Daha sonra %10'luk formik asit solüsyonunda dekalsifiye edildi.

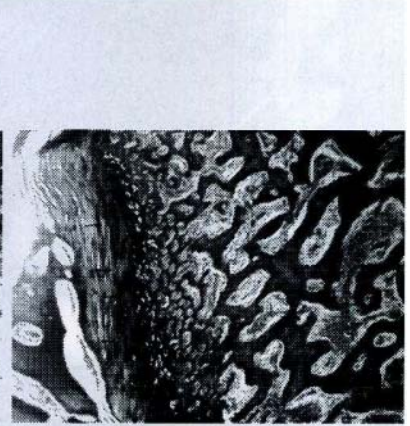




Şekil 5: 3. hafta kırık+kirschner grubu. Epifiz plağı içinde dinlenme kıkırdak ve proliferatif kıkırdak bölgeleri arasındaki kanama odakları (↓), epifizin kemik makrisi (\*), dinlenme halindeki kıkırdak (1), proliferatif kıkırdak (2), metafizer trabekülleri (3). (HEx100)



Şekil 6: 6. hafta kirschner grubu. Epifiz plağı (EP) ve kemik trabekülleri (↓). Kontrol grubu ile benzer olduğu dikkati çekmektedir



Şekil 7: 6. hafta kırık+kirschner grubu. Epifiz plağının, kontrol ve kirschner gruplarına oranla son derece daralmış olduğu görülmekte. Proliferasyon kıkırdak bölgesi seçilmemekte, olgun kıkırdak bölgesinin hemen altında kemik dokusuna dönüşüm (↓) gözlenmektedir. (HEx40)

edilen kesitlerde kontrol ve Kirschner gruplarına oranla fizisin daralması belirgin bir biçimde gözlemlendi (Şekil 7). Fiziste Kirschner tellerinin çıkarılmasına bağlı boşluk alanları görülmedi. Fizisin vasküler yapısında bir hasar görülmedi. Avasküler nekroza ait belirti bulunamadı. Kırık grubunda fiziste hemorajiye rastlandı. Sonuç olarak fizis kırıklarında meydana gelen hasarların travma nedeni ile oluştuğuna ve Kirschner tellerinin hasar oluşturmadığına karar verildi.

## Tartışma

Nordentoft (18) büyüme plağının transvers çapının %20'sinin etkilenmesi durumunda bile büyümenin rahatsızlığa uğramayacağını belirtirken Kakela ve ark. (17) çalışmalarında büyüme plağının %7'sinin etkilenmesi durumunda büyümenin etkilenmediğini bildirmişlerdir. Makela ve ark. (17) immatür tavşanların femur distal epifizi üzerinde çalışma yapmışlar ve 2 mm çapındaki deliğin büyüme plağında rahatsızlığa sebep olmadığını, 3.2 mm'lik deliğin ise kalıcı büyüme rahatsızlığına ve büyüme kısıtlılığına yol açtığını belirtmişlerdir. 3 hafta sonra yapılan histomorfometrik kontrolde hipertrofik bölgede selüler elementlerin hafif bir artışı gözlenmiş, fakat bu artış aynı zamanda kontrol grubunda da görülmüştür. Ogden'e (19, 20) göre fizisin merkez bölgesinde, hücre kolonlarının çapının genişlemesi öylesine azalır ki geniş aralıkların kapanması beklenmez.

Bu durumda fibröz dokunun kemikleşmesi ve kemik köprü oluşumu oluşur. Daha küçük aralıklarda longitudinal büyüme bozulmaz. Aitken (1) epifiz kırıkları ile ilgili yaptığı çalışmada aynı görüşleri öne sürmüş, anatomik redüksiyonun yapılmadığı, aralık kaldığı durumlarda sonuçların kötü olduğunu iddia etmiştir. Canale ve ark. (7, 8) tavşanların femoral distal epifizinde epifizodez üzerine yaptıkları bir çalışmada, sadece Kirschner teli kullanılan tavşanlarda büyüme arresti saptamayıp, Kirschner teli üzerinden 4 mm'lik kanüle reamer kullandıklarında ancak epifizodezi başardıklarını bildirmişlerdir. Onların bu çalışması Kirschner tellerinin fizis üzerine olumsuz bir

etki göstermediğini desteklemektedir. Bu bulgular Campbell ve ark. (6) bulgularıyla uyumludur.

Gomes ve ark. (12, 13) tavşanların femur distal epifizinde Salter-Harris tip 3 ve 4 kırığı oluşturmuşlar, birinci gruba hiç bir tedavi uygulamazken ikinci gruba anatomik redüksiyon ve kortikal vida ile kompresyon uygulamışlardır. Tedavi uygulanmayan grupta çeşitli deformiteler ve kemik köprülerin erken oluşmasını saptamışlar, kompresyon vidası ile anatomik tespit yapılan grupta ise hiç bir deformite kalmaksızın, kemiksel kallus oluşumu olmadan iyileşme olduğunu epifizial ve metafizial damarlar arasında vasküler anastomoz oluşumunu engellediğini de eklemişlerdir. Trueta ve ark. (27) ise tavşanların epifizial kırıklarında sürekli kompresyonun etkileri üzerine yaptıkları çalışmada sürekli kompresyonun, fizisin bir veya her iki kısmında kan akışını engelleyerek büyüme plağını etkilediğini bulmuşlardır.

Jaramillo, Shapiro ve ark. (25) Peterson ve ark. (22) kemik köprüünün, epifizial ve metafizial damarlar arasında fizisteki kırık aralığına doğru vasküler anastomoz oluşumunun bir sonucu olarak oluştuğunu göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda kompresyon yapılmadan Kirschner uygulanan fizial kırıklarda epifiz ile metafiz arasında vasküler anastomoz rastlanmadı. Ancak bazı kesitlerde yer yer kanama odaklarına rastlandı. Gomez ve ark. (12, 13) iatrojenik travmanın, farklı kuvvetlerin etkilemesi ve farklı iyileşme süreçlerinin yer alması nedeniyle gerçek travma ile birebir olmadığını bu nedenle değişik sonuçlar alınabileceğini, ancak Salter tip 3 ve tip 4'ün mutlaka açık redüksiyon ve rijit internal fiksasyon ile tedavi edilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Riseborough ve ark. (23) per çok cerrah gibi düz Kirschner telleri ile fragmanı internal olarak tespit etmeyi önerir. Anatomik redüksiyon ve Kirschner telleri ile internal fiksasyon, intraartiküler kırık ayrılmasını tedavisi için gerekli bir yöntemdir (11). Birch ve ark. (2) anatomik redüksiyonun sağlandığı kırıklarda Kirschner tellerinin olumsuz etki göstermediğini tespit etmiştir. Bright (3, 4, 5) bu görüşe katılmayıp düz çivi-



lerin yerleştirildiği ve daha sonra çıkarıldığı yerde kemik köprüsünün geliştiği çeşitli hastaları rapor etmiştir. Fakat Bright eğer çiviler periferik olarak ayrılıyorsa ve merkezi olarak birleşiyorsa, stabiliteyi sağlamak için daha uygun olduğunu savunmuştur. Bu durumda daha stabil olduğu bir gerçektir. Chadwick ve ark. (10) ise prognozda kullanılan tespit materyalinden ziyade yumuşak dokuların hasarının daha önemli olduğuna inanmıştır.

Peterson (9) medial malleolu içeren Salter-Harris tip 4 kırıklar üzerinde yaptıkları çalışmada, Kirschner teli kullanımı ile kompresyon yapan vidaları karşılaştırmışlardır. Onlar medial malleolu içeren Salter-Harris tip 4 kırıklarında Kirschner teli kullanımının sonuçları olumlu etkilediğini, bu nedenle Kirschner tellerinin kullanılması gerektiğini iddia etmişlerdir. Kling ve ark. aynı görüşü desteklemişlerdir (14). Eğer doğru anatomik redüksiyon başarılsa minimal fibröz doku ile doldurulması ve fizis ve bitişik epifizin genişlemesi ile dokunun progresif replasmanına izin vermesi gereken çok ince bir aralık mevcut olmalıdır (15). İstirahat bölgesinin çok az yayılmış kalan kırıkta hücrelerinin hiperplazisi tarafından veya tüm kırıklardaki normal epifizial kırıkdağın geçmesi ile oluşan defektin daraltılması tarafından oluşur. Eğer defekt çok genişse iyileşme görülmez ve epifizin segmentindeki büyüme durur (21).

Lynch ve Taylor (16) epifiz kırıklarında periosteal gevşetmeye dikkat çekmişler ve periosteal release yapılan epifiz kırıklarında periosteal gevşetmeye dikkat çekmişler ve periosteal release yapılan epifiz harabiyetlerinde avasküler nekroz ihtimalini fazla olduğunu bu nedenle dikkatli davranmak gerektiğini bildirmişlerdir. Bu yazarlara göre kemik köprü oluşumu ise periosteal release ile azalmaktadır.

## Sonuç

Salter-Harris tip 4 kırıklarında genel görüş tüm un-deplase kırıklar alçı içinde deplase oldukları için mümkün olan her vakada açık redüksiyon yapılmalıdır. Bu kırıkların cerrahi metodla tedavi edilmesinde görüş birliği vardır. Anatomik redüksiyon mutlaka sağlanmalı ve korunmalıdır. Prognozda çok çeşitli etkiler vardır. Prognozun önemli kısmı travma etnasında belirlenir. Damarsal beslenmenin bozulma miktarı, yumuşak doku hasarı, eşlik eden zedelenmenin miktarı, harab olan fizis miktarı ve fizis kısmı önem teşkil eder. Cerrahi redüksiyondan sonra tespitin hangi implant ile yapılacağı konusunda fikir ayrılıkları mevcuttur. Vidaların kullanımı, bir lag screw etkisi yaratacak şekilde kırık fragmanın aşırı dirillenmesine yol açabilir. Yivli sistemlerde migrasyon ihtimali daha azdır. Fakat komplikasyonları fazladır. Yivler epifiz ile metafiz arasında stabilize edici etki yaparak büyümeyi direk olarak engellerler. Düz, ince Kirschner telleri kemik köprüsüne yol açmadan büyüme plağını atravmatik olarak geçebilir. İmplant materyalleri mutlaka erken çıkarılmalıdır. Düz Kirschner telleri bile uzun süre tespit yerinde kalırsa olumsuz etkilere yol açar. Kemik köprü oluşumu yanı sıra eklem hareketlerinde de kısıtlılık yapmaktadır. Cilt üstünde bırakılan tellerin ise enfeksiyon tehlikesi mevcuttur. Sonuç olarak cerrahi olarak tedavi edilen epifiz kırıkları sonrası büyüme plağında görülen hasarın uygun implant kullanıldığı takdirde öncelikle

kırığın kendisine ait olduğu düşünülmüştür.

## Kaynaklar

1. Aitken AP: Fractures of the epiphyses. *Clin Orthop* 41: 19-23, 1965.
2. Birch JG, Herring JA, Wenger DR: Surgical anatomy of selected physes. *J Pediatr Orthop* 4: 224-231, 1984.
3. Bright RW: Operative correction of partial epiphyseal plate closure by osseous bridge resection and silicone rubber implant. *J Bone Joint Surg* 56 (A): 655-664, 1974.
4. Bright RW: Physeal injuries. In fractures in Children, CA Rockwood Jr, KE Wilkins and RE King (Ed) Vol 3, 3 rd Ed, Philadelphia, Lippincott pp: 87-186, 1991.
5. Bright RW, Burstein AH, Elmore SM: Epiphyseal plate cartilage. *J Bone Joint Surg* 56 (A): 688-703, 1974.
6. Campbell CJ, Grisolia A, Zanconato G: The effect produced in the cartilaginous epiphyseal plate of immature dogs by experimental surgical trauma. *J Bone Joint Surg* 41(A): 1221-1242, 1959.
7. Physeal injuries. In Skeletal trauma in children, Philadelphia, Saunders Co pp: 15-55, 1994.
8. Canale ST, Russel MD, Holcomb RL: Percutaneous epiphysodesis. Experimental study and preliminary clinical results. *J Pediatr Orthop* 6: 150-157, 1986.
9. Cass JR, Peterson HA: Salter Harris type IV injuries of the distal tibial epiphyseal growth plate, With emphasis on those involving the medial malleolus. *J Bone Joint Surg* 65 (A), 1059-1070, 1983.
10. Chadwick CJ, Mentley G: Prognosis and classification of epiphyseal injuries. *J Bone Joint Surg* 67-B: 148-149, 1985.
11. DeLee JG, Wilkins KE, Rogers LF: Fracture separation of the distal humeral epiphysis. *J Bone Joint Surg* 62-A: 46-51, 1980.
12. Gomes LSM, Volpon JB: Experimental physeal fracture separations treated with rigid internal fixation. *J Bone Joint Surg* 75 (A): 1756-1764, 1993.
13. Gomes LSM, Volpon JB, Goncalves RP: Traumatic separation of epiphyses. An experimental study in rats. *Clin Orthop* 236: 286-295, 1988.
14. Kling TF, Bright RW, Hensinger RN: Distal tibial physeal fractures in children that may require open reduction. *J Bone Joint Surg* 66 (A): 647-657, 1984.
15. Langenskiöld A, Videman T, Nevalainen T: The fate of fat transplants in operations for partial closure of the growth plate. Clinical examples and an experimental study. *J Bone Joint Surg* 68 (B): 234-241, 1986.
16. Lynch CM, Taylor JF: Periosteal division and longitudinal growth in the tibia of the rat. *J Bone Joint Surg* 69 (B): 812-816, 1987.
17. Makela AE, Vainionpaa S, Vihtonen K: The effect of trauma to the lower femoral epiphyseal plate. an experimental epiphyseal injuries. Grading of traumas and attempts at treating traumatic epiphyseal arrest in animals. *Acta Orthop Scandinavica* 187-191, 1988.
18. Nordentoft EL: Experimental epiphyseal injuries. Grading of traumas and attempts at treating traumatic epiphyseal arrest in animals. *Acta Orthop Scandinavica*
19. Ogden JA: Current concept review. The evaluation and treatment of partial physeal arrest. *J Bone Joint Surg* 69 (A): 1297-1302, 1987.
20. JA: zGrowth slowdown and arrest lines. *J Pediatr Orthop* 4: 409-415, 1984.
21. Östarman K: Healing of large surgical defect of the epiphyseal plate. An experimental study. *Clin Orthop* 300: 264-169, 1994.
22. Peterson HA: Partial growth arrest and its treatment. *J Pediatr Orthop* 4: 246-258, 1984.
23. Riseborough EJ, Barret IR, Shapiro F: Growth disturbances following distal femoral physeal fracture separations *J Bone Joint Surg* 65 (A): 885-893, 1983.
24. Salter RB, Harris WR: Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg* 48 (A): 587-622, 1963.
25. Shapiro F: Epiphseal growth plate fracture separations. A pathophysiological approach. *Orthopedics*, 5: 720-736, 1982.
26. Tachdjian MO: The normal physis and its response to trauma. *Pediatric Orthopedics*, Philadelphia, Saunders Company. pp: 3014-3030, 1990.
27. Trueta J, Morgan J: The vascular contribution in osteogenesis. i studies by the injection method. *J Bone Joint Surg* 42 (B): 97-109, 1960.

Yazışma adresi:

Op Dr. Yalçın Tabak  
Havacılar Sitesi 1. Blok  
12. Cadde. No: 30  
Demetevler, Ankara, Türkiye